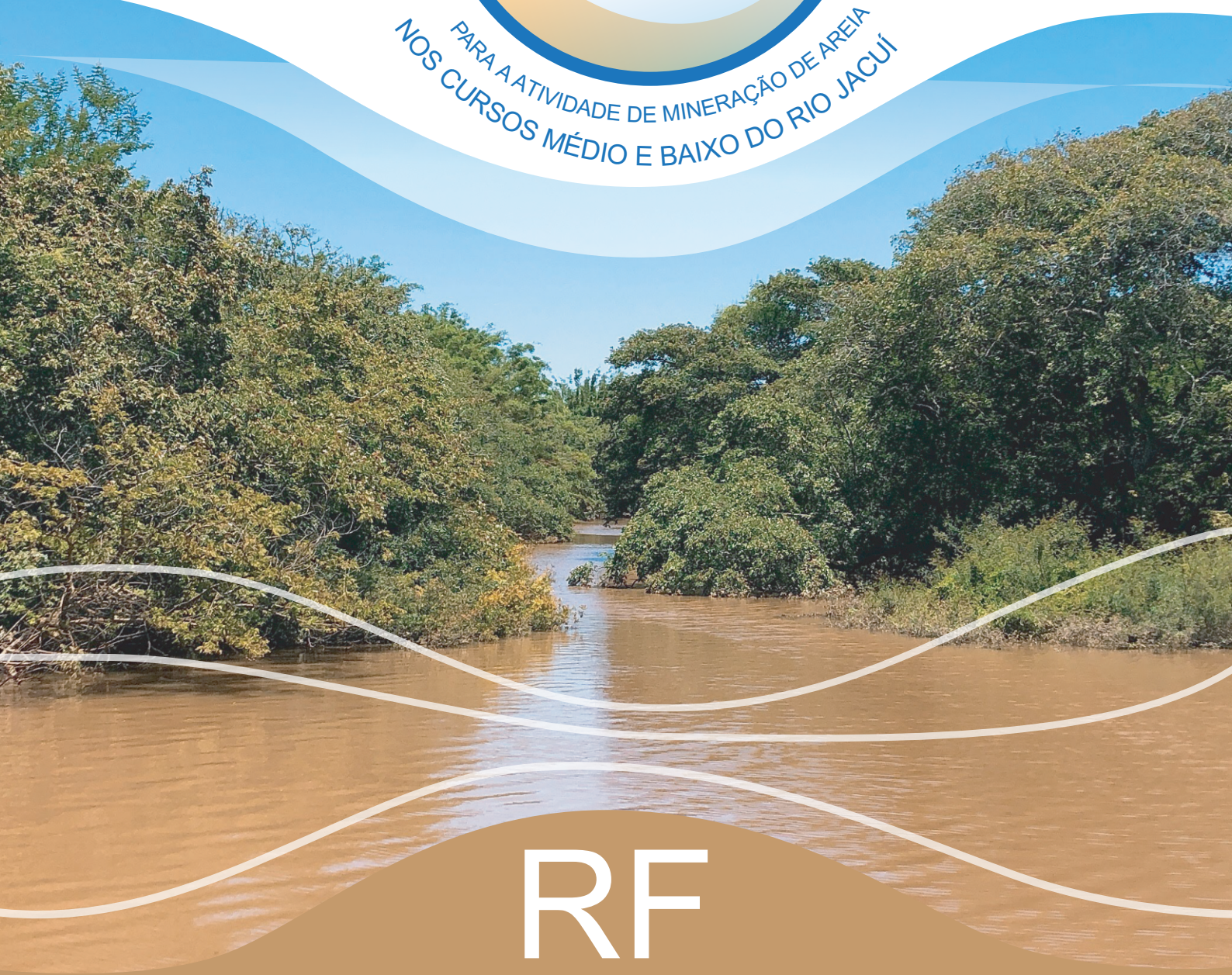
ZONEAMENTO AMBIENTAL

PARA A ATIVIDADE DE MINERAÇÃO DE AREIA NOS CURSOS MÉDIO E BAIXO DO RIO JACUÍ



RF

RELATÓRIO

FINAL

PORTO ALEGRE, 30 DE NOVEMBRO DE 2021.

APRESENTAÇÃO

Este documento apresenta o **Relatório Final** referente aos serviços de elaboração de Zoneamento Ambiental para a atividade de Mineração de Areia nos Cursos Médio e Baixo do Rio Jacuí.

O trabalho está orientado para atendimento do Termo de Referência do Processo Administrativo Eletrônico/PROA 17/0567-0001757-5.

Porto Alegre, novembro de 2021.

INFORMAÇÕES GERAIS

a) Identificação do Projeto

Zoneamento Ambiental - Atividade de Mineração de Areia nos Cursos Médio e Baixo do Rio Jacuí.

b) Empresa Consultora Contratada

PROFILL Engenharia e Ambiente S.A.

Avenida Iguaçu, 451 – 6º andar – Petrópolis - Porto Alegre/RS

Fone: (51) 3211-3944

E-mail: profill@profill.com.br

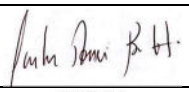
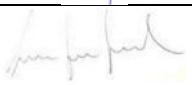
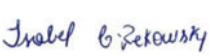
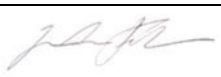
c) Endereço para correspondência

Avenida Iguaçu, 451 – 6º andar – Petrópolis - Porto Alegre/RS

Fone: (51) 3211-3944

E-mail: patricia@profill.com.br

d) Equipe Técnica Responsável

Nome	Formação	Registro	Assinatura
Mauro Jungblut	Eng. Civil, Me.	CREA 77.501	
Carlos Ronei Bortoli	Eng. Civil, Me.	CREA 93.660	
Patrícia Luísa Cardoso	Eng. Civil, Me.	CREA 121.079	
Sidnei Agra	Eng. Civil, Me.	CREA 103149	
Juliana Jucélia Tonet	Arquiteta e Urbanista	CAU A41939-7	
Daniel Pereira	Biólogo, Dr.	CRBio 28427-03	
Juan Anza	Biólogo, Me.	CRBio 034805-03	
Rodrigo Agra Balbueno	Biólogo, Me.	CRBio 08014-03	
Willi Bruschi Junior	Biólogo, Dr.	CRBio 08459-03	
André da Silva Scott Hood	Economista	CORECON 7493	
Nilson Teixeira de Oliveira	Eng. Civil, Me	CREA 125.231	
André Bastos	Geólogo	CREA 93.626	
Rodrigo Pereira de Oliveira	Geólogo	CREA 108.040	
André Luis Queiroz Araújo	Geógrafo	CREA 111.946	
Isabel Rekowsky	Geógrafa, Me.	CREA 187.829	
Guilherme Joaquim	Geógrafo	CREA 173.142	
Pedro Souza	Geógrafo	CREA RS 169.380	
Nilson Lopes	Sociólogo	-	
Samuel do Nascimento de Campos	Graduando do Curso de Geografia	-	

e) Comissão Técnica de Acompanhamento do Zoneamento Ambiental para a Atividade de Mineração de Areia nos Cursos Médio e Baixo do Rio Jacuí:

Nome	Formação
Alexandre de Paula Alves	Eng. Cartógrafo
Claudia Bos Wolff	Eng. Agrônoma
Clebes Brum Pinheiro	Biólogo
Cristina Rodrigues Wenzel	Bióloga
Diego Polacchini Carrillo	Eng. Civil Hidrólogo
Érica Onzi Pastori	Cientista Social
João Carlos Pradella Dotto	Biólogo
Luciana Regina Petry Anele	Arq. Urbanista
Rafael Fernandes e Silva	Eng. Geólogo
Rafael Midugno	Geólogo
Rejane Maria Valdameri	Geógrafa
Tanice Cristina Kormann	Geógrafa

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ADCP	Perfilador de Corrente Acústico Doppler (*Acoustic Doppler Current Profilers*)
ANA	Agência Nacional de Águas
ANEPAC	Associação Nacional das Entidades de Produtores de Agregados para Construção Civil
ANM	Agência Nacional de Mineração
ANTAQ	Agência Nacional de Transportes Aquaviários
APAEDJ	Área de Proteção Ambiental Estadual Delta do Jacuí
APP	Área de Preservação Permanente
AVA-DANs	Avaliação de Danos
CBRO	Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos
CESA	Companhia Estadual de Silos e Armazéns
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CFEM	Compensação Financeira pela Exploração
CGBH	Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica
CGEO/CGTIG	Coordenação de Geoprocessamento
CNPM	Conselho Nacional de Política Mineral
COBRADE	Classificação e Codificação Brasileira de Desastres
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CONGAPES	Conselho Gaúcho de Aquicultura e Pesca Sustentáveis
CONSEMA	Conselho Estadual do Meio Ambiente
COPELMI	Companhia de Pesquisas e Lavras Minerais
COPESUL	Companhia Petroquímica do Sul
CORSAN	Companhia Riograndense de Saneamento
CEPED	Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres
CPRM	Serviço Geológico do Brasil
Cs	Concentrações de Sedimentos
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DIOUT	Divisão de Outorga e Fiscalização dos Recursos Hídricos da Secretaria do Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul
DISME/INMET	Distrito de Meteorologia do Instituto Nacional de Meteorologia
DMAE	Departamento de Água e Esgoto
DNPM	Departamento Nacional de Produção Mineral
DOU	Diário Oficial da União
DQO	Demanda Química de Oxigênio
DRH	Departamento de Recursos Hídricos
DUC	Divisão de Unidades de Conservação
EIA	Estudo de Impacto Ambiental
Eletrobrás	Centrais Elétricas Brasileiras S.A.
EMATER	Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

ENOS	El Niño Oscilação Sul
ETE	Estação Tratamento de Esgoto
FCP	Fundação Cultural Palmares
FEE	Fundação de Economia e Estatística Siegfried Emanuel Heuser
FEPAGRO	Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária
FEPAM	Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luís Roessler
FESINPERS	Federação dos Sindicatos de Pescadores do Rio Grande do Sul
FIDE	Formulário de Informações sobre Desastres
FURG	Universidade Federal de Rio Grande
FZB	Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul
GM	Grupamentos Mineiros
GPS	Sistema de Posicionamento Global
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICMBio	Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
IDESE	Índice de Desenvolvimento Socioeconômico
INCRA	Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
INSS	Instituto Nacional de Seguro Social
IQA	Índice de Qualidade da Água
IRGA	Instituto Rio Grandense do Arroz
ISA	Instituto Socioambiental
IVAB	Indústria por percentual de potencial poluidor
LP	Licença Prévia
LI	Licença de Instalação
LO	Licença de Operação
LPI	Licença Prévia de Instalação
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
METROPLAN	Fundação Estadual de Planejamento Metropolitano e Regional
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MPA	Ministério da Pesca e Aquicultura
MPF	Ministério Público Federal
NOPRED	Notificação Preliminar de Desastre
NSF	*National Sanitation Foundantion*
OD	Oxigênio Dissolvido
PCA	Plano de Controle Ambiental
PEDJ	Parque Estadual do Delta do Jacuí
PHE	Plano Hidroviário Estratégico
PIB	Produto Interno Bruto
PK	Ponto Quilométrico
PERH-RS	Plano Estadual de Recursos Hídricos do Rio Grande do Sul
PROBIO	Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira
PROTEGER	Programa técnico para o gerenciamento da região metropolitana de Porto Alegre
Q	Vazão Líquida

Qsd	Descarga de Material em Suspensão Proveniente da Bacia Hidrográfica
Qsf	Descarga Sólida Transportada por Arrasto de Fundo
Qsl	Descarga de Material em Suspensão Proveniente do Leito do Rio
Qss	Descarga Sólida em Suspensão
RADAM	Projeto Radar da Amazônia
RAIS	Relação Anual de Informações Sociais
RCA	Relatório de Controle Ambiental
RGP	Registro Geral da Pesca
REBIO	Reserva Biológica
RIMA	Relatório de Impacto ambiental
RMPA	Região Metropolitana de Porto Alegre
RPPN	Reserva Particular do Patrimônio Natural
RTID	Relatório Técnico de Identificação e Delimitação
SAG	Sistema Aquífero Guarani
SDR	Secretaria do Desenvolvimento Rural, Pesca e Cooperativismo
SEMA	Secretaria Estadual de Meio Ambiente
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SIGMINE	Sistema de Informações Geográficas da Mineração
SINDUSCON-RS	Sindicato das Indústrias da Construção Civil no Estado do Rio Grande do Sul
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
SPH	Superintendência de Portos e Hidrovias
SUPRG	Superintendência do Porto de Rio Grande
SUREG-PA	Superintendência Regional de Porto Alegre da CPRM
TR	Termo de Referência
TI	Terra Indígena
TUP	Terminal de Uso Privado
UC	Unidades de Conservação
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
UPG	Unidade de Planejamento e Gestão
USLE	*Universal Soil Loss Equation*
UTE	Usina Termelétrica
UTM	Universal Transversa de Mercator
VAB	Valor Adicionado Bruto

LISTA DE QUADROS

Quadro 3.1 – Bases legais da mineração de areia em ambiente hídrico no Rio Grande do Sul. 35
Quadro 4.1 – Cotas batimétricas médias e máximas nos subtrechos do Rio Jacuí..... 41
Quadro 4.2 – Relação cronoestratigráfica das unidades geológicas da região dos cursos médio e baixo do Rio Jacuí. 44
Quadro 4.3 – Sequência cronológica de rochas presentes na Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí..... 46
Quadro 4.4 – Unidades Aquíferas. 47
Quadro 4.5 – Carga de sólidos em suspensão para períodos de baixa vazão no trecho de Dom Marco Jusante. 58
Quadro 4.6 – Carga de arraste que ingressa no trecho Dom Marco Jusante. 58
Quadro 4.7 – Percentual de massa por diâmetro das amostras coletadas de sólidos de arraste. 59
Quadro 4.8 – Carga de areia que ingressa no trecho de Dom Marco Jusante. 59
Quadro 4.9 – Resultados da descarga de Sólidos Totais. 60
Quadro 4.10 – Medições para obtenção da descarga líquida e sólida em suspensão nas seções de monitoramento em 2017. 62
Quadro 4.11 – Taxa de transporte de sedimento por arraste (YANG, 1973). 62
Quadro 4.12 – Descargas sólidas totais. 63
Quadro 4.13 – Hidrossedimentometria local em baixa vazão por suspensão. 64
Quadro 4.14 – Hidrossedimentometria local em baixa vazão por arraste. 64
Quadro 4.15 – Hidrossedimentometria local em baixa vazão por suspensão. 64
Quadro 4.16 – Hidrossedimentometria local em baixa vazão por arraste. 65
Quadro 4.17 – Densidade de dragas de extração de areia por município, ao longo dos cursos médio e baixo do Rio Jacuí. 69
Quadro 5.1 – Classes de cobertura e uso do solo nos três trechos na área de estudo. 73
Quadro 5.2 – Atributos das espécies arbóreas e arborescentes amostradas por zonas no Rio Jacuí.76
Quadro 5.3 – Fauna de vertebrados ameaçada de extinção confirmada no Parque Estadual Delta do Jacuí (PEDJ) e status de conservação regional e nacional. 88
Quadro 5.4 – Alguns mesohabitats do baixo Rio Jacuí visualizados mediante imagens do Google Earth de acordo com a terminologia de MORING (19913) adaptado por Platania (1993). 91
Quadro 5.5 – Compilação dos registros de fitoplâncton para o baixo e o delta do Rio Jacuí, com base em revisão bibliográfica. 94
Quadro 5.6 – Lista de espécies de perifíticas registradas no baixo Rio Jacuí. 95
Quadro 5.7 – Compilação dos registros de taxa de zooplâncton para a o baixo Rio Jacuí e o delta do Rio Jacuí, com base em revisão bibliográfica. 96
Quadro 6.1 – Classes de usos e ocupação do solo na Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí. 109
Quadro 6.1 – Principais características da Hidrovia Rio Jacuí. 115
Quadro 6.2 – Características técnicas principais das Barragens Eclusas localizadas na Hidrovia Rio Jacuí, na Bacia Hidrográfica do Rio Jacuí. 116
Quadro 6.3 – Travessias hidroviárias intermunicipais efetuadas no Rio Jacuí, na bacia do Rio Jacuí. 118
Quadro 6.4 – Portos e terminais na Hidrovia Rio Jacuí inseridos na bacia do Baixo Jacuí. 119
Quadro 6.5 – Balneários nos municípios interceptados pelos cursos médio e baixo do Rio Jacuí. .. 122
Quadro 6.6 – Colônia de pescadores em municípios que interceptam o Rio Jacuí. 125
Quadro 6.7 – Características dos sistemas de abastecimento público por município da Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí. 132
Quadro 6.8 – Demanda hídrica superficial para abastecimento público por município interceptado pelos cursos médio e baixo do Rio Jacuí. 135
Quadro 6.9 – Consumo efetivo da água superficial destinada ao abastecimento público por município interceptado pelos cursos médio e baixo do Rio Jacuí. 135
Quadro 6.10 – Demanda hídrica superficial para abastecimento industrial por município interceptado pelos cursos médio e baixo do Rio Jacuí. 136

Quadro 6.11 – PIB por município interceptado pelo Rio Jacuí e variação no período 2000/2010. 142
Quadro 7.1 – Precisão do posicionamento relativo em função do tempo de observação, equipamento utilizado e comprimento das linhas de base. 166
Quadro 7.2 – Elevações dos marcos implantados. 167
Quadro 7.3 – Parâmetros analisados nas amostras de sedimento. 170
Quadro 7.4 – Parâmetros analisados e respectivos métodos de análise. 174
Quadro 7.5 – Alguns mesohabitats do Baixo Rio Jacuí visualizados mediante imagens do Google Earth de acordo com a terminologia de MORING (2014) modificado de Platania (1993). 184
Quadro 7.6 – Habitats amostrados no Rio Jacuí. 185
Quadro 7.14 – Exemplos de ambientes mapeados como relevantes para a ictiofauna no Rio Jacuí. 194
Quadro 7.15 – Lista dos pontos de amostragem da ictiofauna estabelecidos no Rio Jacuí, incluindo artes de pesca e esforço amostral aplicado nas três campanhas realizadas. 200
Quadro 7.16 – Disposição dos municípios conforme os subtrechos – margem esquerda. 206
Quadro 7.17 – Disposição dos municípios conforme os subtrechos – margem direita. 206
Quadro 8.1 – Resumo das vazões Qmlt e das vazões mensais para todas as sub-bacias analisadas. 211
Quadro 8.2 – Distribuição das curvas de sedimento (estações) nas sub-bacias. 218
Quadro 9.1 – Síntese de ocorrências entre 1991 e 2012 nos municípios que interceptam os trechos médio e baixo do Rio Jacuí. 228
Quadro 9.2 – Divisão hierárquica da geomorfologia da área de estudo. 236
Quadro 9.3 – Localização dos pontos monitorados pela Fepam. 263
Quadro 9.4 – Taxas de Transporte de sedimentos para o trecho do Rio Jacuí. 281
Quadro 9.5 – Taxas de transporte de sedimentos acumuladas para os cenários 1 e 2. 281
Quadro 9.6 – Lista das espécies de aves registradas para a área de estudo e ameaçadas de extinção em ao menos um dos níveis: estadual (RS), nacional (BR) e global (GL). 291
Quadro 9.7 – Lista das espécies de mamíferos registradas para a área de estudo e ameaçadas de extinção em ao menos um dos níveis: estadual (RS), nacional (BR) e global (GL). 293
Quadro 9.8 – Lista das espécies exóticas registradas durante o levantamento de dados secundários. 314
Quadro 9.9 – Lista das espécies registradas para a área de estudo e ameaçadas de extinção em ao menos um dos níveis: estadual (RS), nacional (BR) e global (GL). 317
Quadro 9.10 – Processo de criação dos municípios em estudo e etnias. 320
Quadro 9.11 – Percentual de participação no Valor Adicionado Bruto a Preços Básicos (VAB), por setores de atividade econômica – 2016. 322
Quadro 9.12 – Área plantada (em hectares) das principais atividades agrícolas (lavoura temporária), além do total plantado nos municípios em estudo – 2018. 323
Quadro 9.13 – Área destinada à colheita (em hectares) das principais atividades agrícolas (lavoura permanente), além do total destinado à colheita nos municípios em estudo – 2018. 323
Quadro 9.14 – Principais rebanhos (cabeças) por tipo nos municípios em estudo – 2018. 324
Quadro 9.15 – Emprego formal no setor secundário – 2017. 324
Quadro 9.16 – Instituições atuantes na área de estudo. 326
Quadro 9.17 – Portos e terminais na Hidrovia Rio Jacuí inseridos na bacia do Baixo Jacuí. 327
Quadro 9.18 – Estabelecimentos de lazer localizados às margens do Rio Jacuí. 328
Quadro 9.19 – Colônia de pescadores em municípios que interceptam o Rio Jacuí. 329
Quadro 9.20 – Captações junto ao Rio Jacuí. 331
Quadro 9.21 – Captações de água para consumo humano. 333
Quadro 9.22 – Produção de areia no leito do Rio Jacuí ao longo do trecho em estudo. 339
Quadro 9.23 – Unidades de Conservação identificadas. 356
Quadro 10.1 – Relação das áreas de fozes de cursos d´água identificados como áreas importantes para a ictiofauna. 370
Quadro 10.2 – Descrição dos tipos de áreas impróprias identificadas ao longo do estudo. 375
Quadro 10.3 – Quantitativos de áreas impróprias delimitadas. 377

Quadro 10.4 – Comparativo das áreas mapeadas como impróprias na calha do rio..... 378
Quadro 10.5 – Pontos para definição das áreas impróprias referente aos balneários e praias..... 383
Quadro 10.6 – Pontos utilizados para definição das áreas impróprias referente às comunidades.... 384
Quadro 11.1 – Descritores e respectivos pesos utilizados na análise integrada do diagnóstico ambiental; número de observações em campo, descrição de cada classe utilizada para mapeamento dos temas e respectiva valoração..... 390
Quadro 11.2 – Segmentos da subdivisão da área de estudo no Rio Jacuí..... 393
Quadro 11.3 – Distribuição espacial das classes do mapa síntese..... 395
Quadro 11.4 – Distribuição espacial das classes do mapa síntese após a exclusão das ilhas. 395
Quadro 11.5 – Distribuição espacial das classes do mapa síntese com a exclusão das áreas impróprias..... 396
Quadro 11.6 – Caracterização das Classes de sensibilidade e áreas de atenção identificadas no Zoneamento. 399
Quadro 12.1 – Descrição dos tipos de áreas impróprias identificadas ao longo do estudo. 417
Quadro 12.2 – Resumo das diretrizes ambientais gerais propostas. 418
Quadro 12.3 – Resumo das diretrizes ambientais especificas propostas. 419

LISTA DE TABELAS

Tabela 7.1 – Classificação dos trechos do Rio Jacuí com base na geologia e geomorfologia. O regime de fluxo em cada classe pode ser predominante lótico ou lêntico dependendo das eclusas ou da influência do Guaíba. 180
Tabela 9.1 – Intervalo, distância e orientação dos segmentos de canais retilíneos que possuem condicionamento estrutural (fraturas ou falhas) no Subtrecho C. 244
Tabela 9.2 – Intervalo, distância e orientação dos segmentos de canais retilíneos que possuem condicionamento estrutural (fraturas ou falhas) no Subtrecho B. 248
Tabela 9.3 – Resultados das campanhas de diagnóstico realizadas em 2019. 254
Tabela 9.5 – Parâmetros morfométricos para as bacias hidrográficas do Rio Jacuí. 273
Tabela 9.6 – Seções monitoradas e suas respectivas larguras da seção transversal. 277
Tabela 9.7 – Resumo dos resultados do monitoramento da vazão, concentração de sedimentos em suspensão e sedimentos em arraste para as 25 seções monitoradas. 279
Tabela 9.8 – Dados da produção de areia no RS, quantidade de venda e valor. 336
Tabela 9.9 – Volume financeiro gerado pela extração de areia nos Subtrechos em estudo. 341
Tabela 9.10 – Formato dos dados referentes ao posicionamento das dragas em operação. 343
Tabela 9.11 – Intensidade de registros por km^2. 346
Tabela 10.1 – Pesos atribuídos a cada descritor para o cruzamento de mapas. 363
Tabela 10.2 – Parâmetros para a rodagem da análise de *hotspots* (*Getis-Ord Gi**). 365
Tabela 10.3 – Características dos descritores empregadas para a análise de *hotspots* (*Getis-Ord Gi**). 365

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 – Número de solicitações de Licenciamento Ambiental para Extração de Areia (licenças vencidas) no período de 1995 a 2015. 36
Figura 4.1 – Origem da carga de areia que ingressa no trecho Dom Marco Jusante. 59
Figura 4.2 – Localização das seções de monitoramento hidrossedimentométrico no Rio Jacuí a partir de maio de 2017. 61
Figura 5.1 – Floresta sobre o dique marginal próximo à foz da Sanga do Cabral, Rio Pardo. 74
Figura 5.2 – Agricultura com lavouras muito próximas à margem do rio. 74
Figura 5.3 – Área úmida com vegetação circundante suprimida, provavelmente arbórea. 74
Figura 5.4 – Camboinzal: formação dominada por indivíduos de camboim (*Myrciaria tenella*). 77
Figura 5.5 – Floresta de ingazeiros: aspecto exterior em área do rio sem dique marginal. 78
Figura 5.6 – Floresta de várzea junto à foz do arroio Capivari, Rio Pardo. 78
Figura 5.7 – Floresta estacional de encosta na margem da lagoa do Vasco, Cachoeira do Sul. 79
Figura 5.8 – Área de banhado a oeste do Porto Batista, Triunfo. 80
Figura 5.9 – Etapas decisivas para o planejamento de recuperação da vegetação. 82
Figura 5.10 – Representatividade da riqueza de espécies de cada ordem taxonômica registrada. Percentis inferiores a 3 % tiveram seus valore ocultados no gráfico para evitar poluição visual. 87
Figura 5.11 – Riqueza de espécies para cada família taxonômica registrada. 87
Figura 5.12 – Modelo clássico de habitats de sistemas lóticos. 93
Figura 6.1 – Estrutura do VAB nos municípios da bacia do Baixo Jacuí e RS. 105
Figura 6.2 – Crescimento VAB e do PIB do na Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí e no RS. 105
Figura 6.3 – Municípios com as maiores incidências de extração mineral na bacia do Baixo Jacuí. Fonte: DNPM/SIGMINE/CGEO/CGTIG (jan. 2013) *apud* (DRH/SEMA, 2014). 106
Figura 6.4 – Utilização de terras agrícolas na Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí e no RS. 107
Figura 6.5 – Incidência da área plantada das principais culturas temporárias sobre a área total agrícola na Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí e no RS. 108
Figura 6.6 – Crescimento da pecuária nos municípios da Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí e no RS. 108
Figura 6.7 – Evolução do IDESE da Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí e do RS. 110
Figura 6.8 – Índices de atendimento do abastecimento de água na bacia do Baixo Jacuí e no RS. 112
Figura 6.9 – Distribuição (%) dos Sistemas de Abastecimento de Água na bacia do Baixo Jacuí. 112
Figura 6.10 – Avaliação dos Sistemas de Abastecimento de Água na bacia do Baixo Jacuí. 113
Figura 6.11 – Taxa de atendimento de esgoto 2000/2010. 113
Figura 6.12 – Índices de coleta por destino de resíduos sólidos na bacia do Baixo Jacuí e no RS. 114
Figura 6.13 – Obras necessárias na Hidrovia Rio Jacuí, segundo o Plano Hidroviário Estratégico. 121
Figura 6.14 – Embarcações de pequeno porte com motor de 15 HP, utilizadas por grande parte dos pescadores da Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí. 126
Figura 6.15 – Pescador Nicolau, na cheia (Set./2013) capturou grandes exemplares de carpas no Rio Jacuí, no município de Rio Pardo. 127
Figura 6.16 – Demanda per capita diária nos municípios da Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí atendidos pela CORSAN. 134
Figura 6.17 – Número de processos distribuídos por fases (Out. 2014). 138
Figura 6.18 – Área requerida (ha) por fases dos processos (Out. 2014). 139
Figura 6.19 – Draga flutuante embarcada em ação no baixo Jacuí. No detalhe, são observados a ponta de sucção da draga, e o sistema de peneiramento para retirada da fração cascalho da carga arenosa do leito do rio. 146
Figura 7.1 – Embarcação utilizada nos levantamentos. 151
Figura 7.2 – Ecobatímetro sendo preparado para realizar levantamento da Seção 11. 152
Figura 7.3 – Microcomputador de bordo para o registro digital dos dados em arquivo para posterior processamento. 153
Figura 7.4 – Sistema de posicionamento global DGPS de alto desempenho. 154

Figura 7.5 – Configuração dos parâmetros geodésicos, no software HypackTM MAX, adotados nos levantamentos batimétricos. 154
Figura 7.6 – Janela do módulo de processamento do software Hypack, onde se procedeu a eliminação de dados espúrios. 155
Figura 7.7 – Sistema de Sonar de Varredura Lateral utilizado. 156
Figura 7.8 – Janela do software DrDepth, módulo de geração de mosaicos. 157
Figura 7.9 – Sistema Stratabox com transdutor de 10 khz e tela do programa. 158
Figura 7.10 – ADCP Sontek de 500 Mhz. 160
Figura 7.11 – Medição de vazão com ADCP. 161
Figura 7.12 – Relação entre as altitudes elipsoidais (h) e ortométricas (H). 167
Figura 7.13 – Foz do Rio Vacacaí, logo a jusante do ponto de partida. 175
Figura 7.14 – Vista de jusante da Eclusa de Amarópolis, no ponto de partida do levantamento do Trecho A. 175
Figura 7.15 – Embarcação utilizada sendo preparada no ponto de partida do primeiro dia de campo. 176
Figura 7.16 – Eclusa do Anel de Dom Marco. 177
Figura 7.17 – Saída da cidade de Rio Pardo. 178
Figura 7.18 – Mesohabitats de rios modificado para o Rio Grande/Rio Bravo del Norte (USA). 183
Figura 7.19 – Habitats amostrados no trecho de Classe 4: unidade geológica Sanga do Cabral; em ambiente de sedimentação Continental; em sistema de sedimentação Desértico, Fluvial Entrelaçado, sedimentação do tipo Barras arenosas/Barras conglomeráticas, tempestitos, com canal anastomosado. 186
Figura 7.20 – Habitats amostrados no trecho de Classe 3: unidade geológica Sanga do Cabral; em ambiente de sedimentação Continental; em sistema de sedimentação Desértico, Fluvial Entrelaçado, sedimentação do tipo Barras arenosas/Barras conglomeráticas, tempestitos, com canal meandrante. 186
Figura 7.21 – Habitats amostrados no trecho de Classe 2: unidade geológica Rio do Rastro; em ambiente de sedimentação Continental; em sistema de sedimentação leque deltaico, rampa carbonática, sedimentação do tipo barras arenosas, face de praia, tempestitos, com canal entrelaçado. 187
Figura 7.22 – Habitats amostrados no trecho de Classe 1: unidade geológica Rio do Rastro; em ambiente de sedimentação Continental Marinho Lacustre; em sistema de sedimentação leque deltaico, rampa carbonática, sedimentação do tipo barras arenosas, face de praia, tempestitos, com canal retilíneo. 187
Figura 7.23 – Procedimentos de coleta no Rio Jacuí. A, Coleta de amostras de plâncton com garrafa de Vand Dorn; B e C, coleta de plâncton com rede de 30 µm e bomba de porão; D, coleta de sedimento com *rock island*, seguido de lavagem em rede de 250 µm. 189
Figura 7.24 – Localização dos pontos de referência para amostragem na região de Triunfo. 195
Figura 7.25 – Localização dos pontos de referência para amostragem na região de Rio Pardo. 196
Figura 7.26 – Localização dos pontos de referência para amostragem na região de General Câmara (Santo Amaro do Sul). 196
Figura 7.27 – Localização dos pontos de referência para amostragem na região de Cachoeira do Sul – montante da cidade. 197
Figura 7.28 – Imagem de satélite ilustrando os pontos de referência para as áreas de amostragem na região de Cachoeira do Sul – jusante da cidade. 197
Figura 7.29 – Biólogos revisando rede de espera instalada em afluente do Rio Jacuí (PA17). 199
Figura 7.30 – Biólogo executando arremesso de tarrafa no Rio Jacuí (PA05). 199
Figura 7.31 – Equipe de biólogos realizando arrasto de margem no Rio Jacuí (PA10). 200
Figura 7.32 – Exemplos de avaliações de largura de mata ciliar. 203
Figura 7.33 – Exemplos de avaliações de conectividade de mata ciliar. 203
Figura 8.1 – Comparativo entre as vazões do levantamento de campo e as vazões médias 209
Figura 8.2 – Curvas granulométricas do material do leito nas 25 seções de referência. 215
Figura 8.3 - Curvas de Sedimento nas estações de monitoramento selecionadas. 217

Figura 9.1 – Classificação climática segundo Köppen. 223
Figura 9.2 – Temperaturas médias. 224
Figura 9.3 – Precipitação média. 224
Figura 9.4 – Umidade Relativa do ar. 227
Figura 9.5 – Insolação. 227
Figura 9.6 – Intensidade do vento. 228
Figura 9.7 – Localização da Soleira de diabásio com área aproximada de dois hectares, que foi identificada no ponto 340 em março de 2020. 232
Figura 9.8 – Detalhe da imagem anterior com a localização da Soleira de diabásio e/ou outra rocha hipoabissal, com área aproximada de dois hectares. 232
Figura 9.9 – Soleira de diabásio ou outra rocha hipoabissal, com área aproximada de dois hectares, que foi identificada no ponto 340 em março de 2020, com o nível do rio abaixo do normal devido à estiagem. 233
Figura 9.10 – Foz do Rio Vacacaí (acima), e vista de jusante da Eclusa de Amarópolis (abaixo). ... 235
Figura 9.11 – Os quatro tipos de canal fluvial definidos e segmentados na área em estudo: meandrante, anastomosado, retilíneo e entrelaçado. 239
Figura 9.12 – Início da área em estudo onde o canal com direcionamento geral N-S, a montante do ponto 060, inflete para leste em ângulo de 90 graus, até a confluência com o Rio Vacacaí (ponto 062). 241
Figura 9.13 – Subtrecho C onde se observa a calha menor (leito do rio) entre 100 e 300 m de largura e a calha maior (planície de inundação) que pode chegar a cinco quilômetros de largura ou mais. Fonte: Adaptado de Google Earth (2020). 242
Figura 9.14 – Imagem (A) aerofoto do Exército Brasileiro, escala 1:60.000, da década de 1960, ilustra as condições naturais antes da intervenção antrópica, e (B) imagem Esri atual. 245
Figura 9.15 – Localização do Subtrecho B, que se inicia no Ponto 194 e termina no Ponto 267. 246
Figura 9.16 – Barra em pontal que ocorre no ponto 221, margem direita. Na margem esquerda ocorre processo erosivo, principalmente onde não há vegetação. 248
Figura 9.17 – Localização do Subtrecho A, que inicia Barragem de Amarópolis (ponto 267) e termina no Delta do Jacuí (ponto 322). 249
Figura 9.18 – Aerofoto nº 14576 (USAF/CPRM), de novembro de 1964, ainda sem a construção da Barragem de Amarópolis. 250
Figura 9.19 – As barras longitudinais começam a aumentar de montante para jusante, onde o tipo de canal fluvial sinuoso migra para canal entrelaçado. 250
Figura 9.20 – Barras longitudinais existentes no trecho das Seções de Referência de 1 a 5, característica de canal fluvial entrelaçado. 251
Figura 9.21 – Frequência de parâmetros nas classes, classificação do ponto, enquadramento e análise de conformidade dos 25 pontos monitorados ao longo do estudo de subsídio ao zoneamento. 264
Figura 9.22 – Frequência de parâmetros nas classes, classificação do ponto, enquadramento e análise de conformidade dos pontos do Plano do Baixo Jacuí. 265
Figura 9.23 – Espacialização da variação dos teores de Cor nas campanhas de diagnóstico. 267
Figura 9.24 – Espacialização da variação dos teores de Turbidez nas campanhas 1 e 2. 268
Figura 9.25 – Espacialização da variação dos teores de Sólidos totais nas campanhas 1 e 2. 268
Figura 9.26 – SST e Turbidez – Estações FEPAM. 269
Figura 9.27 – Curva hipsométrica do Rio Jacuí. 275
Figura 9.28 – Vazões medidas na primeira e segunda campanha, e vazões médias. 280
Figura 9.31 – Quelônios registrados no Rio Jacuí durante a realização dos pontos de vistoria: Tigre-d'água (*Trachemys dorbigni*) à esquerda e cágado-de-barbelas (*Phrynops hilarii*) à direita. 294
Figura 9.32 – Vestígios de capivara (*Hydrochoerus hydrochaeris*) registrados nas margens do Rio Jacuí durante a realização dos pontos de vistoria: fezes à esquerda e rastros à direita. 294
Figura 9.33 – Rastros de mão-pelada (*Procyon cancrivorus*) registrados nas margens do Rio Jacuí durante a realização dos pontos de vistoria. 295

Figura 9.34 – Capivara (*Hydrochoerus hydrochaeris*) registrada no Rio Jacuí durante a realização dos pontos de vistoria. 295
Figura 9.35 – Rastros de lontra (*Lontra longicaudis*) registrados nas margens do Rio Jacuí durante a realização dos pontos de vistoria. 295
Figura 9.36 – Rastros de felino(s) (*Leopardus* spp.) registrados nas margens do Rio Jacuí durante a realização dos pontos de vistoria. 296
Figura 9.37 – Rastros de cervídeo (*Mazama* sp.) registrados nas margens do Rio Jacuí durante a realização dos pontos de vistoria. 296
Figura 9.38 – Bugio-ruivo (*Alouatta guariba clamitans*) registrado nas margens do Rio Jacuí durante a realização dos pontos de vistoria. 297
Figura 9.39 – Modelo conceitual simplificado da zonação longitudinal do Rio Jacuí, com base nos padrões espaciais identificados para variáveis limnológicas e comunidades aquáticas, por meio de métodos multivariados. 306
Figura 9.40 – Modelo conceitual simplificado da zonação transversal do Rio Jacuí, com base nos padrões identificados para a comunidade de macroinvertebrados bentônicos, por meio de estatística univariada e multivariada, bem como por meio de dados secundários. 307
Figura 9.41 – Modelo conceitual simplificado da zonação transversal e vertical da calha principal do Rio Jacuí, indicando grupos dominantes das comunidades fitoplanctônica, zooplanctônica e bentônica, com base nos dados primários e secundários 308
Figura 9.42 – Limpa-fundo (*Corydoras paleatus*) capturado durante o presente estudo no Rio Jacuí. 312
Figura 9.43 – Voga (*Schizodon Jacuíensis*) capturado durante o presente estudo no Rio Jacuí, indivíduo jovem..... 312
Figura 9.44 – Grumatã (*Prochilodus lineatus*) capturado durante o presente estudo no Rio Jacuí... 313
Figura 9.45 – Dourado (*Salminus brasiliensis*) capturado durante o presente estudo no Rio Jacuí.. 313
Figura 9.46 – Lambari-do-rabo-amarelo (*Astyanax lacustris*) capturado durante o presente estudo no Rio Jacuí..... 314
Figura 9.47 – Peixe-cachorro (*Acestrorhynchus pantaneiro*) capturado neste estudo no Rio Jacuí. 315
Figura 9.48 – Biru (*Cyphocharax spilotus*) capturado durante o presente estudo no Rio Jacuí. 315
Figura 9.49 – Maria-luiza (*Pachyurus bonariensis*) capturada durante o presente estudo no Rio Jacuí. 316
Figura 9.50 – Carpa-capim (*Ctenopharyngodon idella*) encontrada neste estudo no Rio Jacuí. 316
Figura 9.51 – PIB *per capita* nos municípios em estudo - 2016. 325
Figura 9.52 – Número de processos distribuídos por fases (Out. 2014). 334
Figura 9.53 – Área requerida (ha) por fases dos processos (Out. 2014). 335
Figura 9.54 – Oscilações da extração de areia e destino segundo informações do Anuário Mineral.337
Figura 9.55 – Volume financeiro gerado pela extração de areia no Rio Grande do Sul. 337
Figura 9.56 – Valor médio da tonelada de areia extraída, conforme análise dos dados disponibilizados pela ANM, 2020. 338
Figura 9.57 – Distribuição da quantidade de extração de areia nos subtrechos em estudo (2010-2019). 338
Figura 9.58 – Quantidade de areia extraída entre 2009 e 2019 na área de estudo. 340
Figura 9.59 – Volume financeiro gerado pela extração de areia pôr Subtrecho. 340
Figura 9.60 – Nuvem de pontos gerados através dos registros de posicionamento das dragas. 344
Figura 9.61 – Concentração de registros por km^2. 348
Figura 10.1 – Dados de preenchimento da matriz de comparação pareada entre os descritores. 363
Figura 10.2 – Fluxo de trabalho para construção do Zoneamento Ambiental de Mineração de Areia. 365
Figura 10.3 – Pontos valorados e análise de *hotspots* do descritor “Morfodinâmica das Margens”.. 366
Figura 10.4 – Interpolação (IDW) e mapa síntese intermediário descritor “Morfodinâmica das Margens”. 367
Figura 10.5 – Comparativo entre os tipos de áreas impróprias. 377
Figura 10.6 – Croqui do estabelecimento da área imprópria em ponto de captação. 379

Figura 10.7 – Croqui do estabelecimento da área imprópria na ponte da ERS-401. 380
Figura 10.8 – Croqui do estabelecimento da área imprópria junto a Eclusa de Amarópolis e Marina de Santo Amaro. 381
Figura 10.9 – Croqui do estabelecimento da área imprópria junto a linha de movimentação das Balsas entre as cidades de Triunfo-São Jerônimo. 381
Figura 10.10 – Área imprópria gerada pela presença dos Balneário Porto Batista. 383
Figura 10.11 – Exemplo de delimitação de área imprópria à mineração de areia gerada pela presença de comunidade. 386
Figura 10.12 – Área do Parque Estadual Delta do Jacuí. 387
Figura 10.13 – Exemplo de delimitação de área imprópria gerada pelos ambientes marginais. 388
Figura 11.1 – Quantidade de polígonos por classe de sensibilidade. 397
Figura 11.2 – Passo a passo da produção do mapa do zoneamento a partir do mapa síntese do diagnóstico ambiental. 397

LISTA DE MAPAS

Mapa 2.1 – Localização da área de estudo interceptada pelos trechos médio e baixo do Rio Jacuí. . 29
Mapa 4.1 – Espacialização dos dados secundários de batimetria existentes nos cursos médio e baixo do Rio Jacuí..... 43
Mapa 4.2 – Arcabouço hidrogeológico regional com unidades aquíferas nos cursos médio e baixo do Rio Jacuí..... 49
Mapa 4.3 – Arcabouço pedológico regional com as unidades ocorrentes nos cursos médio e baixo do Rio Jacuí..... 54
Mapa 4.4 – Espacialização dos dados secundários existentes para hidrossedimentometria com pontos de leitura hidrossedimentométrica. 67
Mapa 4.5 – Espacialização dos dados secundários existentes com pontos de ocorrências de margens e/ou processos minerários com avaliação de ocorrências de margens. 71
Mapa 5.1 – Cobertura vegetal e uso do solo. 75
Mapa 5.2 – Conflitos e vetores de pressão..... 83
Mapa 6.1 – Hidrovia do Rio Jacuí e pontos notáveis associados à atividade de navegação. 117
Mapa 6.2 – Estabelecimentos de lazer. 124
Mapa 6.3 – Pontos de captação para abastecimento público. 133
Mapa 7.1 – Localização das seções monitoradas com dados de vazão, sedimentos em suspensão e sedimentos em arraste. Campanha de outubro 2019..... 164
Mapa 7.2 – Localização dos marcos da rede geodésica de apoio. 169
Mapa 7.3 – Localização dos pontos de amostragem de sedimentos de fundo. 172
Mapa 7.4 – Localização dos pontos de controle do levantamento de campo e caracterização da fisiologia da paisagem. 179
Mapa 7.5 – Ambientes importantes para a ictiofauna. 198
Mapa 7.6 – Espacialização das entrevistas com atores e instituições sociais de interesse. 207
Mapa 8.1 – Modelo Numérico do Terreno para o trecho em estudo do Rio Jacuí. 222
Mapa 9.1 – Isotermas de temperatura média anual. 225
Mapa 9.2 – Mapa de isolinhas de precipitação média anual. 226
Mapa 9.3 – Arcabouço geológico regional nos cursos médio e baixo do Rio Jacuí..... 234
Mapa 9.4 – Arcabouço geomorfológico regional com as unidades ocorrentes nos cursos médio e baixo do Rio Jacuí 237
Mapa 9.5 – Distribuição dos Pontos de Controle de Interesse do Levantamento de Campo das Margens do Rio Jacuí – Subtrecho C. 243
Mapa 9.6 – Distribuição dos Pontos de Controle de Interesse do Levantamento de Campo das Margens do Rio Jacuí – Subtrecho A e B. 247
Mapa 9.7 – Localização dos pontos de amostragem de qualidade das águas superficiais. 253
Mapa 9.8 – Campanha de amostragem de água superficial - Vazão de cheia - Parâmetro: DBO. ... 257
Mapa 9.9 – Campanha de amostragem de água superficial - Vazão de estiagem - Parâmetro: DBO. 258
Mapa 9.10 – Campanha de amostragem de água superficial - Vazão de cheia - Parâmetro: Coliformes termotolerantes..... 259
Mapa 9.11 – Campanha de amostragem de água superficial - Vazão de estiagem – Parâmetro: Coliformes termotolerantes. 260
Mapa 9.12 – Campanha de amostragem de água superficial - Vazão de cheia - Parâmetro: Turbidez. 261
Mapa 9.13 – Campanha de amostragem de água superficial - Vazão de estiagem - Parâmetro: Turbidez..... 262
Mapa 9.14 – Pontos de Monitoramento de Qualidade das Águas Classificados conforme CONAMA 357, e Enquadramento do Rio Jacuí no trecho em estudo..... 266
Mapa 9.15 – Hidrografia das bacias contribuintes do Rio Jacuí, com indicação dos principais formadores. 272

Mapa 9.16 – Mapa hipsométrico das bacias contribuintes do Rio Jacuí, com indicação dos formadores. 276
Mapa 9.17 – Análise comparativa da variação do leito entre as seções. 283
Mapa 9.18 – Diferenças de velocidade entre os Cenários 1 e 2. 284
Mapa 9.19 – Divisões político administrativas. 321
Mapa 9.20 – Concentração dos pontos de extração de areia registrados entre 2017 e 2020 no Baixo Jacuí. 345
Mapa 9.21 – Concentração dos pontos de extração de areia registrados entre 2017 e 2020 nos Segmentos B e C do Baixo Jacuí. 349
Mapa 9.22 – Concentração dos pontos de extração de areia registrados, por ano, entre 2017 e 2020 no Segmento A do Baixo Jacuí. 351
Mapa 9.23 – Áreas Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade na área de estudo. 354
Mapa 9.24 – Área de estudo do zoneamento em relação à Reserva da Biosfera da Mata Atlântica - Lei Nº 11.428/2006. 357
Mapa 9.25 – Reserva da Biosfera da Mata Atlântica na área de estudo. 358
Mapa 9.26 – Unidades de Conservação na área de estudo. 359
Mapa 10.1 – Mapa das áreas de atenção para a mineração. 372
Mapa 10.2 – Mapa das áreas impróprias para a mineração. 376
Mapa 11.1 – Mapa do Zoneamento Ambiental para a Atividade de Mineração de Areia nos Cursos Médio e Baixo do Rio Jacuí 403
Mapa 11.2 – Locais passíveis de mineração de acordo com o Zoneamento Ambiental para a Atividade de Mineração de Areia nos Cursos Médio e Baixo do Rio Jacuí. 404

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 26
2 ÁREA DE ESTUDO 28
3 CONTEXTUALIZAÇÃO DA MINERAÇÃO 30
3.1 Aspectos Legais e Institucionais 33
3.1.1 Legislação Ambiental: Papel da FEPAM 33
3.2 Cenário da extração de areia no Rio Jacuí 36
4 CONSOLIDAÇÃO DOS DADOS SECUNDÁRIOS DO MEIO FÍSICO 38
4.1 Estudos Climatológicos 38
4.2 Estudos Geológicos 38
4.2.1 Arcabouço Geológico Regional 38
4.2.2 Geologia Local 39
4.2.3 Topobatimetria 41
4.2.4 Hidrogeologia 44
4.2.4.1 Dados hidrogeológicos no âmbito Plano de Manejo Parque Estadual do Delta do Jacuí - PEDJ 45
4.2.4.2 Dados hidrogeológicos do Plano da Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí 45
4.2.4.3 Aspectos Hidrogeológicos - Identificação e Caracterização dos Aquíferos 47
4.3 Estudos Geomorfológicos 50
4.3.1 Geomorfologia fluvial do Rio Jacuí 51
4.4 Estudos Pedológicos 53
4.5 Qualidade da Água 55
4.6 Hidrografia e Hidrossedimentometria 56
4.6.1 Caracterização Hidrossedimentométrica e Hidrodinâmica 56
4.6.1.1 Processos de mineração ativos no Rio Jacuí 57
4.6.1.1.1 Processos 007082-0567/06-0 e 019492-0567/12-0 57
4.6.1.1.2 Processos 010106-0567/15-0, 2886-0567/15-0 e 5686-0567/11-2 60
4.6.1.1.3 Processos 6274-05.67/11-0, 5028-05.67/16-9, 6276-05.67/11-5, 5029-05.67/16-1, 6275-05.67/11-2 e 5028-05.67/16-9 60
4.6.1.1.4 Processos 019255-0567/12-5 e 003173-0567/16-8 64
4.6.1.1.5 Processo 010269-0567/06-8 64
4.6.2 Erosão das margens 68
5 CONSOLIDAÇÃO DOS DADOS SECUNDÁRIOS DO MEIO BIÓTICO 72
5.1 Flora: Situação dos remanescentes de Vegetação Nativa, Áreas Legalmente Protegidas e Áreas Prioritárias para Compensação Ambiental 72
5.1.1 Diagnóstico das Áreas de Preservação Permanente no Baixo Jacuí 73
5.1.1.1 Mapeamento do Uso e Cobertura do Solo 73
5.1.1.2 Caracterização da Cobertura Vegetal Natural 76
5.1.2 Espécies de interesse especial para recuperação da vegetação ciliar 80
5.1.3 Zoneamento das áreas de preservação permanente em oposição a conflitos e vetores de pressão existentes 81
5.1.4 Avaliação e monitoramento das áreas a serem recuperadas 84
5.1.5 Considerações finais 84
5.2 Estudos da fauna terrestre (margens e app) 84
5.3 Levantamento Ictiológico 85

5.3.1 Plano de Manejo Parque Estadual do Delta do Jacuí - PEDJ 88
5.4 Ecossistema aquático e de transição e bentos 89
5.4.1 Habitats Lóticos 89
5.4.1.1 Mesohabitats 90
5.4.1.2 Micro-habitats 92
5.4.2 Fitoplâncton 93
5.4.2.1 Comunidades fitoplanctônicas no Rio Jacuí 93
5.4.3 Perifíton 94
5.4.3.1 Comunidades de algas epífitas no Rio Jacuí 94
5.4.3.2 Comunidades de Algas Epipélicas no Rio Jacuí 95
5.4.4 Zooplâncton 95
5.4.4.1 Comunidades Zooplanctônicas no Rio Jacuí 96
5.4.5 Macroinvertebrados bentônicos 97
5.4.5.1 Macroinvertebrados bentônicos no Rio Jacuí 98
5.4.5.1.1 Espécies epifíticas 98
5.4.5.1.2 Espécies epibentônicas 98
5.4.5.1.3 Espécies escavadoras 98
5.4.5.1.4 Espécies ameaçadas 99
5.4.5.1.5 Espécies endêmicas 99
5.4.5.1.6 Espécies invasoras 100
5.4.5.1.7 Comunidades bentônicas 101
6 CONSOLIDAÇÃO DOS DADOS SECUNDÁRIOS DO MEIO SOCIOECONÔMICO 103
6.1 Caracterização segundo o Plano da Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí 103
6.1.1 Uso do solo 109
6.1.2 Indicadores Socioeconômicos 110
6.1.3 Indicadores de Saúde e Saneamento 110
6.1.4 Caracterização dos padrões culturais e antropológicos 114
6.2 Usos da água 114
6.2.1 Navegação interior 115
6.2.1.1 Barragens eclusas 116
6.2.1.2 Travessias hidroviárias intermunicipais 118
6.2.1.3 Portos e terminais 118
6.2.1.4 Impactos da navegação interior 120
6.2.1.5 Prognóstico da navegação interior 121
6.2.1.6 Plano Hidroviário Metropolitano do Rio Grande do Sul 122
6.2.2 Balneários, Recreação e Lazer 122
6.2.3 Pesca 125
6.2.3.1 Plano da Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí 126
6.2.3.1.1 Pesca 126
6.2.3.1.2 Aquicultura 128
6.2.3.2 Programa de monitoramento de processos de licenciamento 129
6.2.3.3 A atividade pesqueira em Cachoeira do Sul 130
6.2.4 Abastecimento público 132
6.2.5 Abastecimento industrial 136
6.3 Caracterização da atividade de mineração de areia no leito do Rio Jacuí 136

6.3.1 Plano da Bacia Hidrográfica do Rio Jacuí ... 137
6.3.2 Projeto Materiais de Construção da Região Metropolitana de Porto Alegre .. 140
6.3.2.1 Características do Valor Adicionado Bruto (VAB) ... 141
6.3.2.2 Empregos formais na Região ... 141
6.3.2.3 PIB da RMPA: Concentração e tendências de crescimento ... 142
6.3.2.4 Considerações do estudo ... 142
6.3.3 Potencial mineral ... 143
6.3.3.1 Agregados para a construção civil - Areia ... 144
6.3.3.2 Depósitos de areia fluvial no Rio Jacuí ... 145
6.3.3.3 Reservas estimadas para os principais depósitos de areia na RMPA ... 147
6.3.4 Métodos de lavra e beneficiamento ... 147
7 LEVANTAMENTO DE DADOS PRIMÁRIOS ... 150
7.1 Meio Físico ... 150
7.1.1 Levantamento de Dados Primários nas 25 Seções de Referência ... 150
7.1.1.1 Levantamentos dos perfis batimétricos ... 151
7.1.1.2 Levantamento com sonar de varredura lateral - HUMMINBIRD 798 ci HD Si ... 156
7.1.1.3 Levantamento altimétrico nas margens dos rios: ... 157
7.1.1.4 Levantamento sísmico: Perfilagem acústica contínua com o sistema Stratabox de 10 KHZ da SyQwest ... 158
7.1.1.5 Sondagens SPT: Confirmação do Substrato Rochoso ... 159
7.1.1.6 Medição de Descarga Líquida ... 159
7.1.1.7 Medição de Descarga Sólida ... 161
7.1.1.7.1 Transporte de sedimentos em suspensão ... 162
7.1.1.7.2 Transporte de sedimentos por arraste ... 163
7.1.1.8 Amarração Geodésica ... 165
7.1.1.8.1 Localização dos marcos ... 165
7.1.1.8.2 Tipo de Posicionamento ... 166
7.1.1.8.3 Tempo de Observação ... 166
7.1.1.8.4 Componente altimétrica ... 166
7.1.1.8.5 Monografia dos marcos ... 168
7.1.1.9 Geoquímica dos Sedimentos ... 170
7.1.1.10 Qualidade da Água ... 173
7.1.1.11 Fisiologia da Paisagem ... 175
7.2 Meio Biótico ... 180
7.2.1 Limnologia: Macroinvertebrados bentônicos, Plâncton e Perifíton ... 180
7.2.1.1 Área de estudo ... 180
7.2.1.2 Amostragem ... 188
7.2.1.2.1 Perifíton ... 188
7.2.1.2.1.1 Algas Epifíticas ... 188
7.2.1.2.1.2 Algas Epipélicas ... 188
7.2.1.2.2 Fitoplâncton ... 188
7.2.1.2.3 Zooplâncton ... 190
7.2.1.2.4 Macroinvertebrados aquáticos ... 190
7.2.1.3 Tratamento de dados ... 191

7.2.2 Ictiofauna ... 191
7.2.2.1 Áreas de amostragem ... 193
7.2.2.2 Artes de pesca e amostragem da ictiofauna ... 199
7.2.2.3 Análise de dados ... 201
7.2.3 Fauna Terrestre ... 202
7.3 Meio Socioeconômico ... 204
7.3.1 Inspeções de campo, Vistorias, Aplicação de entrevistas e Pesquisas com os atores ou Instituições Sociais de interesse ... 204
7.3.1.1 Introdução e objetivos ... 204
7.3.1.2 Metodologia de Pesquisa ... 204
8 HIDROLOGIA ... 208
8.1 Caracterização Granulométrica dos Sedimentos ... 212
8.1.1 Granulometria das Seções ... 212
8.1.2 Curvas-chave de sedimento ... 216
8.2 Modelo Hidrossedimentométrico ... 218
8.2.1.1 Simulação Hidráulica ... 219
8.2.1.2 Simulação do Transporte de Sedimentos ... 219
9 DIAGNÓSTICO CONSOLIDADO ... 223
9.1 Meio Físico ... 223
9.1.1 Clima ... 223
9.1.1.1 Caracterização climática regional ... 223
9.1.1.2 Temperatura ... 224
9.1.1.3 Precipitação ... 224
9.1.1.4 Umidade Relativa do ar ... 227
9.1.1.5 Insolação ... 227
9.1.1.6 Velocidade e direção dos ventos ... 228
9.1.1.7 Eventos extremos ... 228
9.1.2 Geologia ... 229
9.1.2.1 Unidades geológicas ... 229
9.1.2.2 Geologia local ... 230
9.1.3 Geomorfologia ... 235
9.1.3.1 Unidades geomorfológicas ... 236
9.1.3.2 Morfodinâmica das Margens ... 239
9.1.3.3 Subtrecho C ... 240
9.1.3.4 Subtrecho B ... 246
9.1.3.5 Subtrecho A ... 249
9.1.4 Avaliação da Qualidade das Águas ... 251
9.1.4.1 Análise dos dados obtidos ao longo das campanhas realizadas no âmbito do estudo de subsídio ao Zoneamento ... 252
9.1.4.2 Análise dos pontos monitorados pela FEPAM ... 263
9.1.4.3 Análise da Conformidade com o Enquadramento ... 264
9.1.4.4 Análise de parâmetros associados à atividade de mineração ... 267
9.1.5 Caracterização da rede hidrográfica ... 270
9.1.5.1 Parâmetros morfométricos referentes à análise da rede hidrográfica da Região Hidrográfica do Lago Guaíba ... 273
9.1.5.2 Conceitos associados à evolução dos cursos de água, hipsometria e transporte de sedimentos ... 274

9.1.6 Medição de vazão, sedimentos em suspensão e sedimentos em arraste 278
9.1.7 Avaliação geoquímica dos sedimentos de fundo 280
9.1.8 Modelo Hidrossedimentométrico 281
9.1.8.1 Volumes de sedimentos: taxas de transporte de sedimentos 281
9.1.8.2 Análise comparativa entre os cenários 282
9.1.8.3 Considerações Finais 285
9.1.9 Conclusão 286
9.2 Meio Biótico 287
9.2.1 Ecossistema terrestre e de transição 287
9.2.1.1 Revisão bibliográfica 287
9.2.1.1.1 Anfíbios 288
9.2.1.1.2 Répteis 289
9.2.1.1.3 Aves 290
9.2.1.1.4 Mamíferos 291
9.2.1.2 Vistorias técnicas 294
9.2.2 Ecossistema aquático e de transição 297
9.2.2.1 Limnologia: Perifiton, Fitoplâncton, Zooplâncton, Macroinvertebrados 297
9.2.2.1.1 Perifiton 297
9.2.2.1.2 Fitoplâncton 298
9.2.2.1.3 Zooplâncton 299
9.2.2.1.4 Macroinvertebrados 300
9.2.2.1.5 Zonação das comunidades e aspectos limnológicos 303
9.2.2.2 Levantamento Ictiológico 309
9.2.2.2.1 Foz de afluentes 310
9.2.2.2.2 Barras arenosas (praias) 311
9.2.2.2.3 Levantamento de dados primários (amostragens) 311
9.2.2.2.4 Espécies exóticas 314
9.2.2.2.5 Espécies migratórias 316
9.2.2.2.6 Espécies ameaçadas de extinção 317
9.2.2.2.7 Análise por tipo de ambiente 318
9.2.3 Conclusão 319
9.3 Meio Socioeconômico 320
9.3.1 Estrutura econômica e organização social 320
9.3.1.1 Processo de ocupação e formação territorial 320
9.3.1.2 Caracterização econômica 322
9.3.1.3 Taxa de Urbanização 325
9.3.1.4 Caracterização da organização social 325
9.3.2 Usos da água 326
9.3.2.1 Navegação 326
9.3.2.2 Recreação e lazer 328
9.3.2.3 Pesca 329
9.3.2.4 Abastecimento humano 331
9.3.3 Mineração de areia e demais atividades de mineração 334
9.3.3.1 Títulos minerários 336
9.3.3.2 Operação das dragas 342

9.3.4 Inventário de estruturas, balneários, obras civis e ocupação das margens ... 352
9.3.5 Áreas prioritárias para compensação ambiental ... 352
9.3.6 Conclusão ... 355
9.4 Áreas Legalmente Protegidas ... 356
10 ANÁLISE INTEGRADA ... 360
10.1 Metodologia ... 360
10.1.1 Análise de Hotspots ... 360
10.1.2 Análise Multicritério ... 362
10.2 Mapa Síntese ... 364
10.3 Áreas de Atenção para a Mineração ... 368
10.4 Áreas Impróprias para a Mineração ... 373
10.4.1 Pontos de Captação de Água Bruta para Abastecimento Público ... 378
10.4.2 Pontes, Estruturas e Balsas ... 379
10.4.3 Áreas de Lazer, Balneários e Praias ... 382
10.4.4 Comunidades com pescadores residentes ... 384
10.4.5 Unidades de Conservação ... 386
10.4.6 Ambientes Marginais ... 387
11 ZONEAMENTO AMBIENTAL DA MINERAÇÃO DE AREIA NOS CURSOS MÉDIO E BAIXO DO RIO JACUÍ ... 389
11.1 Classes de Sensibilidade ... 392
11.1.1 *Classe 1 – Sensibilidade Ambiental Muito Baixa* ... 393
11.1.2 *Classe 2 – Sensibilidade Ambiental Baixa* ... 394
11.1.3 *Classe 3 – Sensibilidade Ambiental Média* ... 394
11.1.4 *Classe 4 – Sensibilidade Ambiental Alta* ... 394
11.1.5 *Quantificação das superfícies do Mapa do Zoneamento* ... 395
12 DIRETRIZES AMBIENTAIS ... 405
12.1 Diretrizes Ambientais Gerais ... 405
12.2 Diretrizes Ambientais Específicas ... 408
12.2.1 *Classe 1 – Sensibilidade Ambiental Muito Baixa* ... 408
12.2.1.1 Erosão das Margens ... 408
12.2.1.2 Contaminação Sedimento ... 408
12.2.1.3 Biota Aquática ... 408
12.2.2 Classe 2 – Sensibilidade Ambiental Baixa ... 409
12.2.2.1 Erosão das Margens ... 409
12.2.2.2 Contaminação Sedimento ... 409
12.2.2.3 Biota Aquática ... 409
12.2.3 Classe 3 – Sensibilidade Ambiental Média ... 410
12.2.3.1 Erosão das Margens ... 410
12.2.3.2 Contaminação Sedimento ... 410
12.2.3.3 Biota Aquática ... 411
12.2.4 Classe 4 – Sensibilidade Ambiental Alta ... 412
12.2.4.1 Erosão das Margens ... 412
12.2.4.2 Contaminação Sedimento ... 412
12.2.4.3 Biota Aquática ... 412
12.2.4.4 Elaboração de EIA/RIMA ... 414
12.2.5 Áreas de Atenção ... 414

12.2.5.1 Erosão das Margens 414
12.2.5.2 Contaminação Sedimento 414
12.2.5.3 Modelagem Hidrodinâmica local 414
12.2.5.4 Biota Aquática 415
12.2.5.5 Elaboração de EIA/RIMA 416
12.3 Áreas Impróprias 417
12.4 Resumo Diretrizes Ambientais 418
13 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO ZONEAMENTO 421
14 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 428
15 ANEXOS 444
Anexo A – Legislação Ambiental
Anexo B – Dados Geoespaciais
Anexo C – Mapa do Zoneamento Ambiental
Anexo D – Coordenadas geográficas e elevações dos marcos geodésicos implantados
Anexo E – Estudo de Margens da Fundação Zoobotânica (FZB): Elaboração de diretrizes para recuperação da vegetação ciliar do Rio Jacuí
Anexo F – Anotação de Responsabilidade Técnica - ART

1 INTRODUÇÃO

A Profill Engenharia e Ambiente apresenta o **Relatório Final**, no âmbito do serviço de elaboração do Zoneamento Ambiental para a Atividade de Mineração de Areia nos Cursos Médio e Baixo do Rio Jacuí/RS.

Importante destacar que o Relatório Final tem como objetivo básico consolidar o conhecimento produzido ao longo do processo de elaboração do zoneamento ambiental e apresentado nos oito Relatórios Técnicos já aprovados. Diante deste cenário, surge a clara necessidade de que o presente Relatório Final se constitua em um resumo técnico focado nos dados, resultados e discussões identificados como mais relevantes ao zoneamento ambiental.

Todavia, isso não implica de forma alguma que informações eventualmente não trazidas à luz no presente relatório tenham sido desconsideradas e/ou negligenciadas, uma vez que tais informações permanecem disponíveis nos relatórios técnicos parciais que integram o serviço de elaboração do Zoneamento Ambiental para a Atividade de Mineração de Areia nos Cursos Médio e Baixo do Rio Jacuí/RS.

A seguir, é apresentado um breve relato do conteúdo abordado em cada capítulo deste relatório:

O Capítulo 2 apresenta a área-objeto dos estudos que irão compor o zoneamento ambiental da atividade de mineração de areia.

O Capítulo 3 apresenta a contextualização da atividade de Mineração, a legislação relacionada à atividade, bem como o cenário da extração de areia no Rio Jacuí.

No Capítulo 4 é apresentada a consolidação dos dados secundários pertinentes ao processo de zoneamento da atividade de mineração nos Cursos Médio e Baixo do Rio Jacuí. Esta consolidação engloba dados do Meio Físico, a partir da caracterização dos seguintes componentes: Clima; Rede hidrográfica; Qualidade das águas; Medição de vazão, sedimentos em suspensão e sedimentos em arraste; e Fisiologia da paisagem.

De forma semelhante, o Capítulo 5 aborda os dados secundários relativos ao Meio Biótico, através da caracterização dos seguintes itens: Ecossistema terrestre e de transição (fauna); Ecossistema aquático e de transição (macroinvertebrados bentônicos, zooplâncton e fitoplâncton); e Levantamento ictiológico.

Já no Capítulo 6 é apresentada a compilação de dados secundários do Meio Socioeconômico, através da caracterização dos seguintes itens: Estrutura econômica e organização social; Usos da água; Captação de água para consumo humano; Mineração de areia e demais atividades de mineração; Inventário de estruturas, balneários, obras civis e ocupação das margens; Áreas legalmente protegidas; e Áreas prioritárias para compensação ambiental.

O Capítulo 7 aborda a metodologia de coleta de dados primários referentes aos perfis batimétricos, altimetria das margens, sondagens para confirmação do substrato rochoso, descarga líquida e sólida, geoquímica de sedimentos, qualidade da água, fisiologia da

paisagem, Ecossistema aquático e de transição (macroinvertebrados bentônicos, zooplâncton e fitoplâncton), ictiofauna e fauna terrestre, além do levantamento socioeconômico.

O Capítulo 8 apresenta os principais objetivos do estudo da modelagem hidrológica, as condições hidrológicas, a caracterização fisiográfica da bacia, a regionalização das vazões utilizadas na modelagem, a caracterização granulométrica das seções de referência e as curvas-chave de sedimento das estações escolhidas para o estudo. Em seguida é apresentada uma breve descrição do modelo no HEC-RAS, condições de contorno, cenários adotados e os volumes de aporte de sedimentos adotados e resultantes da simulação, além dos resultados em forma gráfica com relação a variação do leito e dos padrões de velocidades para os dois cenários simulados, bem como as considerações finais do resultado da modelagem.

O Capítulo 9 apresenta o diagnóstico consolidado, ou seja, o diagnóstico ambiental obtido a partir da análise integrada dos dados secundários disponíveis na bibliografia e dos dados primários coletados no processo de elaboração do presente Zoneamento Ambiental para a Atividade de Mineração de Areia nos Cursos Médio e Baixo do Rio Jacuí. O diagnóstico consolidado abrangeu os Meios Físico, Biótico e Socioeconômico, a partir da caracterização dos seguintes componentes: Clima; Geomorfologia; Geologia; Avaliação da qualidade das águas; Caracterização da rede hidrográfica; Medição de vazão, sedimentos em suspensão e sedimentos em arraste; Avaliação geoquímica dos sedimentos de fundo; Ecossistema terrestre e de transição; Ecossistema aquático e de transição; Estrutura econômica e organização social; Usos da água; Pesca; Captação de água para consumo humano; Mineração de areia e demais atividades de mineração; Inventário de estruturas, balneários, obras civis e ocupação das margens; Áreas prioritárias para compensação ambiental; e Áreas legalmente protegidas

Já o Capítulo 10 apresenta a Análise Integrada do Zoneamento Ambiental, enquanto no Capítulo 11 é apresentada a Definição do Zoneamento Ambiental propriamente dito.

O Capítulo 12 apresenta as Diretrizes Ambientais e, por fim, o Capítulo 13 apresenta as Considerações Finais do Zoneamento.

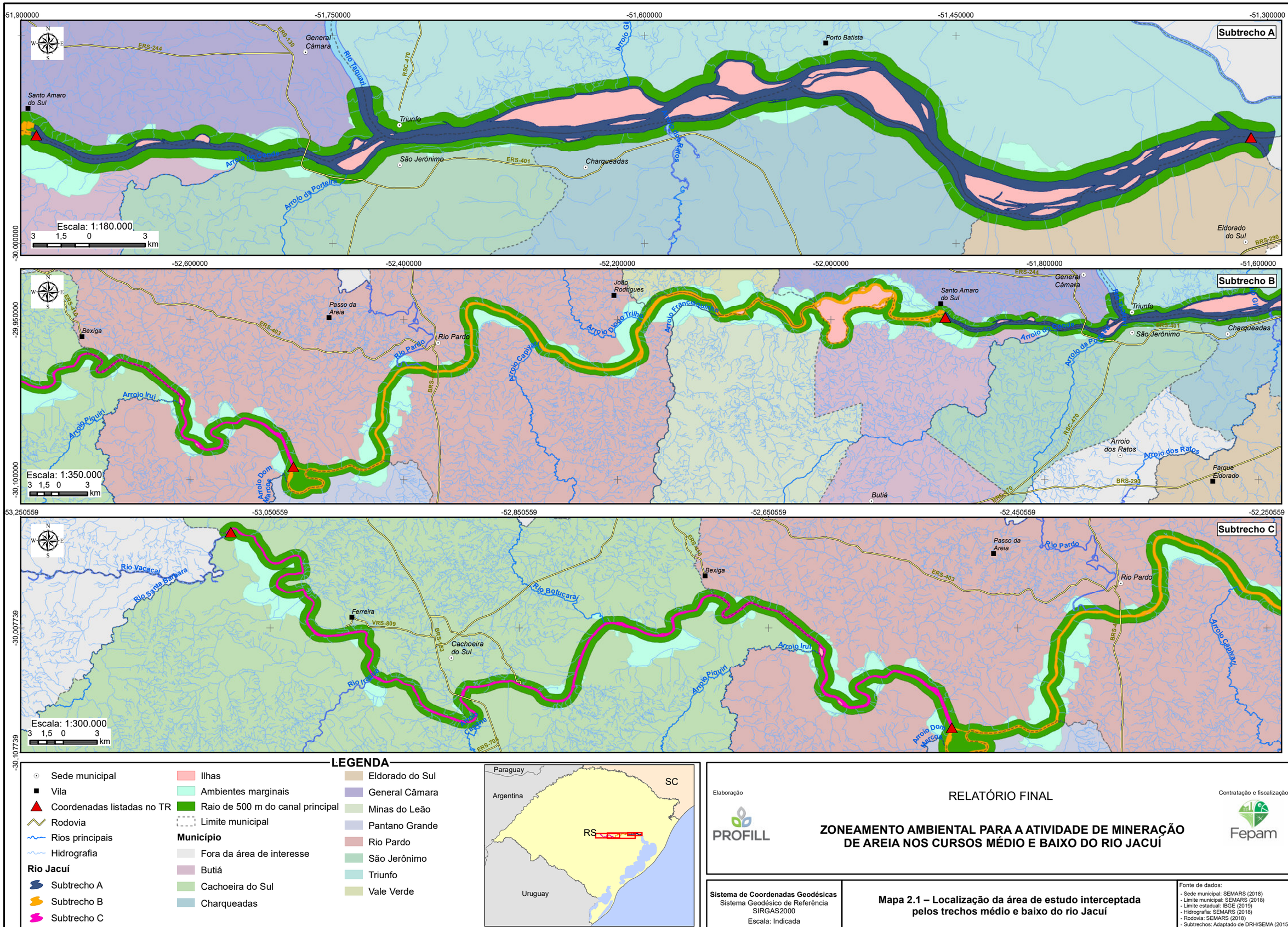
Cabe observar que, por se tratar do **Relatório Final**, os temas tratados no presente documento já foram apresentados em maior nível de detalhe nos relatórios técnicos elaborados anteriormente no âmbito do serviço de elaboração do Zoneamento Ambiental para a Atividade de Mineração de Areia nos Cursos Médio e Baixo do Rio Jacuí/RS.

2 ÁREA DE ESTUDO

O Zoneamento Ambiental da Atividade de Mineração de Areia foi realizado no espaço físico (área de estudo) ocupado pela calha atual e pelas margens do Rio Jacuí (Área de Preservação Permanente - APP), interceptando os municípios de Cachoeira do Sul, Rio Pardo, Pantano Grande, Minas do Leão, Vale Verde, Butiá, General Câmara, São Jerônimo, Triunfo, Charqueadas e Eldorado do Sul dentro dos limites listados a seguir:

- Longitudinal: entre a Barra do Rio Vacacaí (coordenadas geográficas lat. -29,930961 e long. -53,081593 e a foz do Rio Jacuí (coordenadas geográficas lat. -29,949127 e long. -51,307772); dividido em 3 (três) subtrechos:
    - Subtrecho A: da foz do Rio Jacuí (coordenadas geográficas lat. -29,949127º e long. -51,307772º) até a eclusa de Amarópolis (coordenadas geográficas lat. -29,9477948º e long. -51,8928938º);
    - Subtrecho B: da Eclusa de Amarópolis (coordenadas geográficas lat. 29,9477948º e long. -51,8928938º) até a eclusa do Anel de Dom Marco (coordenadas geográficas lat. -30,0931760º e long. -52,5038530º);
    - Subtrecho C: da eclusa do Anel de Dom Marco (coordenadas geográficas lat. -30,0931760º e long. -52,5038530º) até a barra do Rio Vacacaí (coordenadas geográficas lat. -29,930961º e long. -53,081593º).
- Transversal: Faixa de 500 m para cada lado do canal principal do Rio Jacuí, bem como os ambientes marginais (lagoas, canais abandonados, áreas úmidas e mosaicos de florestas. Nessa área de estudo estão incluídas as APPs do canal principal, de acordo com a Lei nº 12.651/2012 (BRASIL, 2012a) (Novo Código Florestal Brasileiro), e de canais secundários (p. ex. trecho a montante da Eclusa de Amarópolis).

O Mapa 2.1 a seguir mostra a localização do Rio Jacuí e seus principais afluentes entre a Barra do Vacacaí e a foz, identificando os subtrechos, bem como os municípios interceptados, as ilhas, as lagoas marginais e a APP.



Elaboração

PROFILL

RELATÓRIO FINAL

ZONEAMENTO AMBIENTAL PARA A ATIVIDADE DE MINERAÇÃO DE AREIA NOS CURSOS MÉDIO E BAIXO DO RIO JACUÍ

Contratação e fiscalização

Fepam

Sistema de Coordenadas Geodésicas
Sistema Geodésico de Referência SIRGAS2000
Escala: Indicada

Mapa 2.1 – Localização da área de estudo interceptada pelos trechos médio e baixo do rio Jacuí

Fonte de dados:
- Sede municipal: SEMARS (2018)
- Limite municipal: SEMARS (2018)
- Limite estadual: IBGE (2019)
- Hidrografia: SEMARS (2018)
- Rodovia: SEMARS (2018)
- Subtrechos: Adaptado de DRH/SEMA (2015)

3 CONTEXTUALIZAÇÃO DA MINERAÇÃO

A atividade de mineração é regrada em todas as suas etapas, desde a pesquisa da jazida até o beneficiamento do minério, por um conjunto de leis específicas e interdependentes, tanto de natureza minerária, quanto de ordem ambiental. Isso ocorre em virtude de características inerentes à atividade de mineração:

- Os bens minerais jacentes no subsolo do país são de propriedade da União;
- Os minérios representam um recurso natural não renovável;
- A mineração é uma atividade modificadora do meio ambiente e potencialmente causadora de impactos;
- A mineração é condicionada pela rigidez locacional de ocorrência da jazida.

Já a Constituição Federal, em seu artigo nº 176, garante à União a propriedade dos bens adjacentes no subsolo:

> *Art. 176 - As jazidas, em lavra ou não, e demais recursos minerais e os potenciais de energia hidráulica constituem propriedade distinta da do solo, para efeito de exploração ou aproveitamento, e pertencem à União, garantida ao concessionário a propriedade do produto da lavra.*

O Decreto-Lei n° 227, de 28 de fevereiro de 1967 (Código de Mineração) e a legislação correlata detalham os procedimentos e regulamentam as informações e documentos necessários à habilitação, assim como as etapas que devem ser cumpridas, e seus prazos, bem como os instrumentos de gestão do patrimônio mineral brasileiro, competência delegada à Agência Nacional de Mineração - ANM, órgão criado para substituir o Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM[1].

Os minérios definidos no artigo 1° da Lei nº 6.567, de 24 de setembro de 1978, e no artigo 1° da Portaria do Ministro de Minas e Energia n° 23, de 03 de fevereiro de 2000, são constituídos por:

> *I - areias, cascalhos e saibros para utilização imediata na construção civil, no preparo de agregados e argamassas, desde que não sejam submetidos a processo industrial de beneficiamento, nem se destinem como matéria-prima à indústria de transformação;*
>
> *II - rochas e outras substâncias minerais, quando aparelhadas para paralelepípedos, guias, sarjetas, moirões e afins;*
>
> *III - argilas usadas no fabrico de cerâmica vermelha;*
>
> *IV - material síltico-argiloso, cascalho e saibro empregados como material de empréstimo;*
>
> *V -rochas, quando britadas para uso imediato na construção civil.*

Sobre esses minérios, a legislação estabelece para as empresas mineradoras dois regimes de aproveitamento:

[1] A ANM foi criada por meio da Medida Provisória n° 791, de 25 de julho de 2017, e tem como missão substituir o então Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM).

Licenciamento (Registro de Licença) – modalidade aplicada somente a minério de uso imediato na construção civil, disposta na Lei Federal nº 6.567, de 24 de setembro de 1978 e regulamentada pela Portaria DNPM n° 266, de 10 de julho de 2008. Trata do registro, no DNPM, de licença expedida pela prefeitura local, caracterizado por facultar o direito de aproveitamento mineral exclusivamente ao proprietário ou a quem ele autorizar, dispensando os trabalhos prévios de pesquisa mineral que permitem estimar as reservas minerais e sua qualificação. Tal licença é expedida com prazo definido, podendo ser renovada sucessivamente a critério da autoridade municipal, obedecidos os regulamentos hábeis.

O processo de licenciamento é mais rápido e menos oneroso para o minerador, o proprietário do terreno tem a prerrogativa de decidir pela sorte do empreendimento. O requerimento da área é limitado a um máximo de 50 hectares. É o tipo de registro mais comumente encontrado junto às empresas mineradoras de areia no Rio Jacuí.

Autorização e Concessão de Lavra – neste regime, prevalece o direito de prioridade garantido pela protocolização do requerimento da área pretendida no DNPM, independente da autorização do proprietário do terreno. Um alvará de pesquisa é outorgado pelo DNPM, autorizando a execução dos trabalhos previstos no plano de pesquisa proposto e aprovado visando à comprovação de uma jazida economicamente lavrável. Caso o requerente não seja o proprietário da área ou não apresente acordo com o mesmo, o processo será enviado pelo DNPM ao juiz de direito da comarca com jurisdição na área, para resolução da pendência e avaliação da indenização por eventuais prejuízos ao proprietário. No caso do Rio Jacuí, como a área é de direito da União, não é necessária autorização do proprietário da área.

Nesta primeira etapa que tem a duração máxima de três anos, prorrogáveis por mais um ano, o titular do alvará de pesquisa poderá, a critério do DNPM, ser autorizado a extrair pequenas quantidades da substância mineral em pesquisa, mediante a outorga de um instrumento conhecido como guia de utilização. Os Regimes de Autorização e de Concessão podem ser utilizados para todas as substâncias minerais, com exceção daquelas protegidas por monopólio (petróleo, gás natural e substâncias minerais radioativas). De acordo com o Artigo 1º da Portaria DNPM nº 392/2004 a área máxima para requerimento de pesquisa de substâncias para emprego imediato na construção civil são 50 hectares.

Concluída a pesquisa e comprovada a existência da jazida, o titular poderá, então, requerer ou negociar com terceiros o seu direito à concessão de lavra, objetivando o aproveitamento industrial do minério. Nesta segunda etapa, o DNPM exige que o requerimento seja acompanhado de diversos documentos, entre os quais, o Plano de Aproveitamento Econômico da jazida, contendo um conjunto de operações coordenadas para a lavra e o beneficiamento do minério que, aprovado, habilita a outorga da Portaria de Lavra; a partir deste momento, obriga-se o minerador a iniciar os trabalhos dentro dos parâmetros propostos e a apresentar, anualmente, o Relatório Anual de Lavra ao DNPM.

Há que se considerar ainda que a legislação estabelece, também, o Registro de Extração, que é um regime de aproveitamento dos recursos minerais restrito a substâncias de emprego imediato na construção civil, por órgãos da administração direta ou autárquica da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios, para uso exclusivo em obras

públicas por eles executadas diretamente, numa área máxima de 5 hectares com prazo determinado de extração e a juízo do DNPM, considerando as necessidades da obra devidamente especificada a ser executada e a extensão da área objetivada no requerimento, admitida uma única prorrogação e vedada a comercialização. A opção por qualquer um dos regimes de aproveitamento é facultado ao minerador.

O novo Código de Mineração (Projeto de Lei 5807/2013), que se encontra em análise na Câmara dos Deputados, promete proporcionar maior planejamento do setor mineral, permitindo ao Estado garantir o uso racional dos recursos minerais para o desenvolvimento sustentável do país. Duas mudanças merecem destaque neste projeto, são elas:

- Criação do Conselho Nacional de Política Mineral - CNPM - órgão de assessoramento da Presidência da República na formulação de políticas para o setor mineral;
- Criação da Agência Nacional de Mineração - ANM - órgão responsável pela regulação, gestão das informações e fiscalização do setor mineral, tratando-se de uma autarquia especial dotada de autonomia administrativa e financeira, vinculada ao Ministério de Minas e Energia. Esta agência substituirá as funções exercidas pelo DNPM.

Com relação ao aproveitamento dos recursos minerais, o novo Código estabelece a celebração de contrato de concessão, precedido de licitação ou de chamada pública, ou o regime de autorização. Os direitos minerários somente poderão ser concedidos ou autorizados a sociedades constituídas segundo as leis brasileiras, organizadas na forma empresarial ou em cooperativas, com sede e administração no País.

Ato do Poder Executivo Federal definirá, a partir de proposição do CNPM, as áreas onde a concessão será precedida de licitação. O prazo de vigência do contrato de concessão será de até 40 anos, prorrogáveis por períodos sucessivos de até 20 anos. O contrato de concessão disporá sobre as fases de pesquisa e de lavra e conterá cláusulas como o prazo máximo de duração da fase de pesquisa e o programa exploratório mínimo, critérios de habilitação técnicos e econômico-financeiros, exigência de conteúdo local, entre outras.

A lavra dos minérios para emprego imediato na construção civil, das argilas destinadas à fabricação de tijolos, telhas e afins, das rochas ornamentais, da água mineral e dos minérios empregados como corretivos de solo na agricultura será objeto de autorização, na forma de regulamento. O poder concedente poderá autorizar, mediante requerimento do interessado, o aproveitamento desses bens minerais por meio de celebração de termo de adesão, o qual conterá as regras aplicáveis ao aproveitamento mineral, os direitos e obrigações do seu titular e o prazo, que será de 10 anos renovável por igual período.

Em relação à Compensação Financeira pela Exploração - CFEM - O art. 36 estabelece que a alíquota da CFEM poderá ser de até 4 % e incidirá sobre a receita bruta da venda, deduzidos os tributos efetivamente pagos incidentes sobre a comercialização do bem mineral. Com relação ao critério de distribuição do montante recolhido a título de CFEM a regra permanece a mesma, ou seja: 12 % para a União; 23 % para o Distrito Federal e os Estados, no caso de a produção ocorrer nos seus territórios e 65 % para o Distrito Federal e Municípios, no caso de a produção ocorrer em seus territórios.

3.1 Aspectos Legais e Institucionais

A Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), Lei n° 6.938 de 1981, institui o Zoneamento Ambiental, a fim de que este, articulado aos outros instrumentos por ela propostos, contribua à preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental, bem como no desenvolvimento socioeconômico, na segurança nacional e na proteção à dignidade da vida humana.

O zoneamento ambiental voltado a atividades produtivas é um dos instrumentos enunciados na política estadual de meio ambiente (Lei Estadual n° 11.520, de 03 de agosto de 2000). O planejamento ambiental tem como objetivo, dentre outros, articular os aspectos ambientais dos vários planos, programas e ações previstas na Constituição do Estado, em especial, neste caso, relacionados com o uso dos recursos minerais.

O Zoneamento Ambiental configura um instrumento de ordenamento territorial, que deve incorporar a variável ambiental no âmbito do ordenamento territorial, de modo que as atividades humanas a serem desenvolvidas em um determinado espaço sejam viáveis, considerando aspectos ambientais e não somente o ponto de vista econômico ou social, tendo como meta a proteção dos ecossistemas e o uso racional dos recursos ambientais.

Para incorporar as diretrizes ambientais ao arcabouço constituído pelas normas legais relacionadas à questão da mineração é necessário entender que a mineração, por ser atividade de extração e beneficiamento de recursos minerais, configura-se como potencialmente causadora de impacto ambiental e está submetida às regras decorrentes do artigo 225, da Constituição Federal. A atividade minerária é sujeita ao regime do licenciamento ambiental, de acordo com o artigo 10, da Lei n.º 6.938/81 (Política Nacional do Meio Ambiente) e artigo 2º, IX, da Resolução do CONAMA n.º 001/86.

No âmbito da mineração de areia em recurso hídrico no Rio Grande do Sul e, considerando que empreendimentos e atividades utilizadores de recursos ambientais, efetiva ou potencialmente poluidores ou capazes, sob qualquer forma, de causar degradação ambiental, passíveis de licenciamento ambiental no estado, sobretudo em ambientes hídricos fluviais, diversas portarias, resoluções e diretrizes foram criadas e/ou atualizadas ao longo dos últimos anos, com a finalidade de estabelecer diretrizes técnicas para esta atividade, no intuito das operações ocorrerem de forma mais sustentável.

Ainda, a NORMAM-25/DHN que estabelece as normas e procedimentos para autorização e controle dos Levantamentos Hidrográficos (LH) realizados, em Águas Jurisdicionais Brasileiras (AJB) como as do Rio Jacuí ao longo da área de estudo. Esta norma foi atendida por este Zoneamento com a emissão da Autorização Nº 413/18 – Categoria “B”, emitida pela Marinha do Brasil, permitindo que a empresa Subcontratada executasse os levantamentos hidrográficos.

3.1.1 Legislação Ambiental: Papel da FEPAM

O licenciamento ambiental é o procedimento administrativo pelo qual o órgão ambiental competente licencia a localização, instalação, ampliação e a operação de empreendimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais, consideradas efetiva ou

potencialmente poluidoras ou daquelas que, sob qualquer forma, possam causar degradação ambiental, considerando as disposições legais e as normas técnicas aplicáveis ao caso.

A atividade de extração e beneficiamento de recursos minerais, configura-se como potencialmente causadora de significativo impacto ambiental e está submetida às regras decorrentes do artigo 225, da Constituição Federal. Assim, por disposição do artigo 10, da Lei nº 6.938/81 (Política Nacional do Meio Ambiente) e artigo 2º, IX, da Resolução do CONAMA nº 001/86, a atividade minerária também se sujeita ao regime do licenciamento ambiental.

A Resolução do CONAMA nº 01/86, determina o Estudo de Impacto Ambiental e o Relatório de Impacto ambiental - EIA/RIMA como os instrumentos de licenciamento ambiental da atividade de mineração. São três as Licenças Ambientais indispensáveis à obtenção de direito mineral para exploração de substâncias minerais: Licença Prévia - LP, Licença de Instalação - LI e Licença de Operação - LO e, em alguns casos, a LPI - Licença Prévia e Instalação Unificadas.

Com o advento da Resolução do CONAMA nº 10, de 06 de dezembro de 1990, é trazida a possibilidade de o órgão ambiental dispensar o EIA/RIMA no caso do licenciamento ambiental da extração de minérios aproveitados pelo Registro de Licença, como é o caso dos minérios de emprego imediato na construção civil. Neste caso, a atividade passa a ser licenciada de forma mais simplificada, através da apresentação do Relatório de Controle Ambiental - RCA, na fase de Licença Prévia, e do Plano de Controle Ambiental - PCA nas fases de Licença de Instalação e Operação.

A competência dos entes da Federação em promover o licenciamento ambiental é regrada pela Lei Complementar n° 140, de 08 de dezembro de 2011. Nesta norma verifica-se que, a rigor, o aproveitamento dos minérios de emprego imediato na construção civil fica sob a égide do licenciamento ambiental promovido pelos estados e municípios. A exceção ocorre nos casos em que esse aproveitamento é localizado ou desenvolvido conjuntamente no Brasil e em país limítrofe; em unidades de conservação instituídas pela União, exceto em Áreas de Proteção Ambiental - APA's; em terras indígenas; ou em dois ou mais estados; cabendo nestes casos o licenciamento do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA.

No Rio Grande do Sul, o licenciamento ambiental da mineração compete à Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler - FEPAM, com exceção dos empreendimentos de mineração considerados como causadores de impacto local, cuja competência é dos municípios, nos termos da Resolução do CONSEMA n° 372/2018 e convênios de delegação de competência. No entanto, a atividade de extração de areia em recurso hídrico, como é o caso do Rio Jacuí, é regrado, autorizado e fiscalizado exclusivamente pela FEPAM.

Quando o licenciamento é promovido pelo Estado, as normas ambientais do Rio Grande do Sul apresentam algumas peculiaridades no que diz respeito ao licenciamento da mineração. Como por exemplo, cita-se a possibilidade de dispensa do EIA/RIMA também para os minérios aproveitados sob os regimes minerários de Autorização e Concessão, com exceção de minerais metálicos e carvão, e a figura da Licença Prévia e Instalação Unificadas

- LPI, introduzida para licenciamento ordinário, ou seja, promovido via apresentação de RCA/PCA. As respectivas normas de referência são a Portaria FEPAM n°62/2011 e a Resolução FEPAM n° 002/2012.

No âmbito da mineração de areia em recurso hídrico no Rio Grande do Sul, diversas portarias, resoluções e diretrizes foram criadas e/ou atualizadas ao longo dos últimos anos, com a finalidade de estabelecer diretrizes técnicas para esta atividade, no intuito das operações ocorrerem de forma mais sustentável (Quadro 3.1).

Quadro 3.1 – Bases legais da mineração de areia em ambiente hídrico no Rio Grande do Sul.

Base Legal	Diretrizes/Definições
Resolução CONAMA n°237/1997	Considerando a necessidade de revisão dos procedimentos e critérios utilizados no licenciamento ambiental, de forma a efetivar a utilização do sistema de licenciamento como instrumento de gestão ambiental, instituído pela Política Nacional do Meio Ambiente e a necessidade de revisão no sistema de licenciamento ambiental ficam definidas as diretrizes de: Licenciamento Ambiental; Licença Ambiental e Estudos Ambientais.
Lei Estadual n°11520/2000	Institui o Código Estadual do Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul e dá outras providências. Art. 122 e 210.
Normativa FEPAM n°04/2013	Estabelece as características mínimas do sistema de rastreamento, localização de embarcações, draga de extração mineral, conforme artigos 6º e 7º da RESOLUÇÃO CONSEMA nº 116/06 e homologação de empresas de rastreamento e monitoramento, revoga a Portaria FEPAM n° 065/2007, e dá outras providências.
Portaria FEPAM n°93/2015	Estabelece as definições e os critérios técnicos para os procedimentos de licenciamento ambiental referente às atividades de lavra de areia e/ou cascalho no Rio Grande do Sul.
Resolução CONSEMA n°347/2017	Dispõe sobre a criação e definição das poligonais abrangidas pelas áreas de atividades de extração mineral nos processos de licenciamento ambiental, no âmbito do Rio Grande do Sul, bem como dá outras providências.
Portaria FEPAM n°09/2018	Atualiza as definições e os critérios técnicos ambientais para os procedimentos de licenciamento ambiental referente às atividades de lavra de areia e/ou cascalho no Rio Grande do Sul.
Portaria Conjunta SEMA/FEPAM nº009/2018	Define os critérios transitórios de licenciamento ambiental das DRAGAS que realizam a extração de areia em leito submerso de recursos hídricos fluviais.
Resolução CONSEMA nº372/2018	Dispõe sobre os empreendimentos e atividades utilizadores de recursos ambientais, efetiva ou potencialmente poluidores ou capazes, sob qualquer forma, de causar degradação ambiental, passíveis de licenciamento ambiental no Rio Grande do Sul, destacando os de impacto de âmbito local para o exercício da competência municipal no licenciamento ambiental.
Portaria FEPAM nº 27 de 30/03/2020	Estabelece critérios técnicos para o licenciamento ambiental das atividades inerentes à lavra de areia e cascalho, dentro e fora de recursos hídricos fluviais, em conformidade com as peculiaridades dos empreendimentos
Portaria FEPAM nº 21 de 27/03/2019	Enfoca o licenciamento da atividade de extração de areia. O Art. 2º desta Portaria estabelece que o licenciamento ambiental das atividades de extração mineral, incluindo a lavra de areia e ou cascalho - em recurso hídrico e com recuperação de área degradada, poderá ser realizado através do rito ordinário, com dispensa de Estudo de Impacto Ambiental e respectivo Relatório de Impacto Ambiental - EIA/RIMA

O Zoneamento constitui uma ferramenta valiosa de planejamento, pois alia o desenvolvimento econômico à sustentabilidade do sistema ambiental em análise. Ele permite que o poder público tome decisões mais assertivas no que diz respeito ao planejamento social, econômico e ambiental.

Por fim, cabe salientar que este capítulo destaca apenas algumas das normas minerárias e ambientais que denotam interdependência explícita para a obtenção de direito mineral com vistas à exploração de substâncias minerais. Diversas outras normas legais igualmente importantes nas esferas Federal, Estadual e Municipal, devem ser observadas para o desenvolvimento legalizado e sustentável da atividade minerária, quando aplicáveis. Desta forma, a listagem da legislação ambiental aplicável à mineração está apresentada no Anexo A.

3.2 Cenário da extração de areia no Rio Jacuí

A extração de areia no leito do Rio Jacuí tem sido a principal responsável pelo atendimento à demanda deste bem mineral para a construção civil do Rio Grande do Sul (ZANCAN FILHO e PEREZ DE QUADROS, 2017). Neste ambiente, diversas empresas de mineração possuem atividades licenciadas que operam para extração e comercialização de areia, atendendo assim, o mercado consumidor.

Com base nos dados históricos da FEPAM, foi possível observar a existência de registros de licenciamento para extração de areia no Rio Jacuí a partir de 1995 (DIPLAN/DQA/FEPAM, 16/07/2018).

A seguir, apresenta-se um histórico de licenças ambientais emitidas desde 1995 até 2015 para a atividade de extração de areia no leito do Rio Jacuí, considerando-se apenas as licenças ambientais vencidas. Conforme os dados existentes analisados, naquele período, foram emitidas 352 licenças ambientais (Figura 3.1).

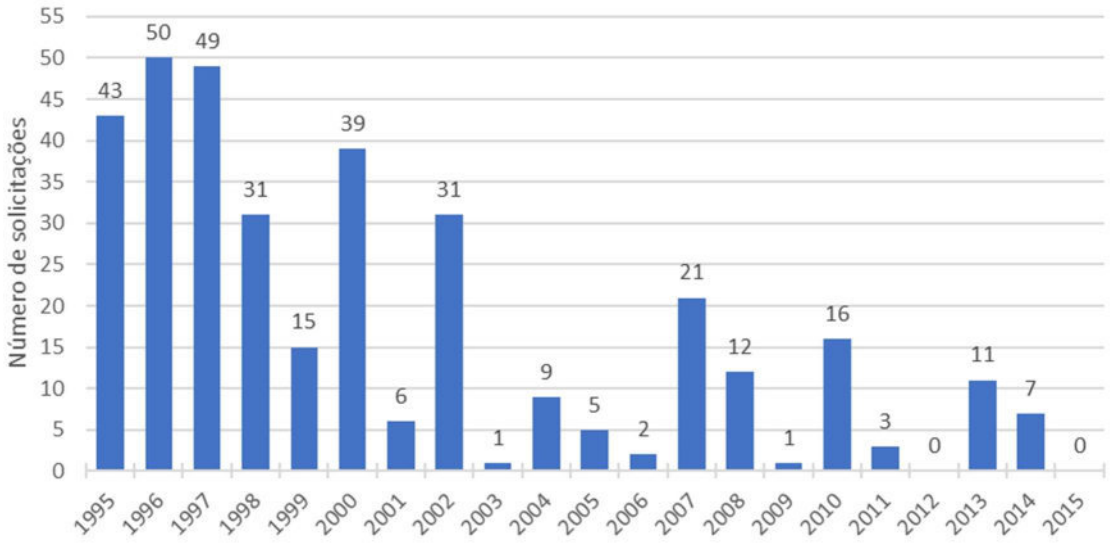


Figura 3.1 – Número de solicitações de Licenciamento Ambiental para Extração de Areia (licenças vencidas) no período de 1995 a 2015.

Com base na análise destas licenças foi possível fazer a relação do número de solicitações no período. Desta forma, constatou-se que em meados dos anos 90, empresas mineradoras começaram a requerer títulos e licenças minerais. Na década seguinte, houve uma diminuição do número de solicitações de licenciamento ambiental para extração de areia, possivelmente vinculada ao fato de que parte destas licenças representavam renovações de processos já existentes. Nesta mesma linha, nos Anos 2010 foram solicitadas poucas licenças, sendo que, a partir de 2014 nenhuma licença ambiental ficou vencida, ou seja, foi revogada por títulos ambientais mais recentes sob outro número licenciatório.

Já os dados relacionados às licenças ambientais vigentes, na categoria “em vigor” ou “prorrogada”, como fundamentado na base FEPAM (DIPLAM/DQA/FEPAM, 16/07/2018) mostraram que ao longo dos cursos médio e baixo do Rio Jacuí, existiam 54 processos ambientais ativos em 2018. Destes, 34 referem-se a processos em vigor, com licenças emitidas entre os anos de 2015 e 2018 e 20 prorrogados com licenças emitidas entre os anos de 2007 e 2014.

4 CONSOLIDAÇÃO DOS DADOS SECUNDÁRIOS DO MEIO FÍSICO

A consolidação dos dados secundários do Meio Físico abrangeu aspectos relacionados ao clima, qualidade da água, geologia, topobatimetria, hidrogeologia, geomorfologia, pedologia, hidrografia, hidrossedimentometria e ocorrência de erosão nas margens.

4.1 Estudos Climatológicos

Os estudos referentes às condições climatológicas apresentados a seguir têm por objetivo caracterizar a situação nos cursos médio e baixo do Rio Jacuí em relação às condições meteorológicas atuantes, com especial atenção aos dados de precipitação, pois esta influencia a dinâmica do rio e consequentemente os processos de transporte e deposição de volumes de sedimentos, associados à sazonalidade.

As fontes consultadas foram neste levantamento foram:

- Atlas Climático do Rio Grande do Sul (Matzenauer *et al*, 2011);
- Atlas Eólico do Rio Grande do Sul (Rio Grande do Sul, 2014);
- Plano da Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí (DRH/SEMA, 2015a); e
- Atlas Brasileiro de Desastres Naturais entre 1991 e 2012 (UFSC/CEPED, 2013).

Os principais resultados obtidos a partir das fontes supracitadas, complementadas por dados obtidos por estações climatológicas, estão consolidados a seguir neste relatório, no item 9.1.1 Clima.

4.2 Estudos Geológicos

4.2.1 Arcabouço Geológico Regional

Os dados referentes à caracterização da geologia regional na área do estudo são provenientes do Serviço Geológico do Brasil (CPRM).

Os cursos médio e baixo do Rio Jacuí estão localizados na borda sul da Bacia Sedimentar do Paraná, de caráter sedimentar magmática, com idades do Neo-ordoviciano até o final do Mesozóico. Trata-se de uma bacia intracratônica, encontrando-se inteiramente contida na placa tectônica sul-americana e não apresenta relacionamento direto com as margens desta placa (Milani, 1997). No Rio Grande do Sul, a deposição da Bacia do Paraná começou no Permo-Carbonífero e cessou no período Cretáceo.

O arcabouço geológico dos cursos médio e baixo do Rio Jacuí é composto, da base para o topo da coluna estratigráfica, pelas rochas ígneas e metamórficas do embasamento cristalino, seguidas pelo pacote sedimentar gondwânico correspondente a sequência sedimentar formada pela Formação Itararé, com afloramentos de todas as unidades subsequentes Permianas, Juro-Cretáceas, culminando com o capeamento em parte, por sequências vulcânicas da Formação Serra Geral, do Grupo São Bento, além de sedimentos da Formação Tupanciretã e depósitos aluvionares quaternários distribuídos ao longo de drenagens.

Regionalmente, os cursos médio e baixo do Rio Jacuí estão inseridos em regiões compostas por diversas Unidades Litológicas e nos permite constatar a expressiva heterogeneidade geológica da bacia. Sobretudo, localizadamente, ao longo do álveo do Rio Jacuí, os sedimentos ocorrentes são pertencentes, apenas, aos Depósitos Aluvionares (Unidade Q2a - Sedimentos tércio-quaternários inconsolidados, arenosos e fluviais), formados por sedimentos inconsolidados basicamente arenosos. Esses depósitos quaternários referem-se a sedimentos aluvionares do tipo fluvial meandrante e anastomosado, que ocorrem ao longo do Rio Jacuí, assim como depósitos coluvionares associados aos tálus e meia-encostas, bem como sequências pelíticas lagunares. Esses sedimentos apresentam frações granulométricas cascalhosas, arenosas e argilosas, semi-consolidados e inconsolidados e encontram-se associados à calha fluvial.

Sob um aspecto regional, a Unidade Q2a (sedimentos tércio-quaternários inconsolidados, arenosos e fluviais) está representada nos três subtrechos do Rio Jacuí (CPRM, 2016). As fontes consultadas determinam estes sedimentos como arenosos inconsolidados, do tipo residual de canal ou de barra em pontal e apresentam uma distribuição granulométrica variável ao longo de seu perfil transversal com granodecrescência na direção da margem, principalmente nos trechos de maior inflexão do canal.

Qualitativamente, os dados demonstram que os materiais transportados sedimentam no seu curso de planície, em gradiente muito suave (MENEGAT e CARRARO, 2009), com uma diferença de cotas verticais de mais ou menos 20 metros entre Cachoeira do Sul e Charqueadas. Segundo Machado (2011) é difícil identificar com precisão as origens ou áreas-fonte que suprem a mineração realizada ao longo dos últimos 30 anos, baseado no estudo da origem dos minerais constituintes dos sedimentos arenosos. Baseado nestes dados e na base geológica regional da área de estudo, é apresentado um Mapa de Geologia Regional para os três subtrechos do Rio Jacuí, conforme apresentado no Mapa 9.3.

4.2.2 Geologia Local

A geologia no fundo do canal do Rio Jacuí, sob aspectos gerais, é composta basicamente por sedimentos arenosos inconsolidados do tipo residual, provenientes das diversas litologias cortadas pelas drenagens contribuintes do Rio Jacuí em todos seus subtrechos. Algumas análises mineralógicas de amostras coletadas na área em trabalhos de pesquisa indicaram a clara predominância de grãos de quartzo (98 %), e secundariamente de feldspatos (2 %). O grau de arredondamento (sub-angular a sub-arrendodado) e a baixa esfericidade do material arenoso podem indicar que a rocha fonte encontra-se relativamente próxima da área de deposição (jazida) (Hartmann*, et al*., 2010).

Ainda, conforme estudo de Hartmann (2010), a bacia do Rio Jacuí tem forma irregular, situa-se no centro do Rio Grande do Sul e abrange as províncias geomorfológicas do Planalto Meridional, Depressão Central, Escudo Uruguaio Sul-rio-grandense e Planície Costeira (interna). As nascentes estão nos municípios de São Gabriel (Oeste); Passo Fundo e Palmeira das Missões (Norte) no planalto Sul-rio-grandense.

O termo areia também pode receber uma conotação granulométrica, sendo neste caso definido que a areia é um material natural, de propriedades adequadas, de dimensão nominal máxima inferior a 2,0 mm e de dimensão nominal mínima igual ou superior a 0,075 mm (NBR nº 7225/1993). Utilizam-se subdivisões granulométricas para classificar a areia conforme a utilidade em areia grossa (2,000 mm / 1,200 mm), média (1,200 mm / 0,420 mm) e fina (0,420 mm / 0,075 mm).

Dependendo da granulometria e grau de pureza, as areias têm empregos específicos. Aquelas de baixo teor de ferro são usadas na fabricação de vidros e na indústria cerâmica e refratária. As areias com alta concentração de sílica são utilizadas na siderurgia, para confecção de ligas ferro-silício. As areias mais grosseiras e com maior impureza são utilizadas na construção civil e as mais finas como abrasivos. Na construção civil a areia pode ser usada em concreto, argamassa de assentamento e revestimento, pavimentação asfáltica, em filtros, lastro e permeabilização de vias e pátios.

Complementarmente, foram analisados ainda 40 processos de licenciamento para mineração ativos no Rio Jacuí com dados de averiguação da geologia local consolidados, através de investigações diretas, indiretas e outras formas de reconhecimento. Os dados consultados apresentam diversas formas de investigação geológica, como: boletins de sondagem diretas, seções com indicação de *bedrock*, perfis e plantas batimétricas, mapas de *bedrock*, entre outros.

Sob caráter estratigráfico, os dados demonstraram que regionalmente ocorrem outras rochas sedimentares sotopostas, as quais representam fontes de sedimentos para as deposições ao longo dos cursos médio e baixo do Rio Jacuí. Esses sedimentos são transportados até a bacia sedimentar (Rio Jacuí) e, então, começam a ser depositados, formando as camadas de areia.

No Subtrecho A, como forma de *bedrock*, ocorrem rochas da Formação Rio do Rastro, representadas por pelitos e arenitos com dominância de camadas tabulares ou lenticulares muito estendidas, e por rochas dos Depósitos de Planície Lagunar, representados por areias síltico-argilosas, mal selecionadas, com laminação plano-paralela incipiente.

No subtrecho B, ocorrem rochas da Formação Sanga do Cabral, representadas por uma estruturação estratigráfica marcada por uma sucessão de diferentes modelos deposicionais ao longo do tempo. A base da sequência é caracterizada por conglomerados e arenitos conglomeráticos mal selecionados, com estratificação cruzada acanalada e planar, depositados por um sistema fluvial entrelaçado. Estes arenitos são recobertos abruptamente por uma sucessão de pelitos e siltitos avermelhados, finamente laminados, bem selecionados, depositados em um sistema lacustre raso. Em direção ao topo da sequência, sendo o *bedrock* do leito do rio nestes subtrechos, retornam os arenitos fluviais com estratificação cruzada acanalada associados a arenitos finos com laminação plano-paralela (SCHERER *et al.*, 2000). O subtrecho C é representado, também, por rochas da Formação Sanga do Cabral (CPRM, 2013).

Conforme material analisado, baseado em 40 estudos de licenciamento ambiental para a atividade de mineração e extração de areia, foi possível espacializar de maneira

quantitativa os dados obtidos, os quais demonstram uma melhor densidade de dados nos subtrechos A e B e menor quantidade no subtrecho C. Baseado nestes dados, além da base geológica da área de estudo, no Capítulo 9. Diagnóstico Consolidado é apresentado o Mapa de Geologia Local para os três subtrechos do Rio Jacuí (Mapa 9.3).

4.2.3 Topobatimetria

O processo de consulta e consolidação dos dados secundários de batimetria considerou a análise de 25 processos de licenciamento ambiental contendo seções e levantamentos batimétricos consolidados. Qualificando as atividades com dados por densidade em cada subtrecho do Rio Jacuí, verificaram-se doze ocorrências no Subtrecho A, onze ocorrências no Subtrecho B e duas ocorrências no subtrecho C. Os dados apontados no Quadro 4.1 refletem as cotas batimétricas máximas e médias das seções transversais consultadas de cada um dos subtrechos do Rio Jacuí.

Quadro 4.1 – Cotas batimétricas médias e máximas nos subtrechos do Rio Jacuí.

Dado batimétrico	Subtrechos		
	A	B	C
Batimetria da seção transversal - Cota máxima (leito) (em metros)	12,3	12,0	11,5
Batimetria da seção transversal - Cota média (em metros)	6,1	6,0	5,0

O Subtrecho A apresentou uma topografia de fundo com cota máxima do leito de 12,3 metros. Os dados demonstram que o leito do Rio Jacuí possui certa uniformidade de cota de fundo, pois nos três subtrechos as cotas máximas variaram em torno dos 12 metros. Já as porções de sedimentos inconsolidados, variaram ao longo de cada processo e área, podendo estar relacionados à dinâmica de operação e intensidade de extração, bem como do tempo que cada área se encontra em fase de operação, ou seja, com extração de areia contínua.

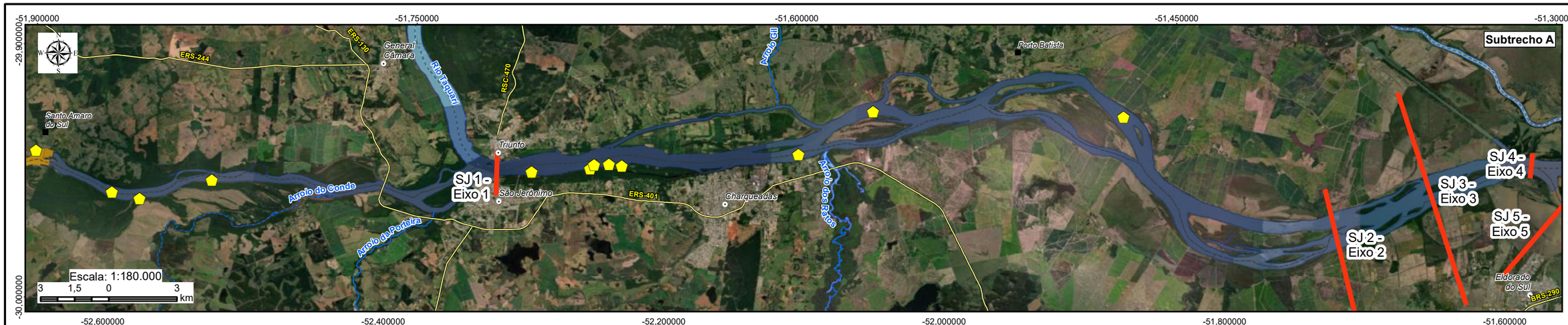
No âmbito do Plano Nacional de Gestão de Riscos e Respostas a Desastres Naturais, a Fundação Estadual de Planejamento Metropolitano e Regional - METROPLAN apresentou em 2015 o Estudo e Projeto Conceitual de Proteção Contra Cheias do Delta do Jacuí em Eldorado do Sul - RS (METROPLAN, 2015).

Neste estudo foi executada primeiramente a etapa de implantação da rede de apoio que subsidiou o levantamento em cinco seções topobatimétricas transversais ao Rio Jacuí no trecho de interesse do escopo do referido plano, em extensão não inferior a calha maior do rio, estendendo-se de forma a obter a melhor conformação de escoamento do rio, visando os cálculos hidrológicos. Os dados disponibilizados pela METROPLAN nestas cinco seções ilustram uma profundidade de leito médio com cerca de 6 a 9 metros.

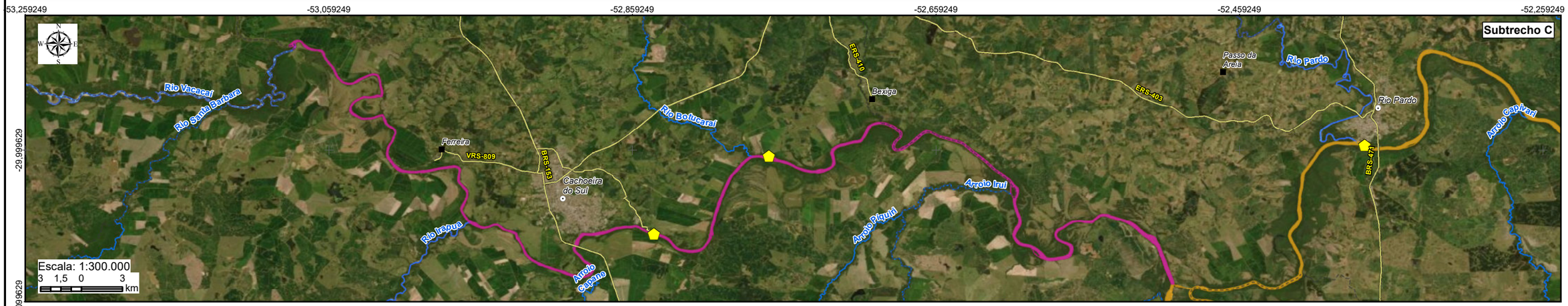
Os dados da METROPLAN foram utilizados em complementaridade aos dados de processos de mineração ativos e com dados úteis na área, os quais serviram também para correlação juntos dos dados primários conforme apresentado a seguir neste relatório.

Conforme material avaliado e selecionado nesta compilação de dados secundários foi possível espacializar de maneira quantitativa os dados obtidos, os quais demonstraram

melhor densidade nos subtrechos A e B e um conhecimento incipiente no subtrecho C, (Mapa 4.1).







LEGENDA

- Sede municipal
- Vila
- Rodovia
- Rios principais
- Limite municipal
- Localização dos Levantamentos Batimétricos
- Localização dos Eixos Metroplan, 2015

Rio Jacuí

- Subtrecho A
- Subtrecho B
- Subtrecho C



Elaboração: PROFILL

RELATÓRIO FINAL

ZONEAMENTO AMBIENTAL PARA A ATIVIDADE DE MINERAÇÃO DE AREIA NOS CURSOS MÉDIO E BAIXO DO RIO JACUÍ

Contratação e fiscalização: Fepam

Sistema de Coordenadas Geodésicas
Sistema Geodésico de Referência
SIRGAS2000
Escala: Indicada

Mapa 4.1 - Espacialização dos dados secundários de batimetria existentes nos cursos médio e baixo do rio Jacuí

Fonte de dados:
- Sede municipal: SEMARS (2018)
- Limite municipal: SEMARS (2018)
- Rodovia: SEMARS (2018)
- Hidrografia: SEMARS (2018)
- Subtrechos: Adaptado de DRH/SEMA (2015)
- Dados de Batimetria: Fornecido por FEPAM/METROPLAN (2015)

4.2.4 Hidrogeologia

Para o adequado entendimento do arcabouço hidrogeológico foram considerados os estudos de Machado (2005), CPRM (2005), Plano de Manejo Parque Estadual Delta do Jacuí (PEDJ) e do Planejamento da Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí (2015), visto que estes estudos possuem um bom detalhamento a respeito da hidrogeologia regional.

Na região dos cursos médio e baixo do Rio Jacuí o Sistema Aquífero Guarani - SAG agrupa os principais aquíferos, tendo significativa importância por sua extensão, espessura e volume de água armazenado. Na área de estudo, esse sistema aquífero engloba as unidades hidroestratigráficas arenosas das Formações Pirambóia, Sanga do Cabral, Santa Maria, Caturrita e Botucatu representativas do final da deposição permiana na Bacia do Paraná, culminando com a sedimentação eólica Eocretácea. (MACHADO, 2005)

O Quadro 4.2 apresenta informações do Mapa Geológico do Rio Grande do Sul (CPRM, 2005) e de Machado (2005), e ilustra a relação cronoestratigráfica das unidades geológicas da região dos cursos médio e baixo do Rio Jacuí adaptadas para a área do estudo, bem como suas respectivas características litológicas e aquíferas.

Quadro 4.2 – Relação cronoestratigráfica das unidades geológicas da região dos cursos médio e baixo do Rio Jacuí.

Era	Período	Formação	Litologia e característica aquífera
Cenozoico	Quaternário	Depósitos aluvionares	Sedimentos inconsolidados formando aquíferos livres e restritos.
		Depósitos quaternários indivisos	Sedimentos inconsolidados formando aquíferos livres e restritos.
		Formação Tupanciretã	Arenitos formando aquíferos livres, porém restritos.
Mesozoico	Cretáceo	Formação Serra Geral Indivisa	Sequências vulcânicas formando aquíferos fraturados.
	Jurássico	Formação Botucatu	Arenitos eólicos médios, parte do SAG e formando aquíferos livres e confinados.
	Triássico	Formação Caturrita	Arenitos eólicos médios, parte do SAG e formando aquíferos livres e confinados.
		Formação Santa Maria	Arenitos eólicos médios, parte do SAG e formando aquíferos livres e confinados. Muito heterogêneo.
		Formação Sanga do Cabral	Estratificações entre pelitos e arenitos, parte do SAG e formando aquíferos livres a confinados. Muito heterogêneo.
Paleozoico	Permiano	Formação Pirambóia	Estratificações entre pelitos e arenitos, parte do SAG e formando aquíferos livres a confinados. Muito heterogêneo.
		Formação Rio do Rasto	Pelitos não aquíferos.
		Formação Estrada Nova	Pelitos não aquíferos.
		Formação Irati	Pelitos não aquíferos.
		Formação Palermo	Pelitos não aquíferos.
		Formação Rio Bonito	Pelitos com intercalações arenosas formando aquíferos regionais.
		Formação Taciba	Pelitos não aquíferos.

Fonte: Mapa Geológico do Rio Grande do Sul (CPRM, 2005) e Machado (2005).

4.2.4.1 Dados hidrogeológicos no âmbito Plano de Manejo Parque Estadual do Delta do Jacuí - PEDJ

No estudo elaborado pela Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul denominado Plano de Manejo Parque Estadual do Delta do Jacuí - PEDJ (FZB, 2014) apresentou-se a caracterização hidrogeológica para a região do PEDJ, que está situada sobre o Domínio Hidrogeológico Planície Flúvio-lacustre que compreende toda área coberta pela sedimentação fluvial atual e subatual, assim como as planícies lacustres e lagunares construídas durante os períodos transgressivos e regressivos pleisto-holocênicos. Esse domínio caracteriza-se pela pequena profundidade de exploração e a má qualidade de suas águas subterrâneas.

Na área do PEDJ ocorrem a unidade hidrogeológica Planícies Flúvio-lacustres Atuais e Subatuais e os Aquíferos Salinizados (CPRM, 2005). As Planícies Flúvio-lacustres Atuais e Subatuais estão presentes nas porções oeste e norte do Parque, incluindo a ilha do Lage, ilha das Garças e metade norte da ilha Grande dos Marinheiros. Nestas unidades os aquíferos são intergranulares e estão inseridos em depósitos fluviais, lacustres e deltaicos, normalmente compostos por uma sequência areno-silto-argilosa, apresentando gradação granulométrica descendente da base para o topo. São extensos, semiconfinados e rasos, determinados por profundidade de exploração inferior a 40 m, com capacidade de fornecer vazões da ordem de 1,0 L/s/m, porém com características físico-químicas de baixa qualidade, ou seja, com teores acima dos permitidos no que diz respeito ao ferro, manganês e sulfatos. Estes aquíferos são altamente vulneráveis à contaminação a partir da superfície, sendo este risco minimizado pela pouca ocupação destas áreas, por se tratar de áreas inundáveis e por estarem inseridos em áreas de preservação ambiental.

Os Aquíferos Salinizados, por sua vez, estão presentes nas demais áreas, onde o estudo constatou a ocorrência de teores muito altos de cloretos nas águas produzidas pelos aquíferos relacionados aos depósitos flúvio-lacustres recentes que ali ocorrem. Nessas áreas ocorre a contaminação dos aquíferos fraturados subjacentes, com um incremento considerável do teor de cloretos (até 3.000 mg/L), inviabilizando o uso da água subterrânea como fonte de abastecimento para qualquer atividade. Apresentam alta vulnerabilidade à contaminação nas porções mais superficiais do aquífero (CPRM, 2006). Os aquíferos localizados nessa região são abastecidos principalmente pelas águas de chuva e pelas águas aportadas pelos rios nas épocas de cheia.

4.2.4.2 Dados hidrogeológicos do Plano da Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí

O arcabouço geológico da Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí (DRH/SEMA, 2015a) é uma importante fonte de informação que contribui para o entendimento do comportamento hidrológico da bacia. A discretização por domínios baseou-se no trabalho denominado Geodiversidade do Estado do Rio Grande do Sul, desenvolvido pela CPRM em 2010 e no Mapa Geológico do Estado do Rio Grande do Sul, escala 1:750.000, elaborado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (MACHADO *et al.*, 2005).

O Quadro 4.3 ilustra a sequência cronológica de rochas presentes na Bacia do Baixo Jacuí, e sua representatividade em cada uma das subunidades da bacia.

Quadro 4.3 – Sequência cronológica de rochas presentes na Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí.

Unidade de Planejamento e Gestão	Litologia Aflorante	Ocorrência (%)
UPG Soturno (sub-bacia do Rio Soturno, todos os afluentes da margem esquerda do Rio Jacuí, entre o início da Bacia do Baixo Jacuí junto à confluência dos Rios Jacuí e Jacuizinho até cerca de 5 km a montante da confluência com o Rio Pardo.	Depósitos Aluvionares	18,3
	Depósitos Coluvionares	0,42
	Formação Tupanciretã	1,52
	Formação Serra Geral	40,96
	Formação Botucatu	0,81
	Formação Guará	5,00
	Formação Caturrita	5,50
	Formação Santa Maria	10,60
	Formação Sanga do Cabral	17,10
UPG Capané (afluentes da margem direita do Rio Jacuí entre a confluência com o Rio Vacacaí e a ponte da BR-471, no município de Rio Pardo)	Depósitos Aluvionares	18,52
	Formação Serra Geral	0,85
	Formação Sanga do Cabral	4,77
	Formação Pirambóia	2,63
	Formação Rio do Rastro	2,02
	Formação Estrada Nova	2,15
	Formação Irati	1,30
	Formação Palermo	7,93
	Formação Rio Bonito	7,75
	Formação Itararé	1,09
	Sedimentares Neoproterozóicas	16,78
	Vulcânicas Neoproterozóicas	7,86
	Granitóides Indivisos	11,92
	Metagranitóides e Gnaisses Indivisos	14,43
UGP Capivari (afluentes das margens direita e esquerda do Rio Jacuí, da ponte da BR-471, no município de Rio Pardo, até cerca de 4 km a montante da confluência com o Rio Taquari-Antas)	Depósitos aluvionares	20,61
	Formação Serra Geral	1,02
	Formação Botucatu	0,16
	Formação Santa Maria	8,45
	Formação Sanga do Cabral	19,30
	Formação Pirambóia	0,13
	Formação Rio do Rastro	4,99
	Formação Estrada Nova	4,81
	Formação Irati	1,91
	Formação Palermo	2,01
	Formação Rio Bonito	5,22
	Formação Itararé	0,49
	Granitóides indivisos	25,09
	Metagranitóides e Gnaisses Indivisos	5,81
UPG dos Ratos (afluentes das margens direita e esquerda do Rio Jacuí, do trecho localizado cerca de 4 km a montante da confluência com o rio Taquari-Antas até cerca de 1km após o canal Santa Clara, no município de Triunfo, limite final da Bacia do Baixo Jacuí)	Depósitos Aluvionares	12,90
	Depósitos Coluvionares	0,38
	Depósitos Lagunares	7,18
	Formação Serra Geral	0,38
	Formação Botucatu	0,51
	Formação Pirambóia	5,89
	Formação Rio do Rastro	6,11
	Formação Estrada Nova	0,26
	Formação Palermo	0,93
	Formação Rio Bonito	4,42

Unidade de Planejamento e Gestão	Litologia Aflorante	Ocorrência (%)
	Formação Itararé	0,55
	Granitoides indivisos	39,48
	Metagranitoides e Gnaisses Indivisos	21,01

Fonte: Elaborado por Engeplus com base na discretização espacial de UPG's e Mapa Geológico modificado de CPRM (2007).

4.2.4.3 Aspectos Hidrogeológicos - Identificação e Caracterização dos Aquíferos

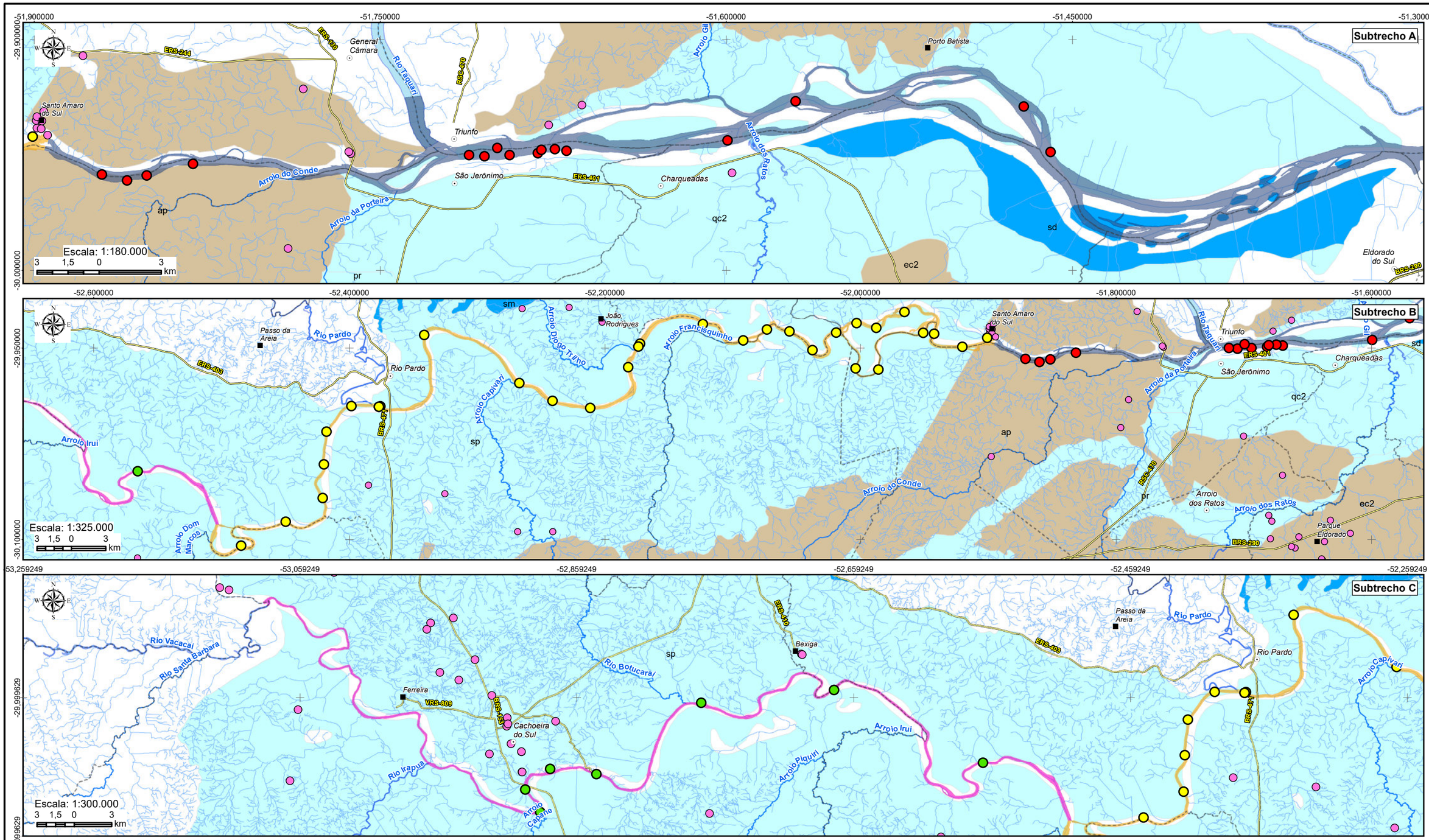
A classificação regional mais adequada para o levantamento das potencialidades (qualidade e quantidade) das águas subterrâneas do estado neste momento é a sugerida no Mapa Hidrogeológico do Rio Grande do Sul, escala 1:750.000. Neste trabalho, as litologias foram agrupadas em sistemas segundo suas semelhanças no comportamento hidrogeológico aflorante e seu potencial produtor de água subterrânea. Além disso, o mapa também identifica unidades hidroestratigráficas nos perfis verticais obtidos a partir dos dados de perfuração de poços tubulares nos distintos sistemas, fornecendo a visão tridimensional em profundidade.

As unidades aquíferas, a começar pelas mais produtivas, e sua proporção de ocorrência aflorante na Bacia do Baixo Jacuí são apresentadas no Quadro 4.4 e no Mapa 4.2.

Quadro 4.4 – Unidades Aquíferas.

Bacia Hidrográfica	Principais unidades Aquíferas Aflorantes (1)	% de Ocorrência	Vazão (Q) ($m^3/h/$)(2)	(Qs) ($m^3/h/m$)(1)
Baixo Jacuí	Aquitardos permeanos	9,8		Em geral muito baixa; Santa Maria com Q/s média na encosta da serra (Unidade hidroestratigráfica Passo das Tropas confinado com Q/s média)
	Botucatu/Pirambóia	1,3	14,5 m^3/h	
	Botucatu	1,1		
	Embasamento Cristalino II	25		
	Embasamento Cristalino III	8,2		
	Palermo/Rio Bonito	9,5		
	Quaternário Costeiro II	2,81		
	Sedimentos Deltaicos	0,25		
	Serra Geral I	0,08	11,5m^3/h	
	Serra Geral II	11,5		
	Basalto/Botucatu	0,7		
	Santa Maria	9,85	10 m^3/h	
	Sanga do Cabral/Pirambóia	19,9		
Qualidade	Botucatu/Pirambóia potável com salinidades inferiores a 250 mg/L; Serra Geral potável com restrições de pH excessivamente alcalinos e teores de Fe e Mn.			

(1) Informação extraída do Mapa Hidrogeológico do Estado do Rio Grande do Sul. Machado *et al.*, 2005.
(2) Estimativa extraída a partir de análise do banco de dados SIAGAS em setembro de 2014.



LEGENDA

- Sede municipal
- Vila
- Rodovia
- Rios principais
- Hidrografia
- Limite municipal
- Poços tubulares

Localização dos Processos Minerários

- Segmento A
- Segmento B
- Segmento C

Rio Jacuí

- Subtrecho A
- Subtrecho B
- Subtrecho C

Classes de aquífero

- Média a baixa possibilidade - Porosidade por fraturas
- Alta a média possibilidade - Porosidade intergranular
- Média a baixa possibilidade - Porosidade intergranular
- Baixa possibilidade - Porosidade intergranular ou por fraturas
- Praticamente improdutivos - Porosidade intergranular ou por fraturas

Sigla	Sistema aquífero
ap	AQUITARDOS PERMINAOS
bp	SISTEMA AQUIFERO BOTUCATU PIRAMBOIA
bt	SISTEMA AQUIFERO BOTUCATU
ec2	SISTEMA AQUIFERO EMBASAMENTO CRISTALINO II
ec3	SISTEMA AQUIFERO EMBASAMENTO CRISTALINO III
ep	AQUICLUDES EO-PALEOZOICOS
pr	SISTEMA AQUIFERO PALERMO RIO BONITO
qc2	SISTEMA AQUIFERO QUATERNARIO COSTEIRO II
sd	SISTEMA AQUIFERO SEDIMENTOS DELTAICOS
sg2	SISTEMA AQUIFERO SERRA GERAL II
sm	SISTEMA AQUIFERO SANTA MARIA
sp	SISTEMA AQUIFERO SANGA DO CABRAL PIRAMBOIA

Elaboração: PROFILL

RELATÓRIO FINAL

ZONEAMENTO AMBIENTAL PARA A ATIVIDADE DE MINERAÇÃO DE AREIA NOS CURSOS MÉDIO E BAIXO DO RIO JACUÍ

Contratação e fiscalização: Fepam

Sistema de Coordenadas Geodésicas
Sistema Geodésico de Referência SIRGAS2000
Escala: Indicada

Mapa 4.2 - Arcabouço hidrogeológicio regional com unidades aquíferas nos cursos médio e baixo do rio Jacuí

Fonte de dados:
- Sede municipal: SEMARS (2018)
- Limite municipal: SEMARS (2018)
- Limite estadual: IBGE (2019)
- Rodovia: SEMARS (2018)
- Hidrografia: DRH/SEMA (2015)
- Subtrechos: Adaptado de DRH/SEMA (2015)
- Hidrogeologia: CPRM, 2005 apud DRH/SEMA (2015)

4.3 Estudos Geomorfológicos

Regionalmente, a área de estudo do Rio Jacuí insere-se no Domínio Morfoestrutural Depósitos Sedimentares, na Região Geomorfológica Planície Continental - Unidade Geomorfológica da Planície Aluvio-Coluvionar.

O Domínio Morfoestrutural dos Depósitos Sedimentares forma um conjunto de formas de acumulação recente que se distribuem de forma contínua, ao longo dos cursos d'água de maior ordem hierárquica. Estes formam amplas e extensas planícies fluviais, numa superfície plana e alongada na direção norte/sul no que diz respeito ao Rio Jacuí. Essa superfície, na maior parte dos casos, é destinada ao cultivo do arroz irrigado. Já os terraços fluviais, correspondem a antigos leitos maiores dos rios, que foram reescavados, uma ou mais vezes, por retomadas erosivas de qualquer origem. Os aluviões dos terraços indicam o sistema morfogenético vigente na época de sua formação.

A Região Geomorfológica Planície Continental compõe o Domínio Morfoestrutural dos Depósitos Sedimentares. Constitui uma área baixa, posicionada entre a Unidade Planície Marinha a leste e os relevos planálticos a oeste, onde se alojam os lagos costeiros. Nessa região dominam os modelados esculpidos em depósitos de origem continental, ocorrendo em pequenos trechos, geralmente às margens da laguna dos Patos, os modelados derivados do remanejamento eólico, originando dunas atuais. Predomina vegetação Pioneira, já antropizada, onde ocorrem Planossolos, Glei Pouco Húmico Solódicos e areias quartzosas.

A Unidade Geomorfológica Planície Aluvio-Coluvionar corresponde à superfície plana, rampeada suavemente para leste, em alguns trechos descontínuas, posicionadas entre a planície Lagunar a Leste e os relevos das Regiões Geomorfológicas Planalto das Araucárias e Sul-rio-grandense a oeste. O seu posicionamento espacial possibilita enquadrá-la, do ponto de vista de origem da deposição, como área de transição entre influências continental e marinha. Nas áreas de influência continental predominam os modelados planos imbricados, resultantes da convergência de leques coluviais de espraiamento, cones de dejeção ou concentração de depósitos de enxurradas nas partes terminais de rampas e pedimentos. Ocorrem ainda formas de topo plano ou baixos tabuleiros.

O Rio Jacuí comanda uma drenagem de padrão sub-dendrítico. Este rio tem suas cabeceiras na Unidade Geomorfológica Planalto de Santo Ângelo a norte desta Unidade. Das nascentes até entrar na Depressão, o rio tem um direcionamento geral N-S; a partir deste ponto, a direção muda para NO-SE, até a confluência com o Rio Vacacaí, quando então adquire uma direção W-E até a sua foz junto ao Lago Guaíba. Em todo o seu trajeto este rio desenvolve um traçado com amplas sinuosidades, por vezes angulosas, e segmentos retilíneos. Sua planície de inundação registra através de cordões e meandros abandonados, um outro comportamento do canal, diferente do que se verifica atualmente.

A calha do leito do Rio Jacuí é representada por uma superfície ondulada com profundidades variáveis próximas aos 12 metros formando bancos de areia. As margens do Rio Jacuí estão inseridas na Unidade Geomorfológica Planície Alúvio-Coluvionar e são

representadas por um modelado de acumulação com uma superfície plana com altitudes variáveis entre 6 e 10 metros.

4.3.1 Geomorfologia fluvial do Rio Jacuí

Em recente estudo (Zancan Filho e Perez De Quadros, 2017), considerou-se que o processo de dinâmica fluvial é constituído principalmente de três variáveis, intimamente relacionadas: as propriedades hidráulicas do canal, a quantidade de sedimentos movimentados ao longo do leito e a taxa de erosão de margem. Estas três variáveis, constantemente, buscam alcançar um equilíbrio no seu conjunto. Rios desse tipo apresentam em sua dinâmica natural, mecanismos erosionais e deposicionais. Nesta dinâmica fluvial, o autor considera que o baixo Jacuí se enquadra como um rio meandrante (à montante da represa de Amarópolis) e anastomosado (à jusante da represa de Amarópolis).

a) Região meandrante do Rio Jacuí

Na região meandrante do rio, os processos erosionais são mais atuantes nas margens côncavas dos meandros, cujo aprofundamento de leito forma as denominadas “piscinas”, enquanto os processos deposicionais ocorrem mais fortemente nas margens convexas do rio, formando os denominados depósitos de barra em pontal.

Dias (2000) explica que, como a velocidade do fluxo fluvial é maior na parte externa do que na parte interna do meandro, estes apresentam tendência nítida e constante para serem erodidos na margem externa, e para se depositarem sedimentos na margem oposta, o que conduz ao pronunciamento do meandro. Por esta razão, o curso fluvial tem tendência permanente para se deslocar na direção da margem côncava do meandro. Por vezes, o meandro atinge praticamente os 360º. Assim, a corrente fluvial para de utilizá-lo, passando a fluir pela via mais direta e fácil. O meandro acaba, consequentemente, por ficar inativo (meandro abandonado em forma de U).

b) Região anastomosada do Rio Jacuí

A configuração das margens desse setor é mais retilínea, mas ainda mostra feições de erosão nas margens côncavas e deposição nas margens convexas. Por outro lado, a dinâmica fluvial é mais intensa na formação de depósitos de barra em canal (“ilhas fluviais”). Esses depósitos apresentam, naturalmente, feições erosionais em seus setores montante e lateral, e apresentam feições deposicionais em suas porções a jusante, causando a lenta migração destas barras em direção à foz do rio. No setor anastomosado do Rio Jacuí as “ilhas fluviais” migram de montante do rio em direção ao Parque Delta do Jacuí.

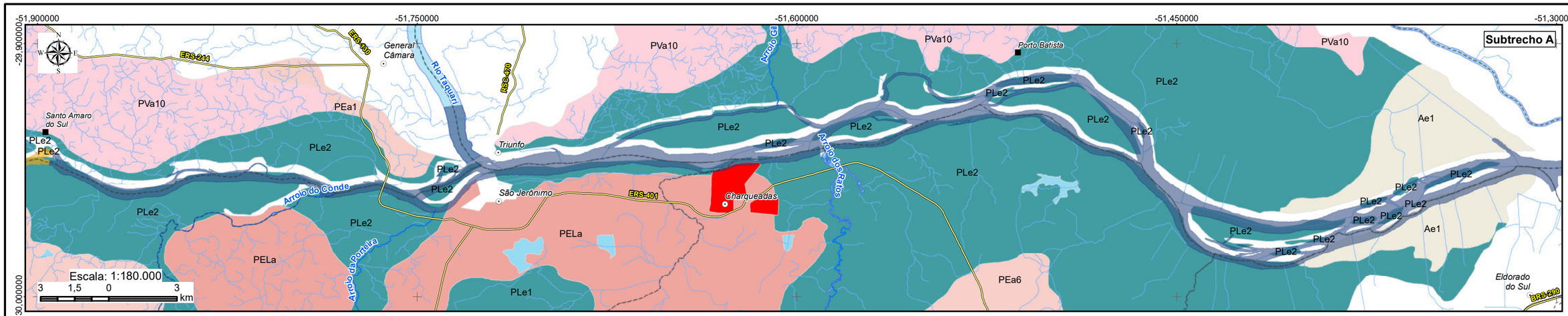
4.4 Estudos Pedológicos

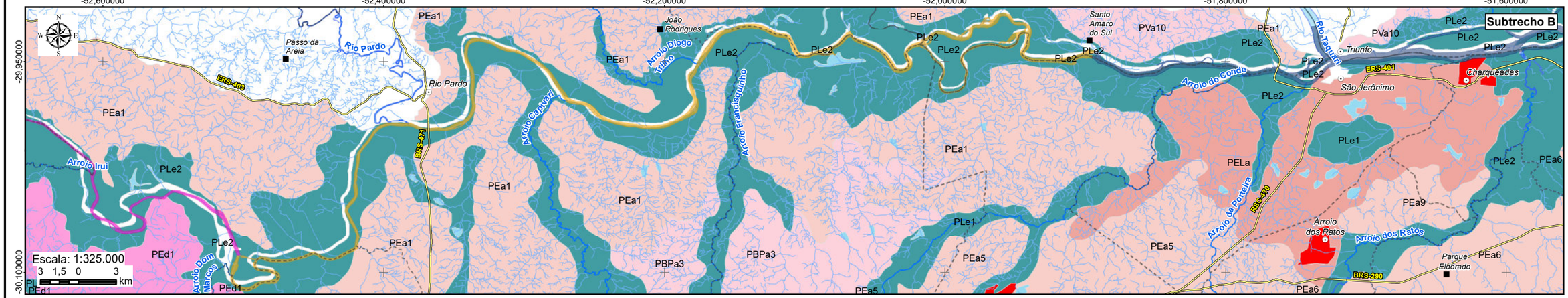
A partir da caracterização pedológica disponível no Mapa de solos do Projeto RADAMBRASIL (IBGE, 1986), cujo levantamento foi realizado na escala 1:250.000, foram caracterizadas as unidades de mapeamento e unidades taxonômicas de solos ocorrentes na área de estudo. As classes taxonômicas de solos identificadas seguem a nomenclatura da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA (SANTOS *et al.*, 2006).

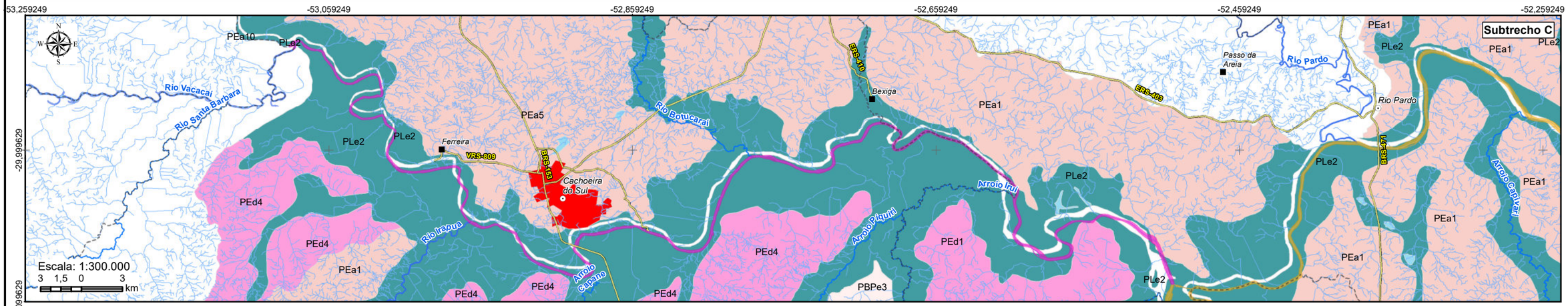
Ao longo da calha (álveo) do Rio Jacuí, o tipo de solo predominante é o Planossolo Háplico Eutrófico arênico, seguido pelo Neossolo Flúvico, situado nas proximidades da foz do Rio Jacuí, no início do denominado subtrecho A.

O Planossolo Háplico Eutrófico arênico ocorre em relevos planos nas várzeas e álveos dos rios. São mal a imperfeitamente drenados, influenciados pela presença de água, ocasionando processos de redução, com o perfil apresentando cores cinzentas, características de gleização. Pode apresentar mosqueados de várias tonalidades no horizonte indicando a flutuação do lençol freático.

A análise dos processos de licenciamento ambiental evidenciou que todos ocorrem na Unidade Planossolo Háplico Eutrófico arênico, conforme pode ser observado no Mapa 4.3.







LEGENDA

- Sede municipal
- Vila
- Rodovia
- Rios principais
- Hidrografia
- Limite municipal
- Massa d'água

Rio Jacuí

- Subtrecho A
- Subtrecho B
- Subtrecho C
- Mancha Urbana

Classe de solo

- Argissolo Amarelo alítico típico (PBPe e PBPe)
- Argissolo Bruno-Acinzentado alítico abrúptico (PBPa e PBa)
- Argissolo Vermelho alumínico típico (TBCHa)
- Argissolo Vermelho distrófico latossólico (PELa)
- Argissolo Vermelho-amarelo distrófico (PEa)
- Argissolo Vermelho-amarelo distrófico húmbrico (PEd e PVd)
- Argissolo Vermelho-amarelo eutrófico abrúptico (PVe)
- Cambissolo Háplico Ta eutrófico típico (Ce)
- Latossolo Vermelho distrófico típico (LEa)
- Neossolo Flúvico Ta ou Tb distrófico ou eutrófico gleissólico (Ae)
- Neossolo Litólico (Re)
- Neossolo Litólico Eutrófico típico (Re)
- Neossolo Litólico distro-úmbrico fragmentário ou Neossolo Regolítico distro-úmbrico típico (Rd)
- Neossolo Regolítico húmico léptico ou típico (Re)
- Nitossolo Vermelho eutroférrico típico (TRe)
- Planossolo Háplico eutrófico arênico (PLe)

Elaboração: PROFILL

RELATÓRIO FINAL

ZONEAMENTO AMBIENTAL PARA A ATIVIDADE DE MINERAÇÃO DE AREIA NOS CURSOS MÉDIO E BAIXO DO RIO JACUÍ

Contratação e fiscalização: Fepam

Sistema de Coordenadas Geodésicas
Sistema Geodésico de Referência SIRGAS2000
Escala: Indicada

Mapa 4.3 - Arcabouço pedológico regional com as unidades ocorrentes nos cursos médio e baixo do rio Jacuí

Fonte de dados:
- Sede municipal: SEMARS (2018)
- Limite municipal: SEMARS (2018)
- Limite estadual: IBGE (2019)
- Rodovia: SEMARS (2018)
- Hidrografia: DRH/SEMA (2015)
- Subtrechos: Adaptado de DRH/SEMA (2015)
- Solos: RadamBrasil, 1986 apud DRH/SEMA (2015)

4.5 Qualidade da Água

A caracterização da qualidade de água a partir de dados secundários considerou principalmente as seguintes fontes:

- Plano de Manejo do Parque Estadual do Delta do Jacuí - PEDJ (FZB, 2014);
- Plano da Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí (DRH/SEMA, 2015a);
- Programa de Estímulo à Divulgação de Dados de Qualidade de Água (Qualiágua); e
- Processos de licenciamento ambiental nos cursos médio e baixo do Rio Jacuí.

Os resultados apresentados no Plano de Manejo do Parque Estadual do Delta do Jacuí - PEDJ (FZB, 2014), concluíram que os rios Gravataí, Caí, Sinos e Jacuí vêm sofrendo impactos, principalmente através da descarga de resíduos domésticos e industriais, do desmatamento e uso do solo.

A caracterização apresentada no Plano da Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí (DRH/SEMA, 2015a) representou a situação dos cursos d'água em termos de qualidade no período avaliado. Esta análise foi realizada por meio da pesquisa dos dados de qualidade da água disponíveis distribuídos na bacia, bem como através das quatro campanhas de amostragem executadas no âmbito do Plano.

A Resolução n° 172/2015 da Secretaria Estadual de Meio Ambiente (SEMA-RS) aprovou o enquadramento das águas superficiais da Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí conforme deliberado pelo Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica. As águas nos trechos correspondentes ao zoneamento para a mineração de areia foram classificadas em Classe 2 (sem considerar o Fósforo), e a meta intermediária para 10 anos (2024) é a manutenção da Classe 2. No horizonte para 20 anos (2034), os trechos "confluência com o Rio Irapuá até o Rio Pardo" e "confluência com o Rio Pardo até o arroio Francisquinho" mantêm-se em Classe 2 e os demais apresentam meta para alcance da Classe 1.

Dentre os pontos de monitoramento destaca-se também aqueles localizados no curso médio e baixo do Rio Jacuí que passaram a integrar o Programa de Estímulo à Divulgação de Dados de Qualidade de Água (Qualiágua) da Agência Nacional de Águas (ANA). A partir de 2016 a Fundação Estadual de Proteção Ambiental (Fepam) firmou convênio com a referida agência para realizar monitoramento da qualidade das águas de rios e lagoas do Rio Grande do Sul. As coletas de amostras são realizadas a cada três meses, integrando a Rede Básica de monitoramento da qualidade das águas superficiais do Rio Grande do Sul, proporcionando a elaboração de diagnóstico de qualidade das águas gaúchas.

O levantamento de dados secundários de qualidade da água considerou ainda quinze processos de licenciamento com monitoramento da qualidade da água.

Os principais resultados obtidos a partir das fontes supracitadas, complementadas pelos dados primários obtidos no âmbito deste zoneamento, estão consolidados a seguir no item 9.1.4 Avaliação da Qualidade das Águas.

4.6 Hidrografia e Hidrossedimentometria

4.6.1 Caracterização Hidrossedimentométrica e Hidrodinâmica

Os subsídios referentes à caracterização hidrossedimentométrica na área do estudo são provenientes de dados disponíveis nos seguintes estudos:

- Estudo sobre a proveniência das areias inconsolidadas do Rio Jacuí - RS (Machado, 2011);
- Plano da Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí (DRH/SEMA, 2015a); e
- Processos de mineração ativos no Rio Jacuí.

O estudo granulométrico realizado por Machado (2011) analisou dezenove pontos de coleta distribuídos ao longo do Rio Jacuí e seus afluentes, e evidenciou que existe uma diferenciação na composição da granulometria existente. As amostras coletadas nos afluentes da porção norte da bacia, os quais drenam os solos derivados das rochas da bacia do Paraná, possuem uma granulometria mais fina, com menos de 40 % de areia grossa e/ou muito grossa. As amostras coletadas nos afluentes da margem direita, os quais drenam diretamente as rochas do Escudo Sul-rio-grandense, apresentam granulometria na faixa das areias grossas e muito finas.

No trecho do Rio Jacuí que compreende os postos sedimentométricos em análise neste estudo, as medições feitas por Machado (2011) demonstraram que:

- Presença de areia média na seção próxima à barragem Dona Francisca (amostra 4), com menos de 10 % de areia grossa;
- Predominância de areia média no trecho entre as cidades de Dona Francisca e Cachoeira do Sul;
- Predominância de areia grossa no trecho entre as cidades de Cachoeira do Sul e Rio Pardo;
- Presença de areia grossa e areia muito grossa na seção próxima ao posto Rio Pardo, com menos de 48 % de areia média e areia muito fina; e
- Trechos do leito, entre as cidades de Rio Pardo e São Jerônimo, alternando entre areia grossa (amostras 18 e 16) e média.

Já no âmbito do Plano da Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí (DRH/SEMA, 2015a), os processos sedimentológicos e erosivos atuantes foram analisados a partir do levantamento e análise de dados sedimentométricos disponíveis e dos dados espaciais de fatores que influenciam nos processos erosivos. Também foi efetuada a identificação de focos de erosão e áreas assoreadas a partir da vistoria de reconhecimento da bacia e por meio da análise de imagens de satélite. Para a determinação da produção de sedimentos em bacias hidrográficas foram utilizados modelos matemáticos que contemplam ou não a utilização de dados sedimentométricos.

Com base nos dados de concentração de sedimentos e vazão correspondente, foi calculada a carga total de sedimentos em suspensão, em t/dia. Com isso, foi definida a curva-chave de sedimentos da seção, em escala logarítmica, para um melhor ajuste. Em seguida foi calculada a descarga sólida correspondente às vazões líquidas médias anuais em cada estação fluviométrica com dados disponíveis de vazão e sedimentos.

A partir deste levantamento e metodologia pode-se constatar que a estação de Dona Francisca (85400000) apresentou uma produção menor de sedimentos que a estação de Rio Pardo (85900000), isto devido a área de drenagem da estação de Dona Francisca ter maior parte localizada em planalto, com rios de leito formado por lajeados. Além disso, em sua área de contribuição existem grandes reservatórios ao longo do Rio Jacuí, os quais retêm grande parte dos sedimentos produzidos na bacia.

Já a estação de Rio Pardo representa melhor a Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí, pois abrange uma área maior de drenagem. Percebe-se que a estimativa de sedimentos resultou em valores semelhantes com os observados na estação de Rio Pardo e com o valor estimado por de 54 t/km² x ano para o Rio Jacuí, porém não há grande certeza de que a produção real da bacia seja próxima a estes valores.

No âmbito dos processos de licenciamento ambiental, as informações sobre leituras hidrossedimentométricas foram observadas em 16 processos ambientais. A seguir apresenta-se uma compilação com maior detalhamento sobre os dados levantados em relação às medições hidrossedimentométricas, identificados pelo número do processo administrativo.

4.6.1.1 Processos de mineração ativos no Rio Jacuí

4.6.1.1.1 Processos 007082-0567/06-0 e 019492-0567/12-0

Conforme os dados constantes nestes processos, as informações demonstram que os sólidos que ingressam no trecho de Dom Marco Jusante se originam do trecho superior e dos tributários. O ingresso é feito através de suspensão e por arraste. Para a presente análise foram utilizadas as concentrações medidas no canal central, a montante da foz do Amorim, e dos canais tributários selecionados. Para o cálculo da carga do período, utilizou-se os dados das vazões medidas nos canais selecionados para os canais não selecionados, e a transposição de carga dada pela relação entre as áreas de drenagem das bacias vizinhas (ELETROBRÁS, 1986).

a) Determinação da carga de ingresso de sólidos no trecho de Dom Marco Jusante para o período de baixa vazão.

O período de baixa vazão apresenta uma duração média de 146 dias/ano. A carga de sólidos em suspensão para este período, neste trecho, é fornecida utilizando os valores medidos com o amostrador GVD. O Quadro 4.5 mostra os resultados das cargas de sólidos em suspensão para este trecho, em período de baixa vazão.

Quadro 4.5 – Carga de sólidos em suspensão para períodos de baixa vazão no trecho de Dom Marco Jusante.

Local	Canal	Concentração (mg/l)	Área da bacia (Km^2)	Vazão (m^3/s)	Carga/período (Toneladas)
Jacuí	Margem direita	182,602	-	173,52	399.688,51
	Centro	191,285	-	347,07	837.460,99
	Margem esquerda	190,076	-	347,07	832.167,90
Margem Direita	Arroio Dom Marco	124,164	312,0	18,57	29.085,34
	Arroio Tabatingaí	136,037	375,1	48,47	83.175,74
	Sanga da Onça	-	31,1	-	6.896,20
	Arroio do Engenho	-	76,7	-	17.007,68
Margem Esquerda	Drenagem Pederneiras	-	61,8	-	6.864,34
	Sanga do Cabral	-	23,3	-	2.588,01
	Rio Pardo	126,7514	3.749,3	260,46	416.447,63
	Sanga Pinheiros	-	12,5	-	1.388,41
				Total do Período	**2.632.770,75**

Este total de 2.632.770,75 toneladas de sólidos em suspensão que entram no trecho de Dom Marco Jusante, no período de baixa vazão, estimado em 146 dias no ano, é formada por silte, argila, sais e matéria orgânica, cuja densidade é pequena e permite sua diluição e suspensão em cursos fluviais, mesmo com baixas velocidades. O Quadro 4.6 apresenta os resultados da carga de arraste, estimada para este período de baixa vazão, que ingressa no trecho de Dom Marco Jusante através dos afluentes deste trecho e da secção de montante do canal principal.

Quadro 4.6 – Carga de arraste que ingressa no trecho Dom Marco Jusante.

Local	Canal	Massa Total (g)	Tempo (min)	Área da bacia (Km^2)	Carga/período (Toneladas)
Jacuí	Margem direita	222,11	28,62		256,45
	Centro	246,93	18,34		508,11
	Margem esquerda	263,71	22,6		1.174,33
Margem Direita	Arroio Dom Marco	0,226	17,3	312,0	0,19
	Arroio Tabatingaí	5,23	15	375,1	5,49
	Sanga da Onça			31,1	0,46
	Arroio do Engenho			76,7	1,12
Margem Esquerda	Drenagem Pederneiras			61,8	0,36
	Sanga do Cabral			23,3	0,13
	Rio Pardo	4,56	15,12	3.749,3	21,63
	Sanga Pinheiros			12,5	0,07
				Total do período	1.968,34

A faixa de sedimentos de arraste que apresenta grande interesse neste estudo, são os sedimentos com granulometria entre 0,06 até 2 mm que ingressam no trecho, granulometria esta que compreende os diâmetros das areias grossa, média e fina. As parcelas destes diâmetros serão analisadas a seguir. O Quadro 4.7 mostra o percentual de contribuição de cada parcela para o total amostrado de sólidos de arraste.

No Quadro 4.8 observa-se o cruzamento entre os valores da carga estimada que ingressa no trecho Dom Marco Jusante em período de vazão baixa, com o percentual das parcelas de areia amostradas em cada coleta.

Quadro 4.7 – Percentual de massa por diâmetro das amostras coletadas de sólidos de arraste.

Local	Cascalho	Areião	Areia grossa	Areia média	Areia fina	Silte	Argila
Jacuí MD	0,0140	0,0750	0,1750	0,5630	0,1690	0,0030	0,0010
Jacuí C	0,0010	0,0490	0,3500	0,4100	0,1830	0,0040	0,0030
Jacuí ME	0,0014	0,0308	0,2905	0,3194	0,3536	0,0042	0,0001
Dom Marco	0	0,1327	0,3097	0,4951	0,0624	0	0
Tabatingaí	0	0,0574	0,0382	0,1071	0,2352	0,4704	0,0918
Pardo	0,0263	0,0482	0,2675	0,5197	0,0373	0,1009	0

Quadro 4.8 – Carga de areia que ingressa no trecho de Dom Marco Jusante.

Local	Canal	Carga (T)	Areia Grossa	Areia média	Areia fina
Jacuí	Margem direita	256,45	44,88	144,38	43,34
	Centro	508,11	177,84	208,32	92,98
	Margem esquerda	1.174,33	340,55	375,78	415,24
Margem Direita	Arroio Dom Marco	0,19	0,06	0,09	0,01
	Arroio Tabatingaí	5,49	0,21	0,56	1,29
	Sanga da Onça	0,46	0,02	0,05	0,11
	Arroio do Engenho	1,12	0,04	0,11	0,26
Margem Esquerda	Drenagem Pederneiras	0,36	0,09	0,18	0,01
	Sanga do Cabral	0,13	0,03	0,07	0,01
	Rio Pardo	21,63	5,78	11,24	0,80
	Sanga Pinheiros	0,07	0,02	0,04	0,01
Total do Período		1.968,34	569,52	740,82	554,06

A Figura 4.1 ilustra a origem da carga de contribuição para a formação dos depósitos de areia que entram no trecho de Dom Marco Jusante.

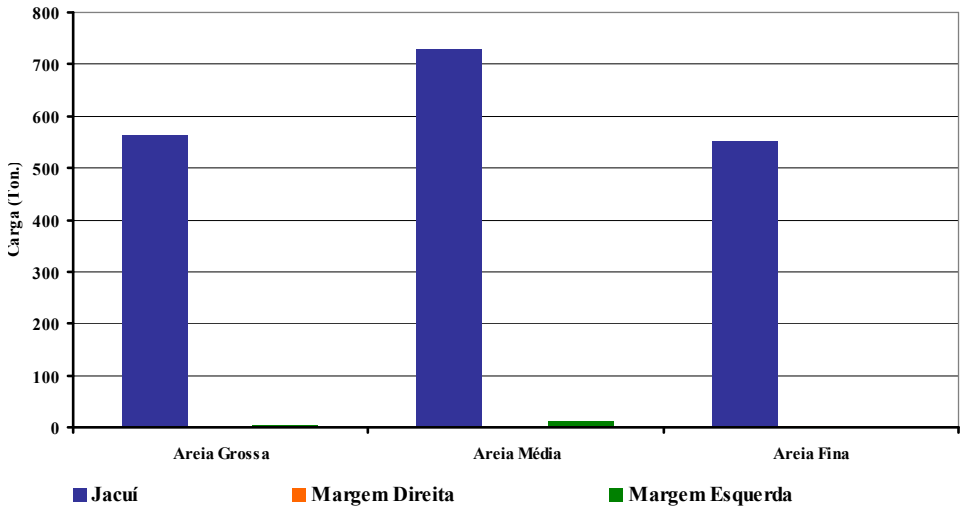


Figura 4.1 – Origem da carga de areia que ingressa no trecho Dom Marco Jusante.

A Figura 4.1 indica que a maior parte da carga de areia que entra no trecho de Dom Marco Jusante, provém do trecho superior do canal principal. O restante da carga de areia, identificada em período de baixa vazão, se origina da contribuição lateral dos afluentes situados na margem esquerda do Rio Jacuí.

4.6.1.1.2 Processos 010106-0567/15-0, 2886-0567/15-0 e 5686-0567/11-2

Entre os anos de 2014 e 2015 foi realizada uma série de medições para a investigação do aporte de sedimentos antes e após os principais afluentes do Rio Jacuí, entre os PKS 90 e 50. Foram 4 campanhas distribuídas ao longo destes dois anos supracitados.

Aplicando a metodologia com molinete hidrométrico, onde a medição convencional é universalmente utilizada para a determinação da vazão em cursos de águas naturais e que consiste em determinar a área da seção e a velocidade média do fluxo que passa na respectiva seção, foram realizados os cálculos das descargas líquidas (Quadro 4.9).

Quadro 4.9 – Resultados da descarga de Sólidos Totais.

Seção	Campanha	Aporte diário Qst (t/dia)	Anual águas baixas Qst (t/ano)	Anual águas altas Qst (t/ano)	Total Qst (t/ano)
M1	1ª	0,03800	12,994	-	546,6970
M1	2ª	2,43700	-	533,7030	
M2	1ª	0,03800	5,548	-	10,1908
M2	2ª	0,00212	-	4,6428	
J1	1ª	0,13000	18,980	-	1.510,8080
J1	2ª	6,81200	-	1.491,8280	

Q_{st} = Descarga Sólidos Totais.

Através dos resultados obtidos, evidenciou-se uma maior descarga líquida na segunda campanha em relação à primeira. Este fato ocorreu devido às diferentes condições o qual o curso hídrico se encontrava, pois na primeira campanha ocorreu um déficit hídrico com poucas precipitações para o período dos levantamentos. Na segunda campanha, ocorreram enxurradas consideráveis, que, inclusive, influenciaram na dificuldade da realização dos trabalhos a campo.

4.6.1.1.3 Processos 6274-05.67/11-0, 5028-05.67/16-9, 6276-05.67/11-5, 5029-05.67/16-1, 6275-05.67/11-2 e 5028-05.67/16-9

Os dados apresentados a seguir trazem uma síntese das atividades do monitoramento hidrossedimentométrico no ano de 2017, realizado no Rio Jacuí, no trecho correspondente aos Grupamentos Mineiros (GM) nº 185, 186 e 187, inseridos nos municípios de São Jerônimo e Charqueadas pela margem direita e Triunfo pela margem esquerda.

As campanhas de 2017 foram realizadas nos meses de fevereiro (23 a 24/02), maio (16 a 18/05), agosto (15 a 16/08) e novembro (20 a 21/11), onde foram efetuadas medições de descargas líquidas, sólidos em suspensão e sólidos de arrasto.

A campanha de fevereiro de 2017 foi efetuada em três seções denominadas Jacuí Montante, Jacuí Jusante e Arroio dos Ratos. Todavia, a partir da campanha de maio de 2017, as medições passaram a ser efetuadas em 6 seções no Rio Jacuí, a montante e a jusante de cada grupamento, com o objetivo de avaliar o comportamento pontual de entrada e saída de sedimentos em cada grupamento (Figura 4.2).

As seções foram denominadas:

- Montante: A montante do GM 187;
- Jusante 1A: Jusante do GM 187 e montante do GM 186, na margem esquerda da Ilha dos Dornelles;
- Jusante 1B: Jusante do GM 187 e montante do GM 186, na margem direita da Ilha dos Dornelles;
- Jusante 2A: Jusante do GM 186 e montante do GM 185, na margem esquerda da Ilha do Carioca;
- Jusante 2B: Jusante do GM 186 e montante do GM 185, na margem direita da Ilha do Araújo; e
- Jusante: A jusante do GM 185.

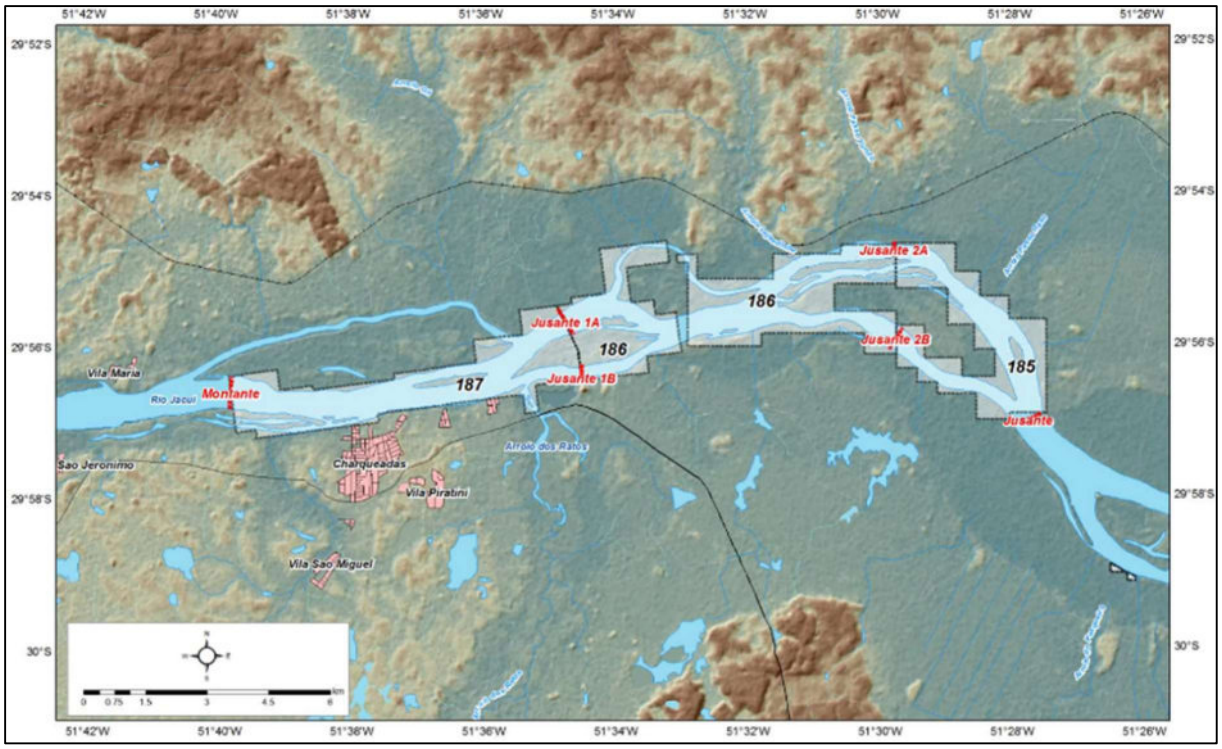


Figura 4.2 – Localização das seções de monitoramento hidrossedimentométrico no Rio Jacuí a partir de maio de 2017.

Nas quatro campanhas de monitoramento hidrossedimentológico, realizadas em 2017, para avaliação do balanço do transporte de sedimentos no trecho fluvial referente ao contexto geográfico de inserção dos GM nº 185, 186 e 187, foram efetuadas medições de descargas líquidas e de descargas sólidas em suspensão e de fundo.

No Quadro 4.10 são apresentados os resumos dos dados obtidos nas campanhas de 2017, referentes às descargas líquidas e sólidas em suspensão. Já para o transporte de sedimentos, os resultados obtidos estão apresentados no Quadro 4.11.

Quadro 4.10 – Medições para obtenção da descarga líquida e sólida em suspensão nas seções de monitoramento em 2017.

Posto	Velocidade Média (m/s)	Área Molhada (m²)	Vazão Líquida (m³/s)	Largura Superficial (m)	Profundidade Média (m)	Css (g/l)	Qss (t/dia)
Arroio dos Ratos	0,290	163,49	47,31	67,52	2,42	0,0570	231,95
Montante	0,226	5.626,47	1.271,51	732,53	7,68	0,0140	1.533,63
Montante	0,339	5.094,55	1.727,98	772,61	6,31	0,0399	5.949,49
Montante	0,486	5.044,38	2.449,49	768,70	6,56	0,0867	18.342,49
Montante	0,279	5.028,55	1.400,49	766,80	6,56	0,0200	2.403,10
Jusante 1A	0,331	4.429,23	1.465,02	557,68	7,67	0,0441	5.582,09
Jusante 1A	0,414	4.399,27	1.822,43	563,20	7,81	0,0781	12.294,34
Jusante 1A	0,102	4.473,15	455,07	564,20	7,93	0,0200	773,00
Jusante 1B	0,531	1.333,81	708,83	234,19	6,73	0,0527	3.225,05
Jusante 1B	0,601	1.361,36	817,76	248,80	5,47	0,0759	5.363,39
Jusante 1B	0,244	1.524,55	372,06	227,90	6,69	0,0190	622,99
Jusante 2A	0,402	2.417,86	972,06	318,25	6,88	0,0460	3.865,88
Jusante 2A	0,477	2.490,71	1.186,98	326,00	7,64	0,0831	8.519,22
Jusante 2A	0,185	2.538,03	469,31	313,90	8,09	0,0240	976,81
Jusante 2B	0,362	3.201,66	1.157,58	612,65	4,79	0,0711	7.106,05
Jusante 2B	0,416	3.208,22	1.334,89	612,20	5,24	0,0995	11.476,89
Jusante 2B	0,128	3.319,80	425,99	601,60	5,52	0,0290	1.064,79
Jusante	0,195	6.127,97	1.196,75	785,16	7,81	0,0500	5.121,38
Jusante	0,294	6.435,81	1.879,84	767,88	7,78	0,0330	5.356,54
Jusante	0,400	6.247,44	2.497,88	788,20	7,93	0,0913	19.708,42
Jusante	0,192	6.576,14	1.263,30	785,20	8,38	0,0300	3.223,17

Quadro 4.11 – Taxa de transporte de sedimento por arraste (YANG, 1973).

Seção	Qsa (Yang) (t/dia)
Arroio dos Ratos	128,00
Montante	232,79
Montante	0,53
Montante	272,80
Montante	0,71
Jusante 1A	0,15
Jusante 1A	84,58
Jusante 1A	0,00
Jusante 1B	4,53
Jusante 1B	72,95
Jusante 1B	0,00
Jusante 2A	408,06
Jusante 2A	0,33

Seção	Qsa (Yang) (t/dia)
Jusante 2A	0,19
Jusante 2B	355,82
Jusante 2B	63,14
Jusante 2B	0,00
Jusante	179,44
Jusante	586,30
Jusante	125,09
Jusante	0,10

Por último são apresentadas as estimativas de descargas sólidas totais através da composição dos valores de descarga em suspensão e arraste (Quadro 4.12). Neste quadro, também são apresentadas as proporções dos diferentes tipos de transporte de sedimentos, com relação a descarga sólida total.

Quadro 4.12 – Descargas sólidas totais.

Posto	Qss + Qsa (t/dia)	Proporção	
		Suspensão (%)	Arraste (%)
Arroio dos Ratos	359,95	64,4	35,6
Montante	1766,42	86,8	13,2
Montante	5950,02	100,0	0,0
Montante	18615,29	98,5	1,5
Montante	2403,81	100,0	0,0
Jusante 1A	5582,24	100,0	0,0
Jusante 1A	12378,92	99,3	0,7
Jusante 1A	773,00	100,0	0,0
Jusante 1B	3229,58	99,9	0,1
Jusante 1B	5436,33	98,7	1,3
Jusante 1B	622,99	100,0	0,0
Jusante 2A	4273,94	90,5	9,6
Jusante 2A	8519,55	100,0	0,0
Jusante 2A	977,00	100,0	0,0
Jusante 2B	7461,88	95,2	4,8
Jusante 2B	11540,02	99,5	0,6
Jusante 2B	1064,79	100,0	0,0
Jusante	5300,81	96,6	3,4
Jusante	5942,83	90,1	9,9
Jusante	19833,51	99,4	0,6
Jusante	3223,27	100,0	0,0

Os dados demonstraram que há a ocorrência de transporte de sedimentos de fundo e suspensão. No entanto, o número de observações ainda é insuficiente para avaliar qual taxa de sedimentos fica depositada no trecho em questão.

A manutenção do programa de monitoramento permite a obtenção de curvas-chave de descargas líquidas e sólidas, estatisticamente mais consistentes, enquanto as séries históricas de descargas líquidas e sólidas, permitem identificar a dinâmica temporal dos

processos de erosão, transporte e deposição de sedimentos. As campanhas periódicas de batimetria permitirão a análise da dinâmica espacial destes processos no trecho de estudo.

4.6.1.1.4 Processos 019255-0567/12-5 e 003173-0567/16-8

Os dados de ambos os processos, localizados a jusante da Barragem do Fandango, demonstram resultados diferenciados para eventos de baixa vazão e após episódio de alta pluviometria.

Os sólidos que ingressam no trecho de Fandango Jusante se originam do trecho superior e dos tributários. O ingresso é feito através de suspensão e por arraste. Para os eventos de baixa vazão, em período que apresenta uma duração média de 146 dias/ano, os valores de carga de sólidos em suspensão e de arraste são apresentados no Quadro 4.13:

Quadro 4.13 – Hidrossedimentometria local em baixa vazão por suspensão.

Local	Vazão	Carga/Período
Fandango Jusante (Rio Jacuí – centro, margem esquerda e margem direita)	270,2 m³/s	670.207,30 ton

Este total de 670.207,30 toneladas de sólidos em suspensão que entram no trecho de Fandango Jusante, no período de baixa vazão, estimado em 146 dias no ano, é formada por silte, argila, sais e matéria orgânica, cuja densidade é pequena e permite sua diluição e suspensão em cursos fluviais, mesmo com baixas velocidades (Quadro 4.14).

Quadro 4.14 – Hidrossedimentometria local em baixa vazão por arraste.

Local	Tempo (min)	Carga/Período
Fandango Jusante (Rio Jacuí – centro, margem esquerda e margem direita)	23	1.547,80 ton

Já para eventos de pós enxurrada, o dado do processo 003173-0567/16-8, também situado a Fandango Jusante, datado de 19/05/2015, apresenta a descarga líquida varia entre 245,68 e 289 m³/s, para este trecho do Rio Jacuí. A descarga total de sólidos obtida através do método de Colby e de 254.514,50 toneladas/ano.

4.6.1.1.5 Processo 010269-0567/06-8

Os dados deste processo, localizados a montante da Barragem do Fandango, demonstram resultados apenas para eventos de baixa vazão.

Os sólidos que ingressam no trecho de Fandango Montante se originam do trecho superior e dos tributários. O ingresso é feito através de suspensão e por arraste. Para os eventos de baixa vazão, em período que apresenta uma duração média de 146 dias/ano, os valores de carga de sólidos em suspensão e de arraste são:

Quadro 4.15 – Hidrossedimentometria local em baixa vazão por suspensão.

Local	Vazão	Carga/Período
Fandango Montante	418,50 m³/s	579.826,7 ton

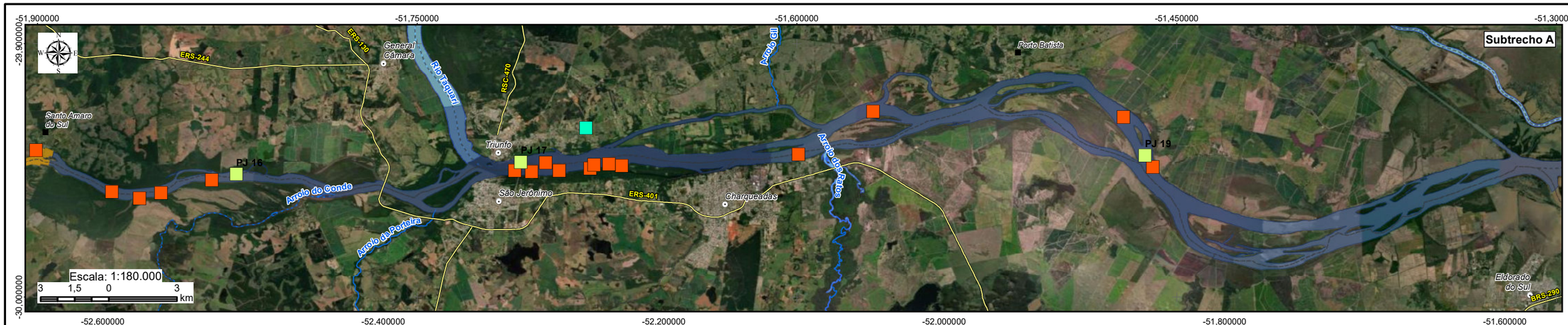
(Rio Jacuí – centro, margem esquerda e margem direita)		

Este total de 579.826,7 toneladas de sólidos em suspensão que entram no trecho de Fandango Montante, no período de baixa vazão, estimado em 146 dias no ano, é formada por silte, argila, sais e matéria orgânica, cuja densidade é pequena e permite sua diluição e suspensão em cursos fluviais, mesmo com baixas velocidades.

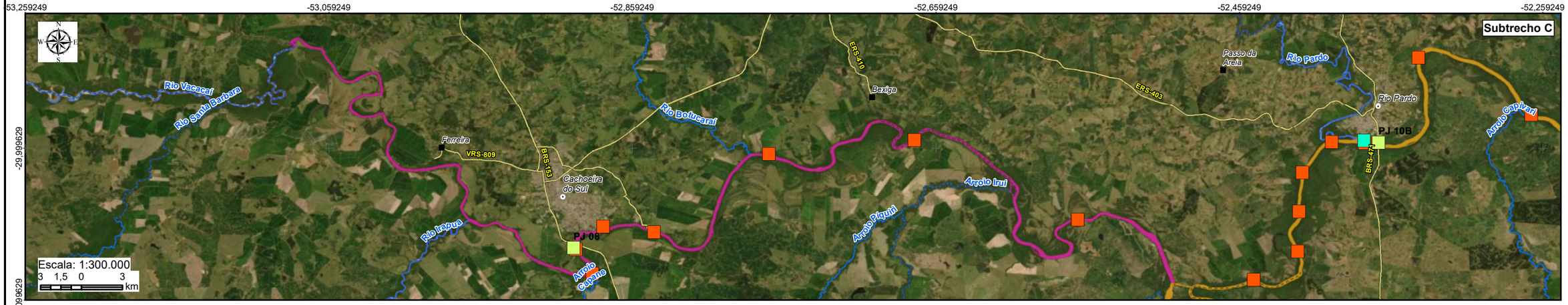
Quadro 4.16 – Hidrossedimentometria local em baixa vazão por arraste.

Local	Tempo (min)	Carga/Período
Fandango Montante (Rio Jacuí – centro, margem esquerda e margem direita)	21	1.024,78 ton

Conforme dados avaliados e considerados nesta compilação de dados secundários, pode-se especializar a concentração atual de informações para Hidrossedimentometria e apresentado a seguir no Mapa 4.4.







LEGENDA

- Sede municipal
- Vila
- Rodovia
- Rios principais
- Limite municipal

Rio Jacuí

- Subtrecho A
- Subtrecho B
- Subtrecho C

- Monitoramento de sedimentos (França, 2011)
- Estações sedimentométricas (ANA)
- Pontos de Monitoramento Sedimentométrico feitos por empresas



Elaboração: PROFILL

RELATÓRIO FINAL

ZONEAMENTO AMBIENTAL PARA A ATIVIDADE DE MINERAÇÃO DE AREIA NOS CURSOS MÉDIO E BAIXO DO RIO JACUÍ

Contratação e fiscalização: Fepam

Sistema de Coordenadas Geodésicas
Sistema Geodésico de Referência SIRGAS2000
Escala: Indicada

Mapa 4.4 - Espacialização dos dados secundários existentes para Hidrossedimentometria com pontos de leitura hidrossedimentométrica

Fonte de dados:
- Sede municipal: SEMARS (2018)
- Limite municipal: SEMARS (2018)
- Hidrografia: DRH/SEMA (2015)
- Subtrechos: Adaptado de DRH/SEMA (2015)
- Requerimentos minerários com monitoramento: FEPAM. Pontos (ANA, MACHADO, 2011)

4.6.2 Erosão das margens

A erosão é um processo complexo e apresenta-se de diversas maneiras na natureza, sendo sua medição igualmente difícil. Conhecer os elementos que influenciam e propiciam o modo como se desenvolve a erosão das margens, em determinado trecho do rio, é essencial para se conseguir compreender, de forma congruente, a problemática da erosão das margens. A determinação da taxa de erosão previsível para uma determinada margem, por exemplo, tem importância fundamental nessa problemática, pois permitirá aferir o grau de resistência do material da margem às ações do escoamento (BASTOS, 1999).

Neste cenário, em caráter local, Zancan Filho e Perez de Quadros (2017), mostraram que os processos que atuam na evolução do Rio Jacuí são bastante dinâmicos, complexos, e determinados por variáveis naturais e antrópicas. Conforme os dados demonstraram, as principais variáveis antrópicas potencialmente causadoras de erosão de margem no Rio Jacuí, seriam os barramentos, as eclusas, a mineração de areia, os defletores artificiais de fluxo, os canais escavados em rocha, a contenção artificial de margens, os pilares de pontes, o desmatamento de mata ciliar, o pisoteio de gado e a navegação. As principais causas naturais de erosão de margem observadas no Rio Jacuí seriam a quantidade e a natureza da descarga, a quantidade e o tipo de carga sedimentar, a dinâmica fluvial do rio, os direcionadores naturais de fluxo, o fenômeno de “terras caídas”, o aumento da velocidade de fluxo, a retroerosão, e a variação de carga sólida que ocorre pela entrada do fluxo dos rios afluentes no Rio Jacuí.

Os principais dados secundários referentes à caracterização das margens na área de estudo são provenientes de estudos de licenciamento ambiental para mineração de areia no Rio Jacuí entre 2009 e 2017. Para isto, foram compilados dados sobre aspectos morfodinâmicos extraídos dos monitoramentos das margens apresentados para os processos de licenciamento. Dentre este universo de processos foram observados um total de 2.507 registros de ocorrência de margem, sendo 2.359 para os Subtrechos A e B e 148 para o Subtrecho B.

Também foram levantados dados de erosão das margens constantes nos relatórios ambientais de áreas requeridas no Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM para extração de areia no Rio Jacuí, como complemento aos relatórios entregues para renovação das licenças de operação no ano de 2017.

Cabe ressaltar que o estudo de Instabilidade das Margens no Baixo Rio Jacuí - Município de Charqueadas, elaborado pelo Laboratório de Oceanografia Geológica do Instituto de Oceanografia da FURG (2010) foi consultado, mas os pontos analisados não apresentavam informações georreferenciadas, não sendo possível sua utilização.

Considerando que os processos erosivos marginais têm substancial importância no entendimento da dinâmica dos cursos hídricos ao longo do tempo e do espaço, sobretudo em margens de rio que possuem junto aos seus álveos atividades de mineração, foi elaborada, também, uma análise quantitativa da densidade de dragas atualmente aprovadas para

operação junto aos cursos médio e baixo do Rio Jacuí. A pesquisa demonstrou um total de 19 dragas ativas na área, distribuídas ao longo de 10 municípios (Quadro 4.17).

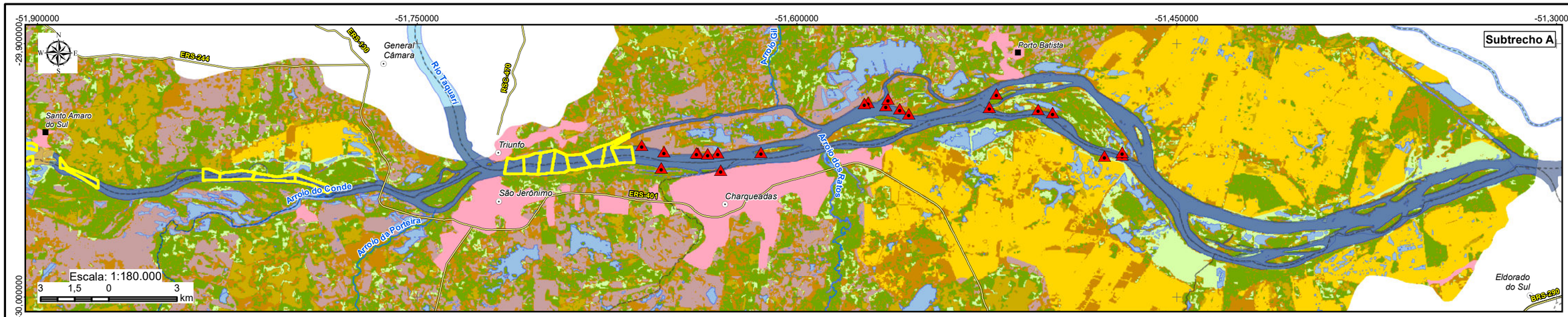
Quadro 4.17 – Densidade de dragas de extração de areia por município, ao longo dos cursos médio e baixo do Rio Jacuí.

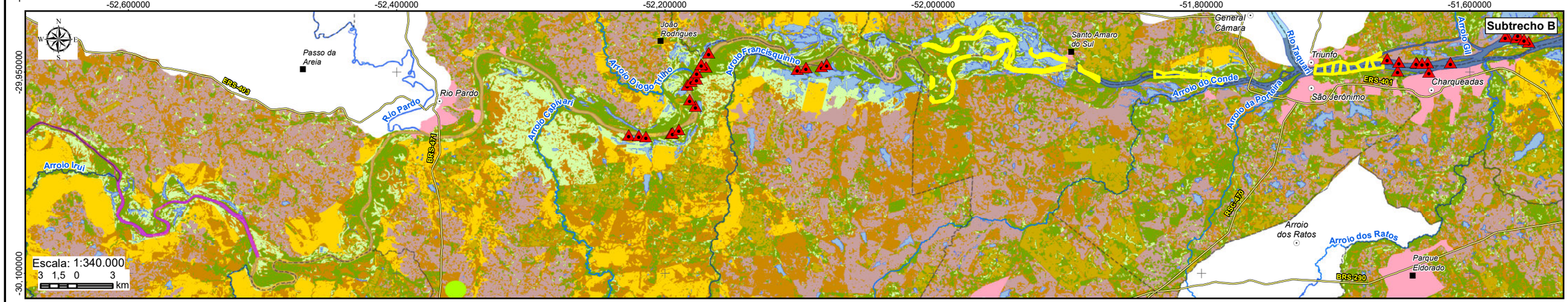
Município	Nome Draga	Processo FEPAM	LO (em vigor/prorrogada)
Butiá	Draga African Boy	9998-0567/15-6	2485/2017
Cachoeira do Sul	Dois Irmãos	1995-0567/17-6	247/2018
	Draga Liziane	780-0567/16-9	1572/2016
	Draga Âncora II	450-0567/16-9	3979/2016
	Draga América	12642-0567/13-5	7860/2016
Charqueadas	Draga Imara	798-0567/16-2	2525/2017
	Draga Sertaneja	2486-0567/12-2	2484/2017
Eldorado do Sul	Draga Barba Negra	7288-0567/15-2	2516/2017
Rio Pardo	Draga Cristo Rei	4003-0567/12-1	6409/2015
	Draga El Monte Castelo	846-0567/16-6	3488/2016
	Draga Leopoldo Rauber	5501-0567/11-6	3517/2012
	Draga Santo Ângelo	681-0567/16-3	3612/2016
	Draga Sol Divino	19641-0567/12-5	2468/2017
São Jerônimo	Draga Nova Prata	2263-0567/15-9	2472/2017
	Draga Naura	7258-0567/15-7	2465/2017
	Draga Avenida	8891-0567/15-1	2487/2017
Triunfo	Draga Santos	799-056/16-5	2462/2017
	Draga Jaburu I	2593-0567/16-7	2526/2017
	Draga Veneza I	3957-0567/16-0	2551/2017

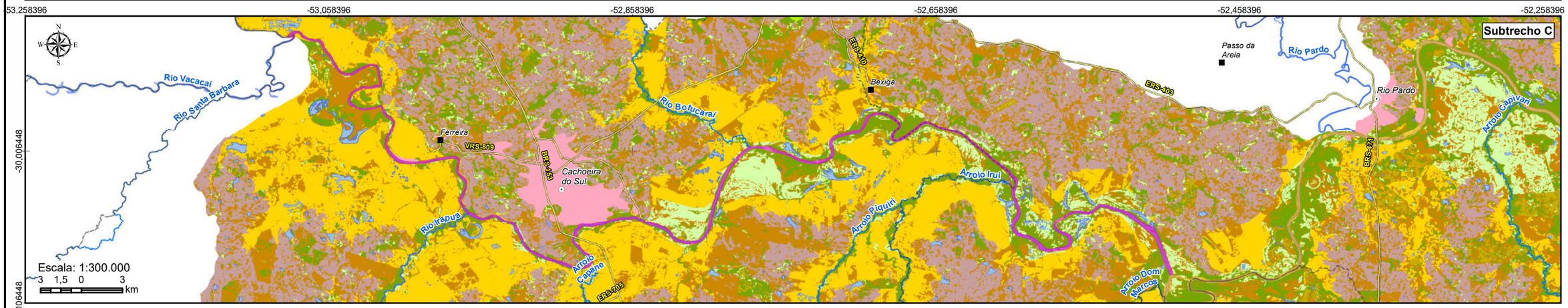
Fonte: FEPAM (consulta em 06/09/2018).

Conforme dados avaliados e considerados nesta compilação, em um total de 38 processos minerários, foi possível espacializar a concentração atual de informações para Ocorrências de Margens que totalizaram 2507 ocorrências de diferentes naturezas entre os anos de 2009 e 2017 e apresentado a seguir no Mapa 4.5.

Os dados secundários referentes à caracterização da erosão nas margens na área de estudo foram avaliados de forma integrada com os levantamentos de dados primários coletados durante o presente processo de zoneamento ambiental. Sendo que a análise integrada e as principais conclusões estão apresentadas no capítulo referente ao Diagnóstico Consolidado.







LEGENDA

- Sede municipal
- Vila
- Rodovia
- Rios principais
- Massa d'água
- Limite municipal
- Pontos com Monitoramento de Margens
- Processos Minerários com Monitoramento de Margens

Rio Jacuí

- Subtrecho A
- Subtrecho B
- Subtrecho C

Classe de uso e ocupação do solo

- Lâmina d'Água
- Campos/Pastagens
- Capoeira/Vegetação Arbustiva
- Mata Nativa/Ciliar
- Silvicultura
- Áreas Agrícolas
- Áreas Agrícolas Irrigadas (pivots)
- Áreas Agrícolas Irrigadas (rizicultura)
- Áreas Urbanizadas



Elaboração: PROFILL

RELATÓRIO FINAL

ZONEAMENTO AMBIENTAL PARA A ATIVIDADE DE MINERAÇÃO DE AREIA NOS CURSOS MÉDIO E BAIXO DO RIO JACUÍ

Contratação e fiscalização: Fepam

Sistema de Coordenadas Geodésicas
Sistema Geodésico de Referência SIRGAS2000
Escala: Indicada

Mapa 4.5 - Espacialização dos dados secundários existentes com pontos de ocorrências de margens e/ou processos minerários com avaliação de ocorrências de margens.

Fonte de dados:
- Sede municipal: SEMARS (2018)
- Limite municipal: SEMARS (2018)
- Rodovia: SEMARS (2018)
- Hidrografia: DRH/SEMA (2015)
- Subtrechos: Adaptado de DRH/SEMA (2015)
- Ocorrencias de margem: FEPAM

5 CONSOLIDAÇÃO DOS DADOS SECUNDÁRIOS DO MEIO BIÓTICO

Os principais temas do Meio Biótico a serem apresentados neste item referem-se à compilação de dados secundários a qual focou principalmente nos temas: cobertura vegetal, fauna terrestre (margens e APP), ictiofauna e ecossistema aquático e de transição e comunidade bentônica.

Além das fontes indicadas para cada grupo avaliado, complementarmente também foram analisados 24 processos de licenciamento ambiental referentes à obtenção e renovação de Licenças de Operação que continham informações do Meio Biótico.

5.1 Flora: Situação dos remanescentes de Vegetação Nativa, Áreas Legalmente Protegidas e Áreas Prioritárias para Compensação Ambiental

A Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul (FZB/RS) elaborou em 2018, um estudo técnico contendo informações, análises e recomendações em forma de diretrizes para subsidiar a recuperação da vegetação ciliar do Rio Jacuí, como desdobramento da Ação Civil Pública nº 5026100-41.2013.404.7100/RS (Zoneamento Ambiental para a atividade de mineração de areia nos cursos médio e baixo do Rio Jacuí). O referido estudo, denominado "*Elaboração de diretrizes para recuperação da vegetação ciliar do Rio Jacuí"*, incluiu as margens do Rio Jacuí entre o seu delta e a foz do Rio Vacacaí, abrangendo os municípios de Cachoeira do Sul, Charqueadas, General Câmara, São Jerônimo, Minas do Leão, Pantano Grande, Restinga Seca, Rio Pardo e Triunfo.

Seu objetivo principal foi elaborar um diagnóstico das Áreas de Preservação Permanente/APP no baixo Jacuí realizando sua caracterização a partir de estudos botânicos (composição e estrutura), ecológicos (fatores bióticos e abióticos) e de geoprocessamento (mapeamento e análises espaciais), incluindo um mapeamento do uso e cobertura ao longo das áreas avaliadas como subsídio ao zoneamento destas APP em oposição a conflitos e vetores de pressão existentes, e a proposição de métodos de recuperação para as diferentes situações encontradas.

Em função do tamanho, a área foi dividida em 3 trechos, de jusante a montante: *Trecho 1* – entre a foz do Delta do Jacuí e a Eclusa de Amarópolis, *Trecho 2* – entre a Eclusa de Amarópolis e a Eclusa Anel de Dom Marco e *Trecho 3* – entre a Eclusa Anel de Dom Marco e a foz do Rio Vacacaí. Também, considerando que a largura do Jacuí entre a foz do Vacacaí (mais estreita) e o delta (mais larga) é variável, foi avaliada uma faixa uniforme de 500 m ao longo de todo o segmento, equivalente à Áreas de Preservação Permanente/APP para rios com largura superior a 600 m, nos termos da Lei nº 12.651/2012 (Código Florestal Brasileiro).

No total, foram vistoriados 325 pontos ao longo dos 3 trechos, com a amostragem para caracterização da vegetação ficando concentrada em Rio Pardo, onde segmentos mais conservados de diferentes tipologias foram utilizados como áreas de referência para recuperação da vegetação em áreas mais degradadas ao longo do Jacuí.

Uma síntese dos principais resultados obtidos é apresentada a seguir.

5.1.1 Diagnóstico das Áreas de Preservação Permanente no Baixo Jacuí

5.1.1.1 Mapeamento do Uso e Cobertura do Solo

Foram classificados 26.332,3 hectares distribuídos em 10 classes de uso e cobertura do solo, quais sejam: agricultura, área edificada, áreas úmidas, areia, campos/pastagens, corpos d'água, florestas, mineração, mosaico florestas/áreas úmidas e silvicultura.

As classes com maior cobertura, em todos os trechos avaliados, foram florestas, agricultura, áreas úmidas e campos/pastagens recobrindo um total de 92,4 % da área mapeada no estudo (Quadro 5.1). Foi possível observar que as florestas e áreas agrícolas, juntas, representaram mais do que 70 % do uso e cobertura do solo nas Áreas de Preservação Permanente/APP no baixo Jacuí. O Mapa 5.1 apresenta a classificação do uso e cobertura do solo na área de estudo.

Quadro 5.1 – Classes de cobertura e uso do solo nos três trechos na área de estudo.

Classe	Trecho 1		Trecho 2		Trecho 3		Total Geral	
	Hectares	%	Hectares	%	Hectares	%	Hectares	%
Florestas	2.752,9	42,90	6.417,7	66,20	4.160,6	40,70	13,330,7	50,60
Agricultura	1.996,6	31,10	887,1	9,10	3.313,4	32,40	6.197,2	23,50
Áreas Úmidas	280,0	4,40	1.319,1	13,60	893,2	8,70	2.492,3	9,50
Campos/Pastagens	627,5	9,80	498,4	5,10	1.184,3	11,60	2.310,2	8,80
Área Edificada	515,7	8,04	153,8	1,60	132,7	1,30	802,2	3,00
Corpos d'água	180,3	2,80	290,0	3,00	97,5	0,90	567,7	2,20
Mosaico florestas/áreas úmidas	29,8	0,50	116,7	1,20	423,2	4,10	569,7	2,20
Areia	2,6	0,040	3,8	0,04	17,4	0,17	23,7	0,10
Silvicultura	29,2	0,50	1,9	0,02	2,3	0,02	33,5	0,10
Mineração	0	0	5,3	0,05	0	0	5,3	0,02
Total por Trecho	**6.413,8**	**24,4**	**9.693,8**	**36,8**	**10.224,7**	**38,8**	**26.332,3**	**100,0**

Fonte: FZB (2018).

As formações florestais representaram 50,6 % da área mapeada, predominando no Trecho 2 (66,2 %). As tipologias de floresta incluíram as formações: camboinzal, floresta de várzea, floresta de branquilhos, floresta de ingazeiros e floresta estacional (Figura 5.1).

As áreas agrícolas recobriram 23,5 % das Áreas de Preservação Permanente/APP no baixo Jacuí, abrangendo largas extensões e chegando muitas vezes até a margem do próprio rio (Figura 5.2). Estas áreas são ocupadas principalmente pelo cultivo anual de arroz irrigado e soja, e também por áreas de plantio em preparação ou recentemente plantadas. Segundo o estudo, nos Trechos 1 e 3 esta classe representou mais do que 30% da cobertura do solo.

As áreas úmidas, responsáveis por 9,5 % da área mapeada no estudo, predominaram no Trecho 2 (13,6 %). Entre elas foram muito frequentes os ambientes aquáticos ou semiaquáticos associados a solos hidromórficos, resultado de deposições causadas pelos pulsos de inundação do rio. O estudo destaca, entretanto, que as constantes mudanças resultantes da dinâmica do Rio Jacuí originaram um conjunto diversificado com lagoas marginais, meandros, banhados, sarandizais, entre outras tipologias (Figura 5.3).

A maior parte dos campos/pastagens mapeados na Área de Preservação Permanente/APP do baixo Jacuí (8,8 % do uso e cobertura do solo) resultaram da conversão de florestas e áreas úmidas. Salientou-se que em função da dificuldade em diferenciar o campo nativo das pastagens nas imagens de satélite, incluíram-se tanto as áreas de campo nativo em diferentes estados de conservação como formações naturais convertidas em pastagens nesta classe, assim como áreas em pousio há mais de três anos.



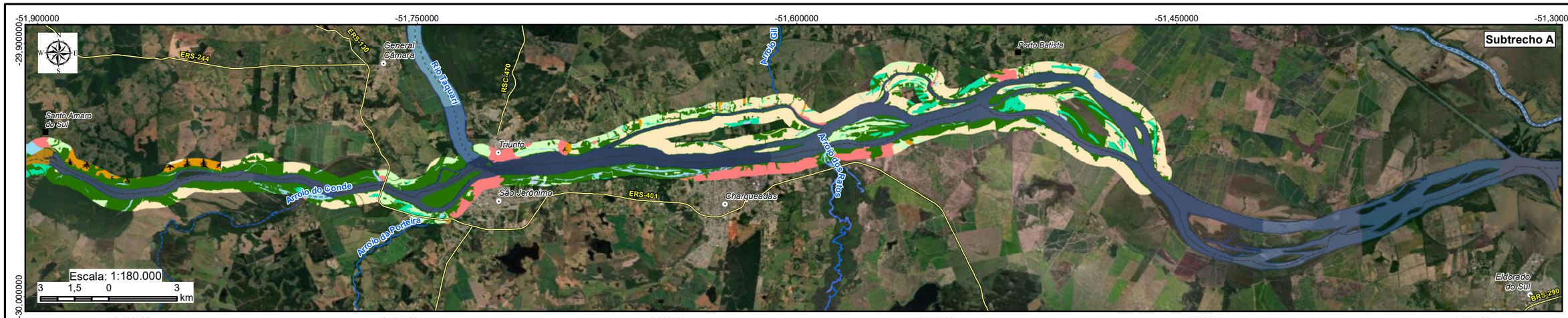
Figura 5.1 – Floresta sobre o dique marginal próximo à foz da Sanga do Cabral, Rio Pardo.
Fonte: FZB (2018).

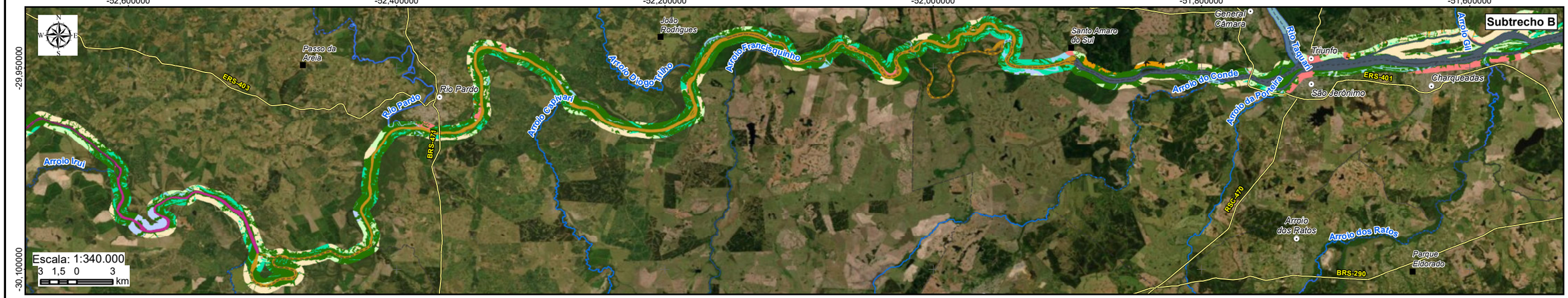


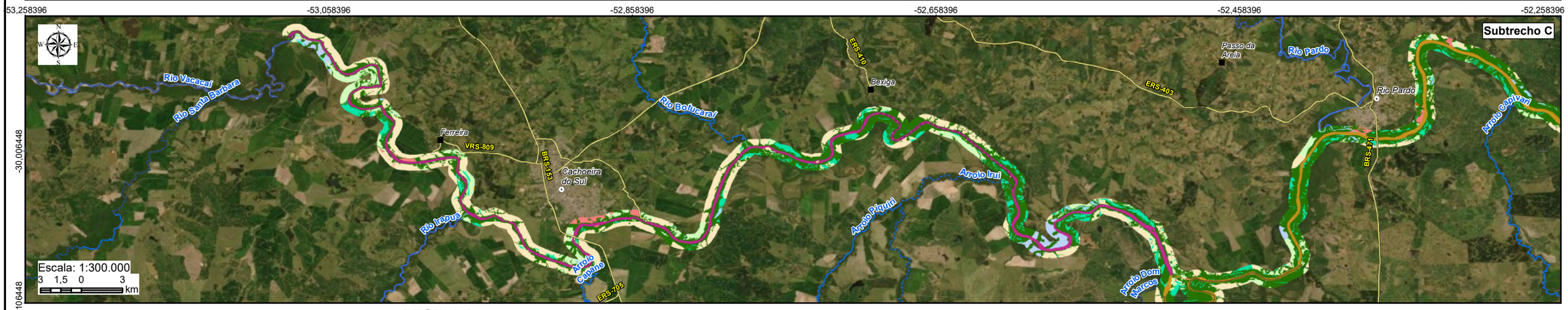
Figura 5.2 – Agricultura com lavouras muito próximas à margem do rio.
Fonte: FZB (2018).



Figura 5.3 – Área úmida com vegetação circundante suprimida, provavelmente arbórea.
Fonte: FZB (2018).







LEGENDA

- Sede municipal
- Vila
- Rodovia
- Rios principais
- Massa d'água
- Limite municipal

Rio Jacuí

- Subtrecho A
- Subtrecho B
- Subtrecho C

Uso do Solo

- Agricultura
- Areia
- Campos/Pastagem
- Corpos d'água
- Florestas
- Mineração
- Mosaico Florestas/Áreas Úmidas
- Silvicultura
- Área Urbana
- Áreas Úmidas



Elaboração: PROFILL

RELATÓRIO FINAL

ZONEAMENTO AMBIENTAL PARA A ATIVIDADE DE MINERAÇÃO DE AREIA NOS CURSOS MÉDIO E BAIXO DO RIO JACUÍ

Contratação e fiscalização: Fepam

Sistema de Coordenadas Geodésicas
Sistema Geodésico de Referência SIRGAS2000
Escala: Indicada

Mapa 5.1 - Cobertura vegetal e uso do solo

Fonte de dados:
- Sede municipal: SEMARS (2018)
- Limite municipal: SEMARS (2018)
- Rodovia: SEMARS (2018)
- Hidrografia: DRH/SEMA (2015)
- Subtrechos: Adaptado de DRH/SEMA (2015)
- Uso do Solo: FZB (2019)

5.1.1.2 Caracterização da Cobertura Vegetal Natural

O estudo da FZB demonstrou que a vegetação apresentou amplas variações em sua formação e composição, e que estas diferenças resultaram de contrastes ao longo do trajeto do rio e da heterogeneidade causada pela dinâmica das águas.

Quanto à composição florística, registraram-se 2.636 indivíduos pertencentes a 229 espécies de plantas vasculares; destes, 2.462 são espécies arbóreas ou arborescentes nativas no Estado (93,4 %) (Quadro 5.2). As famílias com maior riqueza florística foram Myrtaceae (18 %) e Fabaceae (10 %), seguidas por outras quatro famílias, Lauraceae, Euphorbiaceae, Salicaceae e Sapotaceae, sendo que Myrtaceae e Fabaceae também se destacaram em número de indivíduos em todas as zonas da faixa amostrada.

Quadro 5.2 – Atributos das espécies arbóreas e arborescentes amostradas por zonas no Rio Jacuí.

Atributos	Dique	%	Encosta	%	Várzea	%	Total
Riqueza de espécies	105	61,76	145	85,29	117	68,82	170
Número de Indivíduos	583	23,68	791	32,13	1.088	44,19	2.462
Dispersão Anemocórica	89	27,81	121	37,81	110	34,38	320
Dispersão Autocórica	76	23,17	61	18,60	191	58,23	328
Dispersão Zoocórica	418	23,04	609	33,57	787	43,38	1.814

Fonte: FZB (2018).

No dique marginal, as espécies com maiores frequência e/ou densidade foram o açoita-cavalo (*Luehea divaricata),* a laranjeira-do-mato (*Actinostemon concolor),* o cincho (*Sorocea bonplandii*), a grápia (*Apuleia leiocarpa*), o chá-de-bugre (*Casearia sylvestris*), o ingá-de-beira-de-rio (*Inga vera*) e a pitangueira (*Eugenia uniflora*), enquanto na encosta foram a grápia, a laranjeira-do-mato, o chá-de-bugre, a guajuvira (*Cordia americana*), o cincho, o açoita-cavalo, a batinga-branca (*Eugeniar ramboi*) e o uvá (*Myrcia glabra*). Na zona da várzea, destacaram-se o ingá-de-beira-de-rio, o branquilho (*Gymnanthes klotzschiana*), o camboim (*Myrciaria cuspidata*), o açoita-cavalo, o aguaí (*Chrysophyllum gonocarpum*), a embira (*Daphnopsis racemosa),* a pitangueira, a laranjeira-do-mato e o camboim-pitanga (*Eugenia uruguayensis)*.

Os resultados apresentados no Quadro 5.2 demonstram que a maior parte dos registros de exemplares lenhosos ocorreu na zona de várzea (44 %), que ocupa a maior parte da faixa de 500 m das margens do Rio Jacuí ao longo da área de estudo. Não obstante, na zona de encosta se observou a maior riqueza específica, com o registro de 85 % das espécies, provavelmente pelas condições mais estáveis, sem pulsos de inundação, anoxia e outras condições limitantes.

Aproximadamente 3 % das espécies (N = 6) foram características de áreas alagadas: os sarandis (*Cephalanthus glabratus, Gymnanthes schottiana, Phyllanthus sellowianus* e *Terminalia australis*), a laranjeira-do-banhado (*Citronella gongonha*) e a corticeira-do-banhado (*Erythrina crista-galli*), enquanto cerca de 5 % (N = 8) são adaptadas a terrenos mal drenados. Trinta e duas espécies (19 %) ocorreram tanto em terrenos bem drenados quanto mal

drenados e 124 (73 %) ocorreram preferencialmente em terrenos bem drenados, mas foram eventualmente encontradas em áreas menos bem drenadas.

Observou-se que cerca de 75 % das espécies registradas são dispersas por animais, evidenciando a importância das interações animal-planta em comunidades ciliares. Importante destacar que as síndromes de dispersão dos frutos e sementes foram uma das características determinantes para a seleção das espécies a serem utilizadas em processos de recuperação da vegetação.

Considerando a classificação em grupos ecológicos como outro atributo determinante na escolha das espécies, o estudo evidenciou que a maioria delas é classificada como secundária inicial (60 %), seguindo-se em proporções semelhantes pioneiras (21 %) e secundárias tardias (19 %). Maior densidade de indivíduos pertencentes a espécies pioneiras ocorreu na várzea, seguida pelo dique e pela encosta; espécies secundárias tardias apresentaram maior densidade relativa na encosta, seguida pelo dique e então pela várzea.

Quanto às formações vegetais naturais, as principais tipologias identificadas nas Áreas de Preservação Permanente/APP do baixo Jacuí foram as florestas, as áreas úmidas e os campos. As florestas estiveram representadas pelas seguintes tipologias: camboinzal, floresta de branquilhos e floresta de ingazeiros em áreas mal drenadas; floresta estacional, única formação característica de áreas bem drenadas; e floresta de várzea, que incluiu áreas com presença constante de gradientes entre formações florestais e com limites por vezes pouco nítidos, tanto em áreas alagadas ou mal drenadas.

Os camboinzais, relativamente frequentes na várzea, se caracterizaram como florestas baixas, até 8 a 9 m de altura, com elevada densidade de indivíduos de camboim (*Myrciaria tenella*) (Figura 5.4), na maioria das vezes associado a outras mirtáceas em terrenos mais drenados.



Figura 5.4 – Camboinzal: formação dominada por indivíduos de camboim (*Myrciaria tenella*).
Fonte: FZB (2018).

Ocorrendo principalmente em torno de áreas permanentemente alagadas, a floresta de branquilhos representou uma das formações mais homogêneas e características na várzea do Rio Jacuí em trechos mal drenados, caracterizando-se como uma floresta baixa com até

10 a 12 m de altura e elevada densidade de indivíduos de branquilho (*Gymnanthes klotzschiana*), por vezes acompanhados de uns poucos indivíduos de outras espécies.

A floresta de ingazeiros foi uma formação também bastante homogênea registrada em áreas temporárias ou permanentemente alagadas na planície de inundação do rio. Esta tipologia caracterizou-se pela dominância de ingá-de-beira-de-rio (*Inga vera*), que em alguns trechos pode representar até 95 % de todos os indivíduos no dossel e atingir até 1 m de diâmetro e mais de 20 m de altura (Figura 5.5).



Figura 5.5 – Floresta de ingazeiros: aspecto exterior em área do rio sem dique marginal.
Fonte: FZB (2018).

As florestas de várzea foram consideradas como aquelas formações situadas ao longo da planície de inundação (várzea) do rio onde predominaram mosaicos florestais com ou sem a presença de uma espécie dominante, que sofrem inundação periódica ou permanente, apresentaram baixa riqueza e grande homogeneidade fitofisionômica. No dossel, que pode atingir 20 m de altura, foram comuns o ingá-de-beira-de-rio (*Inga vera*), o açoita-cavalo (*Luehea divaricata*), a canela (*Nectandra angustifolia*) e o aguaí (*Pouteria gardneriana*). O ingá-de-beira-de-rio e o branquilho podem formar florestas com elevada densidade de indivíduos, onde o primeiro ocupou o dossel e o segundo dominou o sub-bosque (Figura 5.6).



Figura 5.6 – Floresta de várzea junto à foz do arroio Capivari, Rio Pardo.
Fonte: FZB (2018).

Recobrindo áreas bem drenadas ou sujeitas a breves períodos de inundação, a floresta estacional se configurou como uma formação bastante heterogênea devido a variações no terreno, distribuindo-se sobre o dique marginal e elevações na planície de inundação, margens altas de lagoas e encostas, variando seu porte e riqueza em relação a sua distância do rio e/ou suas condições de drenagem.

Os remanescentes localizados sobre o dique marginal variam em composição, riqueza e porte (12 a 20 m de altura) de acordo com a elevação, a extensão e o tempo de formação do dique. Nas áreas bem drenadas e estáveis foram comuns indivíduos emergentes de grápia (*Apuleia leiocarpa*), espécie muito característica e que se destacou fisionomicamente na paisagem, tanto no dique quanto na encosta. As florestas situadas nos terraços (encosta) apresentaram maior riqueza, dossel mais alto (maior que 20 m de altura) e estrutura mais complexa e diversificada, com a composição florística variando naturalmente conforme local e o estágio sucessional da vegetação. Nas florestas mais conservadas observou-se nitidamente a presença de três estratos: dossel, subdossel e sub-bosque (Figura 5.7).



Figura 5.7 – Floresta estacional de encosta na margem da lagoa do Vasco, Cachoeira do Sul.
Fonte: FZB (2018).

O estudo destaca que, entre todas as formações florestais analisadas, a floresta estacional foi a mais explorada, sendo natural, por consequência, que espécies mais nobres como o ipê-roxo, a caroba, a guajuvira, o louro-pardo, a grápia, o angico-vermelho, a canjerana e o cedro, muito mais abundantes na floresta estacional sejam atualmente mais raras ou ausentes em alguns remanescentes.

Entre as áreas úmidas (em geral banhados, maricazais e sarandizais), os banhados foram mais frequentes próximo ao Delta do Jacuí, onde os terrenos são mais planos e a largura da planície de inundação é maior, estando caracterizados pela dominância de macrófitas aquáticas (Figura 5.8). Os maricazais - formação pioneira característica de áreas periodicamente inundáveis constituído por maricás (*Mimosa bimucronata*) no estrato superior e predominantemente recoberto por gramíneas no estrato inferior - foram pouco frequentes nas Áreas de Preservação Permanente/APP no baixo Jacuí, enquanto os sarandizais estiveram associados a terrenos permanente ou temporariamente alagados, estando constituídos por uma ou mais espécies de sarandis (sarandi-vermelho/*Phyllanthus*

sellowianus, sarandi-branco/*Cephalanthus glabratus*, sarandi-miúdo/*Gymnanthes schottiana*, sarandi-amarelo/*Terminalia australis*) e, em menor abundância, o maricá.



Figura 5.8 – Área de banhado a oeste do Porto Batista, Triunfo.
Fonte: FZB (2018).

Os campos, pertencentes ao domínio do Pampa, são pouco frequentes na região e foram raríssimos na área de estudo.

5.1.2 Espécies de interesse especial para recuperação da vegetação ciliar

Diferentes grupos de espécies foram mais ou menos frequentes e abundantes nas três zonas da faixa ciliar do Jacuí. Entre estes grupos, 63 espécies foram consideradas chave para ações de recuperação da vegetação, juntamente com informações sobre sucessão, dispersão, exigências quanto à drenagem do terreno e as abundâncias relativas.

O grupo de espécies largamente generalistas, que ocorreram em todos os terrenos e zonas no baixo Jacuí (excetuando-se as áreas permanentemente alagadas), denominadas supergeneralistas (“supertramps”) no estudo, esteve representado pela laranjeira-do-mato, a grápia, o chá-de-bugre, a pitangueira, o açoita-cavalo, o camboim, o cincho, o jerivá, o leiteirinho (*Sebastiania brasiliensis*) a canela-lajeana (*Ocotea pulchella*), a guabirobeira (*Campomanesia xanthocarpa*), a cerejeira (*Eugenia involucrata*), a batinga-branca, o guamirim, a pedra-ume-caá, o chal-chal, o camboatá-vermelho e o camboatá-branco.

A maioria das espécies-chave ocorreu em terrenos preferencialmente bem drenados (49 %), sendo que um número igualmente representativo (36,5 %) foi indiferente ao tipo de terreno (excetuando-se os terrenos alagados). Poucas espécies ocorreram preferencialmente ou exclusivamente em terrenos mal drenados e alagados.

O grupo de espécies “indiferentes” apresenta a clara vantagem da versatilidade, entretanto espécies com requisitos específicos quanto a características do terreno podem ter desempenho superior naqueles aos quais estão bem adaptadas. Neste sentido, poucas espécies se mostraram adaptadas às condições de anoxia e estresse hídrico presentes em terrenos mal drenados ou permanentemente alagados, frequentes na região. Segundo o estudo, essas espécies são fundamentais para a recuperação destas áreas.

Considerando o potencial facilitador para a colonização de outros ambientes dos táxons da família Fabaceae, entre eles as áreas degradadas, observa-se que as 6 espécies-chave desta família são todas pioneiras ou secundárias iniciais quanto ao processo sucessional, compreendem árvores de grande porte e arvoretas, e incluem também espécies adaptadas a todos os tipos de terreno presentes na área de estudo.

Entre as espécies não arbóreas que se destacaram no ecossistema de várzea, zona dominante na área de estudo, o taquaruçu-de-espinho (*Guadua trinii*), muito frequente e abundante em áreas mal drenadas ou alagadas durante longos períodos, e do capim-santa-fé (*Panicum prionites*), que ocorreu sempre próximo a massas d'água, também podem ser utilizadas com sucesso em projetos de recuperação da vegetação. Entretanto, o estudo destaca que ainda é necessário transpor a barreira da produção de sementes e mudas.

5.1.3 Zoneamento das áreas de preservação permanente em oposição a conflitos e vetores de pressão existentes

No mapeamento do uso e cobertura do solo, as classes agricultura, área edificada, campos/pastagens, silvicultura e mineração foram consideradas conflitantes quando registradas nas Áreas de Preservação Permanente (APP), constituindo-se em vetores de pressão sobre a vegetação nativa. Assim, as APPs do baixo Jacuí foram mapeadas considerando as classes áreas convertidas (classes conflitantes) e remanescentes naturais, resultando no zoneamento apresentado no Mapa 5.2.

Importante destacar que as áreas convertidas são aquelas onde a cobertura natural original foi alterada por usos distintos, e vetores de pressão foram considerados os fatores, internos ou externos, naturais ou ocasionados pelo ser humano, que podem prejudicar ou impactar negativamente as APPs. Ainda, que a área total dos trechos que necessitaram de ações de recuperação resultou da soma da área destas classes conflitantes, enquanto a área total dos remanescentes naturais procedeu da soma da área das demais classes (e.g. áreas úmidas, florestas e mosaico florestas/áreas úmidas).

Os remanescentes naturais (feições não antrópicas) representaram 64 % da área total, sendo o Trecho 2 o mais conservando, preservando aproximadamente 84 % de áreas naturais, seguido pelo Trecho 3, com cerca de 54,7 %. O trecho mais próximo à Região Metropolitana de Porto Alegre e que compreende três sedes municipais – Charqueadas, São Jerônimo e Triunfo (Trecho 1) apresentou o menor percentual de áreas naturais (50,6 %), situação esperada em função do histórico de ocupação e urbanização da região.

Os principais responsáveis pela conversão de APP em outros usos foram a agricultura, que totalizou aproximadamente 33 % da cobertura das áreas convertidas nos Trechos 1 e 3, e os campos/pastagens, resultantes da conversão de florestas e áreas úmidas. A extensão de áreas convertidas em silvicultura (monoculturas de espécies arbóreas exóticas) foi pequena nos trechos analisados, enquanto outras atividades econômicas, como a mineração, ocorreram apenas pontualmente, dependendo de condições favoráveis específicas.

O estudo destaca que as intervenções antrópicas relacionadas a obras de engenharia, como as eclusas no segmento do rio estudado, produziram alterações que possivelmente até

hoje não foram mensuradas de forma abrangente e detalhada. Observaram-se margens e ambientes fortemente degradados próximos a essas obras, aparentemente sem que estejam ocorrendo medidas de recuperação das margens ou de diminuição do processo contínuo de degradação. Também foi possível verificar, com relativa frequência, processos erosivos destruindo barrancas, mesmo em margens estáveis e deposicionais.

Nas áreas próximas ao Delta do Jacuí (início do Trecho 1), foram observadas margens estáveis florestadas com árvores de grande porte e raízes profundas, como indivíduos de angico-vermelho e açoita-cavalo, simplesmente tombando e sendo levados pelo rio. Nesses locais, constatou-se que junto às margens a profundidade do Jacuí pode chegar a 5 m, algo absolutamente incomum e não natural. Sobre este fenômeno, o estudo destaca que: *"A única explicação plausível parece ser a extração de areia praticamente nas margens do rio, pois do contrário a profundidade não seria desta monta e nem árvores de grande porte seriam tombadas apesar de terem raízes profundas."*

Quanto às ações de recuperação da vegetação no baixo Jacuí, o estudo sugere que elas iniciem onde estão os maiores níveis de degradação e conversão de áreas naturais, no caso os Trechos 1 e 3, uma vez que algumas dessas áreas convertidas, mesmo consolidadas, comprometem a qualidade ambiental de suas águas

O estudo destacou que o planejamento das estratégias e ações para a recuperação da vegetação deve ser efetuado a partir do diagnóstico detalhado das condições ambientais da área a ser recuperada, e apresentou um fluxograma de recuperação ambiental de florestas ciliares (Figura 5.9).

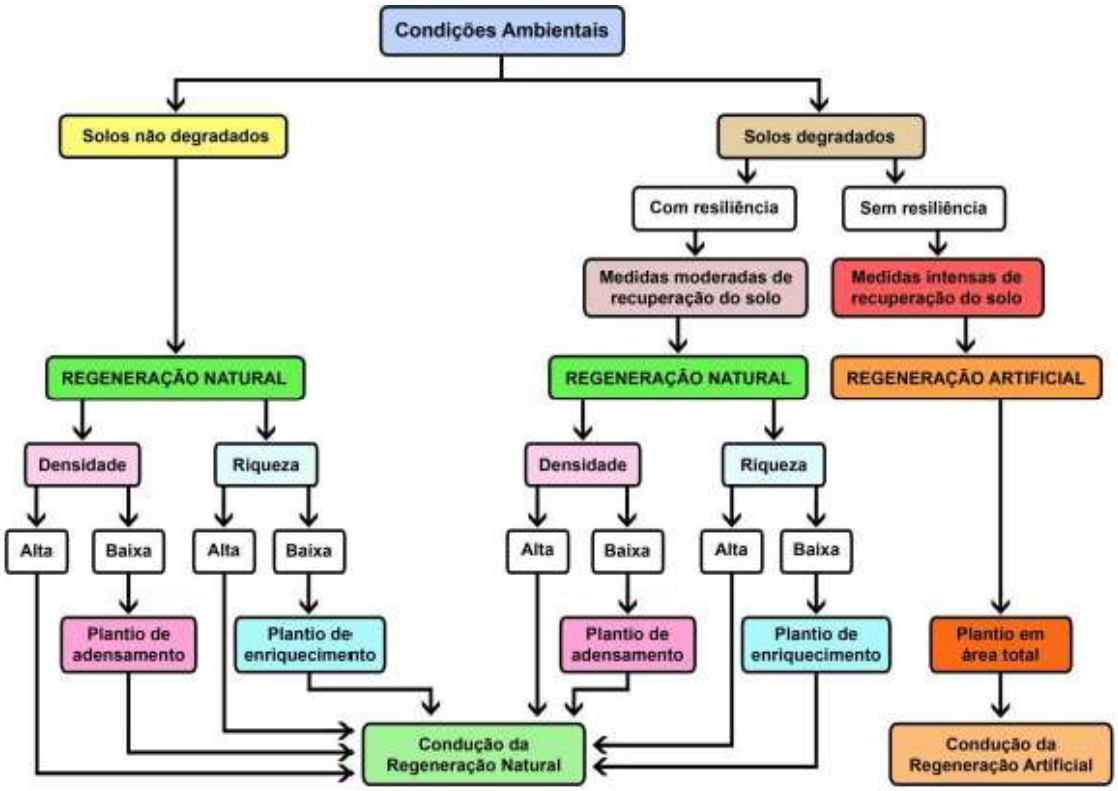
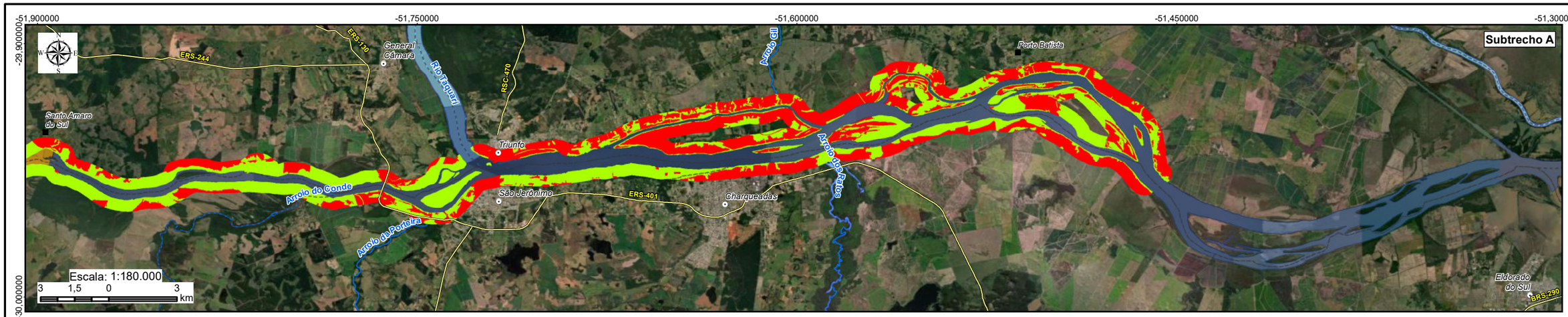
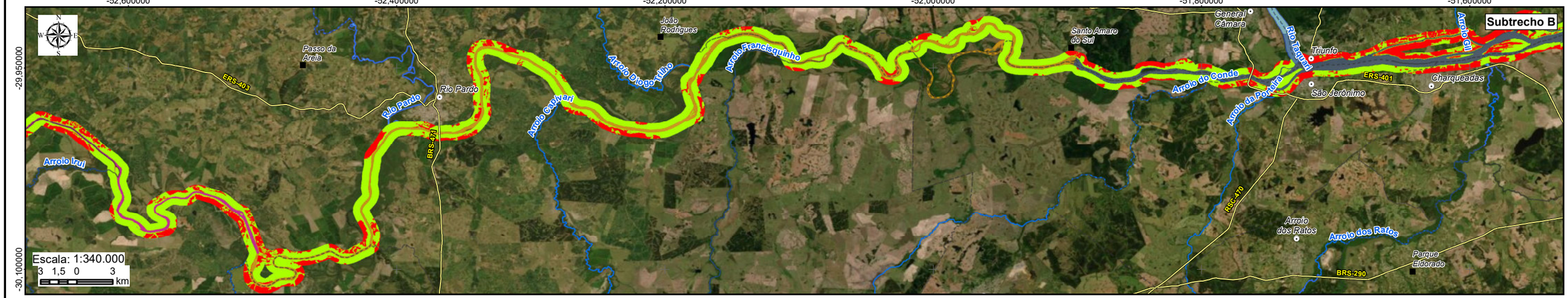
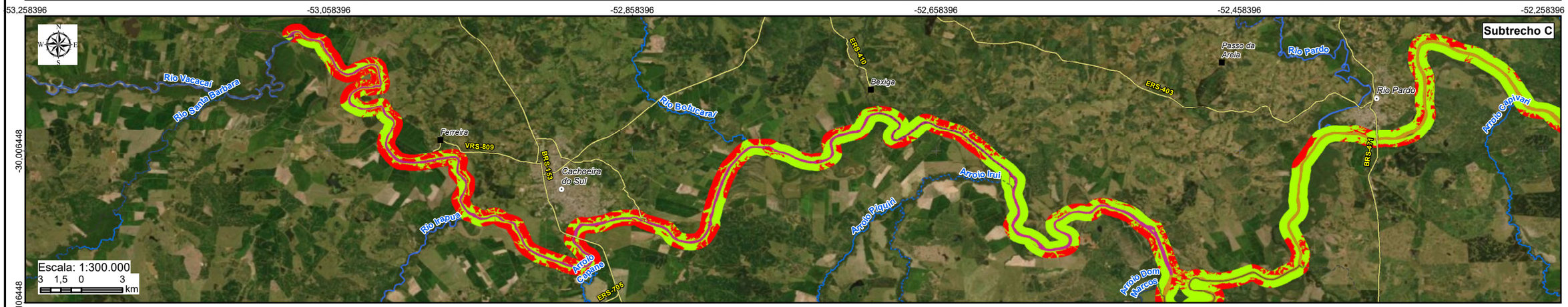


Figura 5.9 – Etapas decisivas para o planejamento de recuperação da vegetação.
Fonte: FZB (2018) *apud* Botelho *et al.* (2015).







LEGENDA

- Sede municipal
- Vila
- Rodovia
- Rios principais
- Massa d'água
- Limite municipal

Rio Jacuí

- Subtrecho A
- Subtrecho B
- Subtrecho C

Conflitos e vetores de pressão

- Remanescentes Naturais
- Áreas Convertidas



Elaboração: PROFILL

RELATÓRIO FINAL

ZONEAMENTO AMBIENTAL PARA A ATIVIDADE DE MINERAÇÃO DE AREIA NOS CURSOS MÉDIO E BAIXO DO RIO JACUÍ

Contratação e fiscalização: Fepam

Sistema de Coordenadas Geodésicas
Sistema Geodésico de Referência SIRGAS2000
Escala: Indicada

Mapa 5.2 - Conflitos e vetores de pressão

Fonte de dados:
- Sede municipal: SEMARS (2018)
- Limite municipal: SEMARS (2018)
- Rodovia: SEMARS (2018)
- Hidrografia: DRH/SEMA (2015)
- Subtrechos: Adaptado de DRH/SEMA (2015)
- Seções, sondagens: Profill (2019)
- Conflitos e vetores de pressão: FZB (2019)

5.1.4 Avaliação e monitoramento das áreas a serem recuperadas

O monitoramento consiste na coleta de dados sobre indicadores ambientais para verificar se os objetivos e metas em cada etapa da restauração estão sendo atingidos, sendo que a partir destes dados é que se realiza a avaliação final do projeto.

O estudo destaca que devem ser observadas as características de cada área e os objetivos traçados, sendo que ações mínimas devem ser realizadas para que se garanta o sucesso das ações de recuperação. Em atenção aos dados de literatura específica, salienta que se recomenda que o monitoramento de reflorestamentos ciliares seja realizado por quatro anos, em intervalos semestrais, para que seja avaliada a recuperação estrutural e funcional da comunidade.

Ainda, informa-se que é essencial que no início do monitoramento seja definido como será realizada a mensuração de cada indicador, incluindo o método de amostragem, coleta e análise de dados, e o cronograma das atividades, considerando-se não apenas aspectos ecológicos, mas uma visão abrangente do processo de recuperação ambiental.

5.1.5 Considerações finais

Em síntese, o estudo elaborado pela Zoobotânica do Rio Grande do Sul (FZB/RS) em 2018 indica que no baixo Jacuí, mais de 30 % da área total da faixa ciliar (500 m a partir de cada margem) foi convertida em outros usos que não a manutenção dos ecossistemas naturais, alcançando 50 % no trecho mais antropizado do rio, e gerando várias consequências pela perda de serviços ecossistêmicos que a vegetação ciliar poderia oferecer. Neste sentido, destaca que é possível retificar o uso incorreto da paisagem através da recuperação de áreas degradadas, para que a vegetação nativa e suas funções possam ser restabelecidas.

Por fim, informa que o processo de recuperação é também parte essencial da recuperação das funções originais da planície de inundação do Rio Jacuí, sendo a recuperação da vegetação um instrumento integrador, pois adequa as propriedades à legislação ambiental, ao passo que diminui o passivo ambiental e aumenta a provisão de serviços ambientais, gerando sustentabilidade em longo prazo.

5.2 Estudos da fauna terrestre (margens e app)

O levantamento de dados secundários para a caracterização da fauna terrestre das margens e matas ciliares do baixo Jacuí se baseou nas seguintes fontes de informação:

- Relatório de Diagnóstico Ambiental do Meio Biótico (fauna) para o programa de expansão da base florestal no Rio Grande do Sul na bacia do baixo Jacuí (RHEA, 2007);
- Relatório de Impacto Ambiental das obras de duplicação da rodovia BR290/RS no trecho: entr. BR-101 (Osório) – entr. BR-293(B) (fronteira) Brasil/Argentina (ponte internacional), subtrecho: entr. BR-116(B) (p/ Guaíba) – entr. BR-153(A) (Cachoeira do Sul), segmento: KM 112,3 – KM 228,0, com 115,70 km de extensão (MRS, 2009).

- Relatório de Controle Ambiental (RCA) e Plano de Controle Ambiental (PCA) para o empreendimento lavra de areia em recurso hídrico superficial (BOURSCHEID, 2017A).
- Relatórios anuais do programa de monitoramento da fauna pulmonada 2009 a 2017 (HAR, 2017).
- Diagnóstico ambiental do meio biótico do Relatório de Controle Ambiental (RCA) e Plano de Controle Ambiental (PCA) para mineração em recurso hídrico (ROOS, 2016).
- Plano de manejo do parque estadual do delta do Jacuí – PEDJ (PEDJ, 2014).

A área de estudo (Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí, entre a foz do Rio Vacacaí e a foz do Rio Jacuí) está integralmente inserida no Bioma Pampa, apesar de relativamente próxima ao limite com o Bioma Mata Atlântica. No Brasil, o Bioma Pampa está restrito ao Rio Grande do Sul, onde ocupa área de 176.496 km² (IBGE, 2004), o que corresponde a 63 % do território estadual e a 2,07 % do território nacional.

A fauna terrestre do Bioma Pampa no Rio Grande do Sul (e, consequentemente no Brasil) é considerada expressiva, pois agrupa cerca 750 espécies, sendo 66 espécies de anfíbios, 97 de répteis, 480 de aves e 100 espécies de mamíferos terrestres. Contudo, cabe ressaltar, que estes números têm aumentado com a descoberta de espécies ainda não reconhecidas pela ciência ou cuja ocorrência no bioma não era conhecida até recentemente (BENCKE, 2016).

Algumas das espécies que ocorrem no Pampa se destacam por serem endêmicas, ou seja, por terem suas distribuições geográficas restritas a este bioma, o que em outras palavras significa dizer que, ao menos no Brasil, são registradas apenas no Rio Grande do Sul. A fim de exemplificar a fauna endêmica do pampa segue uma espécie de cada grupo de vertebrado terrestre: o sapinho-de-barriga-vermelha (*Melanophryniscus atroluteus*), o gecko-do-campo (*Homonota uruguayensis*), o cardeal-amarelo (*Gubernatrix cristata*) e o tuco-tuco (*Ctenomys ibicuiensis*). Cabe ressaltar, porém, que a ampla maioria das espécies endêmicas deste bioma está associada a paisagens abertas, sobremodo à porção mais austral do estado, na região conhecida como campanha gaúcha.

Outras tantas espécies que ocorrem no Pampa se destacam por serem consideradas ameaçadas de extinção, tais como o sapinho-de-barriga-vermelha (*Melanophryniscus montevidensis*), a cobra-espada-dos-pampas (*Calamodontophis paucidens*), o papagaio-charão (*Amazona petrei*) e o bugio-ruivo (*Alouatta guariba*).

Por fim, ressalta-se que a análise integrada das listas de espécies elencadas na bibliografia em conjunto com os dados primários obtidos nas vistorias técnicas está apresentada a seguir no Capítulo 9.2.1 Ecossistema terrestre e de transição.

5.3 Levantamento Ictiológico

O levantamento de dados secundários para a caracterização da ictiofauna do corpo hídrico do baixo Jacuí se baseou nas seguintes fontes de informação:

- Relatório de Diagnóstico Ambiental do Meio Biótico (fauna) do programa de expansão da base florestal no Rio Grande do Sul na bacia do baixo Jacuí (RHEA 2007);
- Relatório de Impacto Ambiental das obras de duplicação da rodovia BR290/RS no trecho: entr. BR-101 (Osório) – entr. BR-293(B) (fronteira) Brasil/Argentina (ponte internacional), subtrecho: entr. BR-116(B) (p/ Guaíba) – entr. BR-153(A) (Cachoeira do Sul), segmento: KM 112,3 – KM 228,0, com 115,70 km de extensão (MRS 2009);
- Relatório de Controle Ambiental (RCA) e Plano de Controle Ambiental (PCA) para o empreendimento lavra de areia em recurso hídrico superficial (BOURSCHEID 2017A);
- Relatório de complementação do Relatório de Controle Ambiental (RCA) para o empreendimento lavra de areia em recurso hídrico superficial (BOURSCHEID 2017B);
- Relatório de Controle Ambiental (RCA): Extração de bens minerais (areia e/ou cascalho), lavra de areia a céu aberto, sem beneficiamento, em recurso hídrico, atendimento à solicitação de licença de operação - LO DNPM 810.585-2008 (RAUBER, 2012);
- Relatórios anuais do programa de monitoramento da ictiofauna 2009 a 2017 (HAR, 2017);
- Diagnóstico ambiental do meio biótico do Relatório de Controle Ambiental (RCA) e Plano de Controle Ambiental (PCA) para mineração em recurso hídrico (ROOS, 2016);
- Planejamento da Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí, fases “A”, “B” e ”C”. (ENGEPLUS, 2015);
- Plano de manejo do parque estadual do delta do Jacuí – PEDJ (PEDJ, 2014);
- Ictiofauna da Estação Experimental Agronômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), sul do Brasil: composição e diversidade (CARVALHO *et al*., 2012).

No que tange à Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí, o conhecimento da comunidade de peixes que ocorre nos diversos corpos hídricos provém de levantamentos realizados por empresas da região cuja atividades, segundo a legislação vigente aplicável, implicam na necessidade de monitoramento e conforme exigência do órgão ambiental, os quais são executados principalmente no Rio Jacuí e afluentes.

Considerando as informações obtidas em fontes secundárias, obteve-se para a área da bacia do baixo Jacuí uma relação de 127 espécies de peixes distribuídas em doze ordens taxonômicas e 35 famílias. A análise da riqueza de espécies em nível de ordem taxonômica permitiu destacar Characiformes e Siluriformes das demais por terem contribuído com 45 e 43 espécies respectivamente (Figura 5.10).

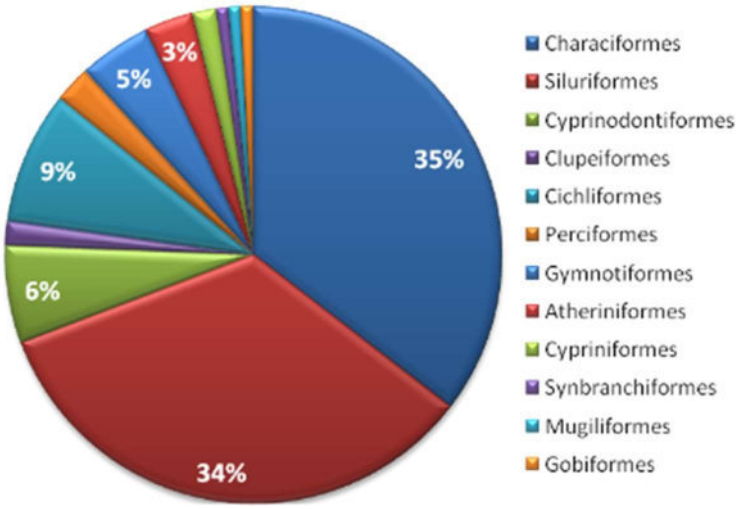


Figura 5.10 – Representatividade da riqueza de espécies de cada ordem taxonômica registrada. Percentis inferiores a 3 % tiveram seus valore ocultados no gráfico para evitar poluição visual.

Sendo assim, estas duas ordens corresponderam juntas a 69,3 % de todas as espécies registradas, enquanto as outras 10 ordens representaram juntas apenas 30,7 %. A prevalência de Characiformes e Siluriformes sobre as demais ordens não surpreende, pois se trata de um padrão comum nos sistemas fluviais sul-americanos (AGOSTINHO *et al*., 1997; VARI e MALABARBA, 1998; CASTRO, 1999; LOWE-MCCONNELL, 1999; FUENTES e RUMIZ, 2008).

Outra medida importante da comunidade de peixes se refere ao número de famílias e ao número de espécies por família (MATTHEWS, 1998). Entre as 35 famílias registradas, duas se destacaram por terem apresentado riqueza de espécies claramente superiores que as demais (Figura 5.11): Characidae e Loricariidae.

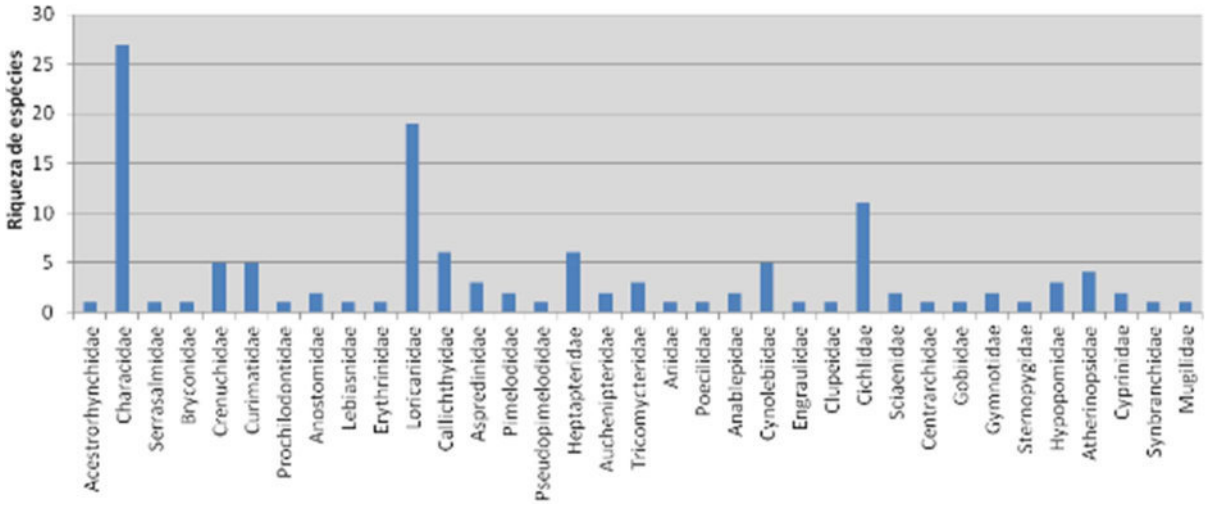


Figura 5.11 – Riqueza de espécies para cada família taxonômica registrada.

A família Characidae se destacou das demais por ter contribuído com 27 espécies, o que corresponde a 22 % da riqueza total registrada neste estudo. Não por acaso, esta família pertence à Characiformes, a ordem taxonômica mais representativa deste estudo, conforme destacado previamente. Ou seja, alta representatividade de Characiformes se deve

primordialmente a uma família, pois Characidae foi responsável por 60 % da riqueza registrada para esta ordem.

A segunda família mais representativa em termos de riqueza foi Loricariidae, pois contribuiu com 19 espécies, o que corresponde a 15 % da riqueza total registrada neste estudo. Não por acaso esta família pertence à Siluriformes, a segunda ordem taxonômica mais representativa deste estudo. A família Loricariidae agrupa espécies comumente conhecidas como cascudos, as quais apresentam amplo gradiente de tamanhos corporais e podem ser caracterizadas por terem seus corpos recobertos por placas ósseas e boca em posição ventral e com formato de ventosa.

Portanto, de acordo com o levantamento de dados, as famílias com maior riqueza foram Characidae e Loricariidae, mesmo padrão observado nas comunidades de peixes das bacias brasileiras em geral (597 espécies conhecidas para a família Characidae e 418 espécies para Loricariidae; BUCKUP *et al.,* 2007) e da região tropical (Characidae com 841 e Loricariidae com 600 espécies; LOWE-MCCONNELL, 1999).

Cabe destacar que os siluriformes, sobretudo os loricarídeos apresentam hábitos predominantemente bentônicos, o que significa dizer que têm suas atividades de vida majoritariamente associadas ao substrato. Deste modo é possível inferir que provavelmente se constituam no grupo de peixes mais propenso aos impactos diretos oriundos da atividade de mineração de areia no Rio Jacuí.

5.3.1 Plano de Manejo Parque Estadual do Delta do Jacuí - PEDJ

O Plano de Manejo Parque Estadual do Delta do Jacuí - PEDJ (FZB, 2014) manifestou o registro de 99 espécies de peixes na área do delta do Jacuí, distribuídas em nove ordens e 30 famílias. Em termos de riqueza específica, destacam-se as famílias Characidae (Characiformes), com 23 espécies, principalmente lambaris e Loricariidae (Siluriformes), com 15 espécies (cascudos). Em relação às espécies ameaçadas de extinção, foram identificados quatro tipos de peixes, apresentados no Quadro 5.3.

Quadro 5.3 – Fauna de vertebrados ameaçada de extinção confirmada no Parque Estadual Delta do Jacuí (PEDJ) e status de conservação regional e nacional.

Grupo/nome científico	Categoria de ameaça		Local de ocorrência
	Regional	Nacional	
Austrolebias wolterstorfii (Peixe-anual)	Criticamente em perigo	Em perigo	Ilha das Flores, banhado na parte norte
Austrolebias adloffi (Peixe-anual)	Criticamente em perigo	Em perigo	Ilha das Flores, banhado na parte norte
Cynolpoecilus nigrovittatus (Peixe-anual)	Vulnerável	-	Diversas áreas alagadas do PEDJ
Salminus brasiliensis (Dourado)*	Vulnerável	-	Parque Estadual Delta do Jacuí

Fonte: FZB (2014). *A presença do dourado *Salminus brasiliensis* na área do Parque ainda necessita ser investigada, pois os únicos registros são de 15 anos atrás, de material depositado em coleção científica.

Por fim, ressalta-se que a análise integrada das listas de espécies elencadas na bibliografia em conjunto com os dados primários obtidos no âmbito deste zoneamento ambiental está apresentada a seguir no Capítulo 9.2.2.2 Levantamento Ictiológico.

5.4 Ecossistema aquático e de transição e bentos

Para subsidiar o estabelecimento de critérios do zoneamento de extração de areia no Rio Jacuí deve-se estabelecer um olhar tridimensional e multifatorial sobre os habitats das comunidades biológicas. Diante disto, foi realizada uma ampla revisão bibliográfica sobre os processos ecológicos que ocorrem em rios, bem como sobre padrões de zonação e estruturação das comunidades biológicas. Para a obtenção de dados secundários foram utilizados estudos armazenados na biblioteca da FEPAM, publicações científicas e consulta ao acervo de coleções científicas da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.

Devido à escassez de dados na literatura científica para todos os trechos do baixo Rio Jacuí, para a melhor compreensão da distribuição longitudinal da biota foram também compilados dados da região de cabeceiras, as quais apresentam maior volume de dados decorrentes de projetos continuados de pesquisa em nível de pós-graduação, buscando-se assim evidenciar e identificar lacunas sobre o conhecimento da fauna aquática do Rio Jacuí.

Todavia, o levantamento de dados secundários mostrou que existe uma maior concentração de dados sobre aspectos ecológicos das comunidades de macroinvertebrados na região de cabeceiras do Rio Jacuí, caracterizada por substratos rochosos, enquanto na nas áreas deposicionais concentram-se estudos taxonômicos. Inexistem dados sobre a continuidade de processos e de comunidades neste rio na literatura científica, apesar da sua grande importância e relevância ecológica, dentre os demais rios do estado, quanto às suas dimensões e aspectos geomorfológicos ímpares. Quanto aos demais grupos, fitoplâncton, perifíton e zooplâncton, os dados são ainda mais pontuais e restritos principalmente aos estudos taxonômicos.

De forma semelhante, também não existem estudos com bases geomorfológicas e sedimentológicas que definam zonas e seus processos no Rio Jacuí, no entanto, as áreas de extração de areia provavelmente estão situadas na área de deposição.

Por fim, apesar do histórico de pulsos de cheias intensos, com destaque para as grandes cheias de Guimarães (2009), inexistem estudos sobre os processos ecológicos envolvendo a comunidades aquáticas e os pulsos de cheia desse rio. Também não há uma avaliação da influência das eclusas e dos reservatórios a montante, bem como de sua regulação hídrica sobre o Rio Jacuí e os efeitos sobre a biota aquática. No entanto, estudos desta natureza requerem coleta de dados em projetos de longa duração, como aqueles desenvolvidos na bacia do Rio Paraná por Takeda *et al*. (2012).

5.4.1 Habitats Lóticos

A distribuição espaço-temporal das comunidades aquáticas é definida pelas variáveis ambientais dos cursos d´água. As comunidades planctônicas vivem em suspensão na água, por isso sua estrutura e funcionamento estão relacionadas principalmente às variáveis

relacionadas ao fluxo (velocidade e turbulência), além dos níveis de nutrientes, luminosidade, profundidade, entre outros (ALLAN, 1995). Já as comunidades relacionadas ao substrato, como algas perifíticas e os macroinvertebrados, fatores como tipo e estabilidade do substrato, correnteza, nutrientes e as variações do nível da água são determinantes na distribuição destes organismos (HYNES e HYNES, 1970; NORRIS *et al*., 2009).

Os habitats lóticos são determinados pela interação espaço-temporal destes e outros atributos e são classificados em duas escalas: mesohabitats e micro-habitats.

5.4.1.1 Mesohabitats

Segundo WILKES (2014), o conceito de mesohabitat é mal definido, no entanto é amplamente utilizado em ecologia de rios, sendo possível verificar variações entre autores, em decorrência das variáveis utilizadas (ALLAN, 1995; FISRWIG, 1998; HILL *et al*., 2008; MORING, 2014; WILKES *et al*., 2014). Esta controvérsia se atribui ao fato de que muitos autores relacionam mesohabitats ao habitat físico, apenas considerando sedimento e morfologia, sem considerar questões hidráulicas, outros consideram parâmetros hidráulicos que na maioria das vezes não são facilmente ou satisfatoriamente avaliados (WILKES, 2014). No entanto, o conceito de mesohabitat é amplamente utilizado e se torna quase que uma exigência nos estudos de ecologia de ecossistemas lóticos. A intensidade do fluxo e a litologia definem a morfologia dos rios, os quais podem ser classificados pela sinuosidade, segundo (RICCOMINI *et al*., *op. cit.*), em meandrante, retilíneo, anastomosado e ramificado. Segundo Allan (1995), Madock *et al*. (1999) e Standford (1996), a morfologia fluvial é um fator determinantes da estrutura das comunidades biológicas, porque definem seus habitats. Para a bacia do Rio Jacuí, não existem estudos de categorização de mesohabitats integrando geomorfologia e hidrologia, embora uma rápida avaliação de imagens áreas indiquem uma grande diversidade de habitats, decorrentes da riqueza de formas do canal fluvial do Jacuí, resultante de diversos padrões de deposição fluvial e conectividade.

Os mesohabitats correspondem às feições geomorfológicas dos rios, originadas por longos processos de erosão e deposição. Apesar de sofrerem modificações ao longo do tempo em decorrência dos processos fluviais ligados ao escoamento e ao transporte de sedimento, apresentam certa estabilidade, sendo sua permanência superior aos micro-habitats, os quais podem ser modificar a cada evento de cheia e vazante, bem como resultante das diferenças de velocidade do fluxo.

Para a bacia do Rio Jacuí, não existem estudos de categorização de mesohabitats ao longo de todo seu percurso, integrando geomorfologia e hidrologia. Na região de cabeceiras, a qual não compreende as áreas de interesse deste projeto, alguns estudos de comunidade de macroinvertebrados descrevem mesohabitats sumariamente, no delineamento amostral das comunidades de macroinvertebrados. Nas áreas deposicionais, onde se concentram atividades de extração de areia, inexistem dados sobre a classificação e espacialização dos habitats lóticos deste rio, embora uma rápida avaliação de imagens de satélite a visualização de mesohabitats, decorrentes da riqueza de formas do canal fluvial do Rio Jacuí, resultante de diversos padrões de deposição fluvial (Quadro 5.4). Deve-se considerar que

possivelmente, muitos destes mesohabitats foram afetados pela existência de eclusas, drenagens e uso intensivo do solo para fins agropastoris.

Quadro 5.4 – Alguns mesohabitats do baixo Rio Jacuí visualizados mediante imagens do Google Earth de acordo com a terminologia de MORING (19913) adaptado por Platania (1993).

Categoria	Visualização em Imagem de Satélite
Piscina isolada: sequência de piscinas (lagoas) isoladas em várzea localizada na margem esquerda (coordenadas se refere à piscina central: long.: -52,26162222º; lat.: -29,97280556º).	
Backwater: em várzea localizada na margem esquerda (coordenadas se referem à conexão com o canal principal: long.: -52,16443889º; lat.:29,92919722º).	
Barra exposta em pontal: situada na margem esquerda (coordenadas se referem à área central da barra: long.: -52,49949167º; lat.: -30,11128889º).	
Barra exposta no canal: barra com vegetação pontual (long.: -52,73590000º; lat.: -30,01295556º).	
Embaiamento: situado na margem esquerda (coordenadas se referem à conexão com o canal: long.: -52,729025º; lat.: -30,00122778º).	

Via de regra, a identificação dos mesohabitats no Rio Jacuí não é contemplada em estudos da fauna bentônica referentes ao licenciamento ambiental, principalmente de extração de areia. Qualquer estudo que vise avaliar a estrutura da comunidade bentônica e

estabelecer critérios de bioindicação, deve definir a localização das estações de coleta de forma a representar os mesohabitats situados nas áreas de licenciamento, bem como em áreas controle de mesohabitats íntegros e fora da área de exploração.

5.4.1.2 Micro-habitats

Os micro-habitats (Figura 5.12) constituem tipos de substratos que podem ser colonizados pela fauna bentônica. No caso de ecossistemas lóticos pode-se citar o material sedimentar depositado, o qual pode apresentar diferentes frações granulométrica, desde lama (silte/argila) ao substrato grosseiros de seixos e cascalho; material vegetal de origem alóctone (folhiço da vegetação ciliar); material vegetal de origem autóctone como macrófitas aquáticas e seus resíduos (detritos), entre outros.

No caso do baixo Rio Jacuí, predominam micro-habitats de origem sedimentar, com ocorrência esparsa de afloramentos rochosos marginais. Os micro-habitats sedimentares são muito instáveis, uma vez que são alterados conforme a dinâmica do fluxo e de transporte de materias sedimentares de origem orgânica e inorgânica.

Apesar desta instabilidade existe uma certa previsibilidade em encontrar certos micro-habitats associados com um tipo de mesohabitat. Por exemplo, nas barras em pontal, o rio apresenta menor velocidade na vazante, onde geralmente se depositam particulados finos e folhiço. No Porto Belinho, no Passo em Triunfo, numa praia situada numa barra em pontal, onde nos meses pouco chuvosos do verão, diminui drasticamente a velocidade do Rio Jacuí, Pereira *et al.* (2000) verificaram depósitos de orgânicos sobre o sedimento arenosos, depósitos de lama, depósitos de galhos e folhiços. Em épocas de enchente, estes micro-habitats não são visualizados devido ao nível elevado da água, que extravasa o leito menor do rio, além de serem deslocados devido ao alto fluxo hidrodinâmico.

Desta forma é imprescindível a avaliação da fauna bentônica em épocas de águas baixas para que se possa realizar uma amostragem estratificada por habitats de forma a permitir a adequada caracterização da comunidade bentônica e relacioná-la com as feições físicas do rio, permitindo assim estabelecer relações com o estado de conservação do rio. Além disso, o deslocamento da fauna em fase de cheia é tal que influi sobre a estimativa da abundância relativa, densidade, riqueza, composição e diversidade.

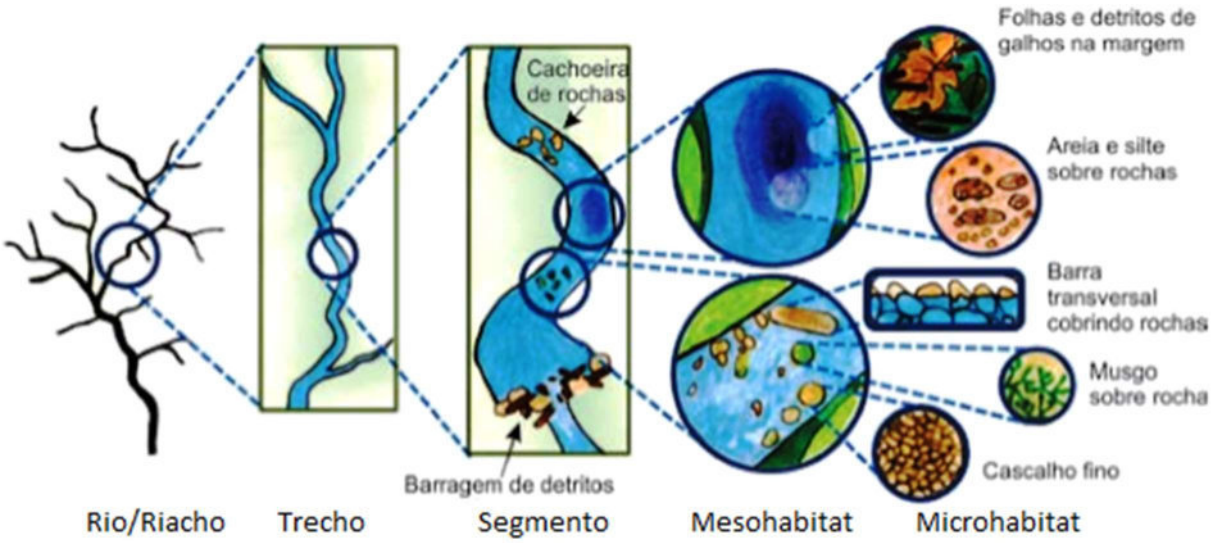


Figura 5.12 – Modelo clássico de habitats de sistemas lóticos.
Fonte: Desenho adaptado de FISRWG (1998) e PEREIRA *et al*. (2012) por Daniel Pereira.

5.4.2 Fitoplâncton

O plâncton é considerado o conjunto de organismos que vivem livremente na coluna d'água, sendo muitas vezes arrastados pelas correntes. Pequenos organismos autotróficos suspensos na coluna d´água transportados pelas correntes, incluindo algas, protistas e cianobactérias constituem o fitoplâncton (ALLAN, 1996). O fitoplâncton é conjunto de organismos aquáticos microscópicos formados principalmente por algas que possuem capacidade fotossintética (ODUM, 1971), principalmente dos grupos Pyrrofhyta (dinoflagelados), classe Chlorophyceae e Chrysophyta (diatomáceas) e constitui a base da cadeia alimentar dos ecossistemas aquáticos, uma vez que serve de alimentação a organismos maiores (RICKLEFS, 1996).

5.4.2.1 Comunidades fitoplanctônicas no Rio Jacuí

As comunidades fitoplanctônicas do Rio Jacuí são pouco conhecidas, sendo o estudo mais completo apresentado por Rodrigues *et al*. (2007), no qual é apresentada uma lista com nove Classes e 247 espécies registrados no baixo e delta do Rio Jacuí (Quadro 5.5). Os demais estudos realizados no baixo Rio Jacuí apresentam amostragens pontuais sem interpretações ecológicas relevantes.

Para o maior entendimento da dinâmica destas comunidades seria importante avaliar estações de coleta situadas em diferentes trechos do rio, por meio de coletas simultâneas e sistemáticas. Não são conhecidos casos de endemismos e espécies ameaçadas, uma vez que a maioria das espécies apresenta ampla distribuição em águas continentais.

Quadro 5.5 – Compilação dos registros de fitoplâncton para o baixo e o delta do Rio Jacuí, com base em revisão bibliográfica.

Táxons	Número de espécies
CLASSE CYANOPHYCEAE (CYANOBACTÉRIAS)	19
CLASSE CHRYSOPHYCEAE	8
CLASSE XANTHOPHYCEAE	1
CLASSE BACILLARIOPHYCEAE	101
CLASSE CRYPTOPHYCEAE	14
CLASSE DINOPHYCEAE	6
CLASSE EUGLENOPHYCEAE	20
CLASSE CHLOROPHYCEAE	70
CLASSE ZYGNEMATOPHYCEAE	8
Total de espécies	**247**

Fontes: Rodrigues *et al* (2007) e Processos de licenciamento ambiental em 2016 e 2017.

5.4.3 Perifíton

De acordo com Wetzel (1983) o Perifíton é uma “complexa comunidade de microbiota (bactérias, fungos, algas, protozoários, microcrustáceos), detritos orgânicos e inorgânicos que estão aderidos ou associados a um substrato vivo ou morto.”

O estudo de Moschini-Carlos (1999) por sua vez, mostrou que a composição de espécies depende das condições hidrológicas, do estado trófico da água e da natureza e qualidade do substrato (composição química, rugosidade, etc.). Sendo que, o perifíton "verdadeiro" é composto pelos organismos fixos, imóveis e adaptados à vida séssil através de rizóides, pedúnculos gelatinosos, entre outros órgãos de fixação. Enquanto o "pseudo" perifíton é constituído de organismos que vivem associados sem fixar-se ao substrato.

5.4.3.1 Comunidades de algas epífitas no Rio Jacuí

As algas epífitas constituem um grupo de algas perifíticas que se desenvolvem sobre a superfície de macrófitas aquáticas (WETZEL, 1981).

São escassos os dados sobre algas epifíticas no Rio Jacuí, cabendo destacar dados oriundos de coleta com substrato artificial para fins de licenciamento de empreendimentos de mineração, nos quais se observa baixa riqueza de espécies (Quadro 5.6). O estudo destas comunidades requer a identificação de micro-habitats naturais (como rochas e macrófitas), os quais estão distribuídos de forma irregular, ao longo de determinados mesohabitats do rio.

A ocorrência de substratos rochosos ao longo do baixo Jacuí é pouco frequente, por se tratar de zona deposicional. Já a ocorrência de macrófitas aquáticas, se concentra em áreas de baixa velocidade associadas aos mesohabitats de piscinas, à foz de alguns arroios e ao delta do Jacuí.

Quadro 5.6 – Lista de espécies de perifíticas registradas no baixo Rio Jacuí.

Taxa	Espécies perifíticas
Bacillariophyceae	*Cocconeis euglypta*
	Diadesmis confervacea
	Encyonema minutum
	Frustulia saxonica
	Gomphonema affine
	Gomphonema augur
	Gomphonema gracile
	Gomphonema lagenula
	Gomphonema mexicanum
	Gomphonema parvulum
	Navicula cryptocephalla
	Navicula symetrica
	Pinnularia braunii

Fonte: Processos de licenciamento (2017).

5.4.3.2 Comunidades de Algas Epipélicas no Rio Jacuí

Algas epipélicas constituem um grupo de algas perifíticas que se desenvolvem nos sedimentos (WETZEL, 1981). De acordo com Moschini-Carlos (1999), “A composição de espécies depende das condições hidrológicas, do estado trófico da água e da natureza e qualidade do substrato (composição química, rugosidade, etc.)”. Possuem estruturas que favorecem a flutuação na coluna d´água, onde estão sob total influência das correntes, assim como das alterações de nível da água no canal, nas fases de enchente e vazante.

Não foram encontrados dados secundários sobre a estrutura destas comunidades no Rio Jacuí. Por este motivo, a caracterização deste grupo se baseou principalmente nas coletas de dados primários conforme apresentado adiante no Capítulo 9 Diagnóstico Consolidado.

5.4.4 Zooplâncton

O zooplâncton é o conjunto dos organismos aquáticos suspensos na coluna d´água, desprovidos de capacidade fotossintética, com baixa capacidade de locomoção, sendo em sua maioria arrastados pelas correntes (SCHÄFER, 1985).

Esta comunidade é formada por animais que tem ciclo de vida completo no plâncton e por animais que tem fase larval planctônica, destacando-se os crustáceos em termos de dominância, sobretudo os copépodes, compreendendo uma infinidade de formas, tamanhos e cores. São heterótrofos, pois alimentam-se do fitoplâncton e do bacterioplâncton, constituindo o segundo elo da cadeia alimentar dos ecossistemas aquáticos (ODUM, 1971), desempenhando papel crucial na transferência da energia sintetizada pelos vegetais planctônicos (fitoplâncton), para animais superiores na teia trófica.

A comunidade zooplanctônica é indicadora de qualidade de água, já que esses pequenos organismos respondem rapidamente às modificações do ambiente (CETESB,

2006). Uma vez que seu Habitat se constitui na coluna d´água sob influência das correntes, assim como das alterações de nível da água no canal, nas fases de enchente e vazante.

5.4.4.1 Comunidades Zooplanctônicas no Rio Jacuí

As comunidades zooplanctônicas do Rio Jacuí são pouco conhecidas, sendo o estudo mais completo apresentado por Borges e Pedroso (2009), no qual além da identificação dos taxa é apresentada uma avaliação temporal destas comunidades no delta. No entanto, os autores apresentam uma lista geral de taxa registrados no delta sem especificar qual rio se encontravam, ou seja, a lista compreende registros dos rios Jacuí, Caí, Sinos e Gravataí.

Os demais estudos realizados no baixo Rio Jacuí apresentam amostragens pontuais, geralmente na superfície da coluna d´água, com auxílio de bomba de sucção sendo retirada apenas uma amostra em cada estação de coleta. Para o maior entendimento da dinâmica destas comunidades seria importante avaliar estações de coleta situadas em diferentes trechos do rio, por meio de coletas simultâneas e sistemáticas. Não são conhecidos casos de endemismos e espécies ameaçadas, uma vez que a maioria das espécies possui ampla distribuição em águas continentais.

Quadro 5.7 – Compilação dos registros de taxa de zooplâncton para a o baixo Rio Jacuí e o delta do Rio Jacuí, com base em revisão bibliográfica.

Taxa	Número de espécies
Ordem Cladocera	
Família Bosminidade	4
Família Macrothricidae	1
Família Eurycercidae	1
Família Moinidae	2
Família Chydoridae	6
Família Sididae	2
Família Daphinidae	4
Família Ilyocryptidae	1
Subclasse Copepoda	
Família Diaptomidae	2
Família Cyclopidae	3
Filo Rotifera	
Família Brachionidae	26
Família Bdelloidae	2
Família Lecanidae	12
Família Lepadellidae	5
Família Conochllidae	2
Família Gastropodiae	5
Família Hexarthridae	3
Família Synchaetidae	6
Família Trichocercidae	14
Família Asplanchnidae	1
Família Epiphanidae	1
Família Euchlanidae	4

Taxa	Número de espécies
Família Flosculariidae	2
Família Notommatidae	3
Família Testudinellidae	5
Família Trichotriidae	2
Família Filiniidae	1
Família Difflugiidae	6
Família Testudinellidae	1
Filo Nematoda	5
Morfoespécie	1
Filo Protozoa	
Morfoespécie	3
Filo Ciliophora	
Família Codonellidae	1
Filo Cercozoa	
Família Euglyphidae	3
Filo Amoebozoa	
Família Centropyxidae	1
Família Nebelidae	2

Fontes: Borges e Pedroso (2009), e Processos de licenciamento ambiental de 2016 e 2017.

Diante deste cenário, a caracterização deste grupo se baseou principalmente nas coletas de dados primários conforme apresentado e discutido adiante neste relatório no Capítulo 9 - Diagnóstico Consolidado.

5.4.5 Macroinvertebrados bentônicos

A fauna bentônica se constitui de organismos representados por invertebrados e peixes relacionados ao substrato de fundo dos cursos d´água, como rios, riachos, lagos, lagoas, represas, canais artificiais, banhados, lagunas e oceanos. Os macroinvertebrados bentônicos podem viver dentro (infauna) ou sobre o substrato de fundo (epifauna), o qual pode ser consolidado (rochas e lageados), estabelecendo uma relação com o substrato por todo seu ciclo de vida. Existem também os macroinvertebrados epifíticos, os quais ocorrem associados a vegetação emergente, flutuante, submersa e ou anfíbia existente nos cursos d´água.

Por convenção, segundo HAUER e RESH (1996), a fauna de invertebrados bentônicos é aquela retida numa malha com diâmetro de abertura de 500 μm. As comunidades bentônicas apresentam várias espécies de insetos, os quais desenvolvem seus estágios larvais no meio aquático e sua fase adulta no meio terrestre, o que condiciona a manutenção da fauna de insetos aquáticos terrestres bentônicos à preservação dos ecossistemas terrestres, pois do contrário, a degradação ambiental poderá resultar na extinção destes organismos (TAKEDA *et al*., 1997).

5.4.5.1 Macroinvertebrados bentônicos no Rio Jacuí

A lista de taxa registrados para o alto e baixo Rio Jacuí, em diferentes meso-habitats e micro-habitats obtida através da compilação das fontes secundárias permitiu identificar um total de 359 espécies de macroinvertebrados bentônicos.

5.4.5.1.1 Espécies epifíticas

Tavares *et al.* (2003) registrou oito espécies de Porifera associados às macrófitas aquáticas *Eichhornia azurea* e *Eichhornia crassipes*, para o Delta do Rio Jacuí: *Corvoeteromeyenia australis, Heteromeyenia stepanovii*, *Trochospongilla paulula*, *Trochospongilla minuta*, *Trochospongilla variabilis*, *Trochospongilla lanzamirandai*, *Corvospongilla seckti*, *Radiospongilla amazonenses* e *Eunaptius fragilis*.

No mesmo delta foram registradas 17 espécies de moluscos epifíticos por Pfeifer e Pitoni (2003), associados às mesmas macrófitas: *Asolene spixii*, *Pomacea canaliculata*, *Heleobia bertoniana*, *Potamolithus* sp., *Stenophysa cubensis*, *Stenophysa marmorata*, *Antillorbis nordestensis*, *Biomphalaria tenagophila*, *Drepanotrema cimex*, *Drepanotrema depressissimum*, *Drepanotrema lucidum*, *Burnupia ingae*, *Ferrissia gentilis*, *Gundlachia concentrica*, *Gundlachia moricandi*, *Gundlachia ticaga*, *Gundlachia* sp., *Limnoperna fortunei*.

No baixo Rio Jacuí, alguns processos de licenciamento citaram alguns moluscos, insetos e poríferos associados a macrófitas. Pereira *et al.* (2000) também cita espécies epifíticas para o baixo Rio Jacuí, como: *Asolene spixii*, *Pomacea canaliculata*, *Heleobia piscium*, *Stenophysa marmorata*, *Antillorbis nordestensis*, *Biomphalaria tenagophila*, *Drepanotrema depressissimum*, *Drepanotrema lucidum*, *Gundlachia concentrica*, *Gundlachia moricandi*, *Eupera klappenbachi*, entre outras.

5.4.5.1.2 Espécies epibentônicas

Os crustáceos do gênero *Aegla* e a maioria dos insetos são epibentônicos, ou seja, vivem acima do substrato, ou nas primeiras camadas do mesmo, sobre folhiço e pequenas rochas. Estes organismos apresentam maior mobilidade que os organismos escavadores, os quais vivem sua maior parte do tempo enterrados, embora possam se deslocar horizontalmente em busca de locais mais apropriados para se alimentarem e ancorarem, ou serem deslocados pelas correntes em épocas de maior vazão e velocidade.

5.4.5.1.3 Espécies escavadoras

No Rio Jacuí há uma grande diversidade de espécies escavadoras representadas Anellida e crustáceos. No entanto, os moluscos bivalves são os que mais se destacam, principalmente no curso médio e baixo, onde predominam depósitos sedimentares arenosos e lamosos em áreas de baixa velocidade. Mansur (1988) e Pereira *et al.* (2000) citaram as seguintes espécies, por meio de coletas manuais e com peneira, em ambientes de margem até 1,20 m de profundidade:

1) Hyriidae (até 10 cm de comprimento): *Diplodon martensi*, *D*. *pislbry*, *D. deceptus*, *D. hildae*, *D. hildae*, *D. berthae*, *D. iheringi* e *Castalia martensi*. Apresentam pé em forma de machado utilizado para o escavamento e para o deslocamento horizontal. Todos os Hyriidae foram registrados no curso médio e inferior, com exceção de *D. berthae*, citado apenas no curso inferior. *Diplodon deceptus* que podem atingir até 10 cm, provavelmente não se enterram numa camada maior que 15 cm.
2) Mycetopodidae (até 20 cm de comprimento): *Anodontites trapesialis*, *A. trapezues*, *A. patagonicus*, *M. minuana*, *M. corrientsesins*, *Leila blainvilliana* e *Mycetopoda legumen*. Todas estas espécies apresentam pé em forma de machado para o escavamento e para deslocamento horizontal, exceto *Mycetopoda legumem* com pé cilíndrico com extremidade intumescida. Todos os Mycetopodidae são citados para o curso médio e inferior.

5.4.5.1.4 Espécies ameaçadas

Na "Lista das Espécies da Fauna Brasileira Ameaçadas de Extinção" vigente (Portarias MMA nº 444/2014 e nº 445/2014) constam moluscos, porífero e crustáceos com registros para a bacia do Rio Jacuí. Quanto aos moluscos integram a lista *Mycetopoda legumem*, sendo categorizada como Em Perigo – EN, considerando que o estado de conservação dos seus habitats está comprometido devido à construção de barragens, poluição e urbanização, entre outros fatores, com consequente fragmentação de suas populações; *Diplodon koseritzi*, Em Perigo – EM também devido a destruição de habitats e a poluição; *Physa marmorata* (GUILDING, 1828), Vulnerável – VU, devido a construção de barragens.

Constam também os seguintes crustáceos devido a destruição dos seus habitats causando redução das populações da área distribuição: na categoria Vulnerável – VU, *Aegla grisella* e *Aegla inconspicua* (Bond-Buckup e Buckup, 1994), na categoria Em Perigo – EN, *Aegla itacolomiensis* (Bond-Buckup e Buckup 1994), *Aegla inermis*, *Aegla obstipa*, *Aegla spinipalma*, *Aegla violacea* (Bond-Buckup e Buckup, 1994). Estes crustáceos se concentram em afluentes do Jacuí.

Na Lista das Espécies da Fauna Ameaçadas de Extinção do Estado do Rio Grande do Sul, Decreto nº 51.797, 8 de setembro de 2014 (publicado no DOE nº 173, de 09 de setembro de 2014), constam: na categoria Vulnerável – VU, *Uruguaya corallioi*des (BOWERBANK, 1863) (Porifera) e os crustáceos já mencionados *Aegla grisella*, *Aegla inconspicua*, *Aegla spinipalma*, *Aegla itacolomiensis*; na categoria Em Perigo – EN, *Aegla inermis*, *Aegla obstipa*, *Aegla violacea* (Bond-Buckup e Buckup, 1994).

5.4.5.1.5 Espécies endêmicas

O Lago Guaíba e seus tributários compartilham algumas espécies de moluscos bivalves da família Hyriidae, os quais são endêmicas destas áreas de drenagem (Pereira *et al*., 2012 e 2014): *Diplodon iheringi*, endêmica do baixo e médio Rio Jacuí e do Lago Guaíba;

Diplodon hildae, endêmico do baixo Rio dos Sinos e do Lago Guaíba, *Anodontites iheringi*, endêmico do alto Jacuí, do Rio Caí e do médio e alto Rio dos Sinos. *Aegla spinipalma* e *Aegla grisella* (Bond-Buckup e Buckup, 1994) são endêmicas da bacia do Rio Jacuí.

5.4.5.1.6 Espécies invasoras

A Resolução CONABIO nº 5, de 21 de outubro de 2009, que estabelece critérios de espécies invasoras, em alinhamento com a Estratégia Nacional sobre Espécies Exóticas, definiu a categoria "Espécie Exótica Invasora", como aquelas que sua introdução, reintrodução ou dispersão representa risco ou impacta negativamente a sociedade, a economia ou o ambiente (ecossistemas, habitats, espécies ou populações)". As espécies exóticas invasoras são aquelas que, uma vez introduzidas a partir de outros ambientes, adaptam-se e passam a se reproduzir e proliferar, frequentemente ocasionando alterações nos processos ecológicos naturais, prejudicando as espécies nativas, habitats e ecossistemas (MMA, 2016). Dentre as espécies invasoras citadas para a região pode-se destacar três espécies de moluscos de origem asiática (PEREIRA *et al*., 2012; PEREIRA *et al*., 2000; MANSUR *et al*., 1988): *Limnoperna fortunei*, *Corbicula fluminea* e *Corbicula largillierti*.

Além de espécie invasora, *L. fortunei* também é uma espécie engenheira, devido às alterações estruturais potenciais que pode causar em função de sua capacidade de filtração e de macroaglomeração (DARRIGRAN e DAMBORENEA, 2011). Atualmente, encontram-se em franca dispersão pelos ecossistemas aquáticos sul-americanos, o que pode ser atribuído a cinco fatores chaves ressaltados por BOLTOVSKOY (2015), sendo dois destes fatores intrínsecos à espécie: (1) a larva livre natante, a qual facilita a dispersão do molusco no plâncton e 2) um adulto séssil e bissado, que ocupa substratos consolidados, inclusive cascos de navios, criando incrustações que podem ser transportadas por longas distâncias. Outros três são relacionados à civilização moderna, a qual contribui ao processo de invasão por meio vias de introdução e vetores de dispersão artificiais em ambiente intercontinental e continental: 3) incremento da interconectividade entre bacias via hidrovias, transporte de embarcações via terrestre, bem como por meio de transposição de bacias; 4) construção de reservatórios, e 5) crescimento de navegação continental. Outros atributos da espécie podem ser ressaltados como determinantes ao sucesso de sua invasão, como reprodução quase contínua ao longo de um ciclo anual (BOLTOVSKOY *et al*., 2015a), tolerância à ampla faixa de pH (PEREIRA, 2014), à baixa concentração de cálcio (OLIVEIRA *et al*., 2010) e à dessecação (DARRIGRAN *et al*, 2004). Além disso, pode sobreviver à passagem pelo trato digestivo de algumas espécies de peixes (BELZ, 2009), devido a elevada tolerância ao pH ácido estomacal.

Em uma boia de sinalização do Rio Jacuí, localizada nas proximidades do lançamento de água de resfriamento da Usina Termelétrica de Charqueadas – UTCH, no município de Charqueadas (RS), e no sedimento de fundo coletado ao redor desta, *L. fortunei* foi a espécie dominante em ambos os substratos, em todas as oito amostragens quinzenais, realizadas entre abril e agosto de 2007, compreendendo >50 % dos indivíduos em 87,5 % das amostras, seguido de Oligochaeta e Chironomidae (KAPUSTA e FREITAS, 2012), grupos tolerantes à poluição que se alimentam de detritos orgânicos. *L. fortunei* modifica o substrato e incrementa

o conteúdo orgânico no ambiente aquático modificando a composição e abundância da fauna bentônica (UHDE *et al*., 2012).

O processo de invasão das espécies do gênero *Corbicula* na América do Sul se iniciou com o estabelecimento de *C. largillierti*, seguido de *C. fluminea* (MANSUR *et al*., 2004a). Nas localidades de Punta Blanca e Atalaya, no litoral do Rio da Prata (Argentina), *C. largillierti* e *C. fluminea* competiram durante a invasão, verificando-se a diminuição da população da primeira espécie e crescimento da população da segunda (DARRIGRAN, 1991).

No Sul do Brasil, além das espécies mencionadas acima, outras foram introduzidas como *Corbicula fluminalis* e *Corbicula* sp. (sem identidade definida), mas suas populações são menores quando comparadas as demais, e sua ocorrência é rara, o que demonstra o estabelecimento destas espécies em águas brasileiras sem confirmação do "status" de espécie invasora (SANTOS *et al*., 2012). No Rio Jacuí, os primeiros registros obtidos são da presença de *C. malinensis* no trecho entre Charqueadas e São Gerônimo (Mansur et., 1988), a qual foi erroneamente identificada, sendo mais tarde sinonimizada a *C. fluminea* (MANSUR et., 2016). Posteriormente, constatou-se a presença de *Corbicula fluminea* em todo o baixo Rio Jacuí (MANSUR, 2008). Pereira *et al*. (2000), registrou *Corbicula fluminea* também no baixo Rio Jacuí, no Porto Belinho, Passo Raso, no município de Triunfo. Exame recente do material coletado pelo autor nesta localidade e depositado no Museu de Ciências e Tecnologia da PUCRS, demonstram que esta espécie também convivia em simpatria com *Corbicula fluminalis* e *C. largillierti*. Estas espécies, especialmente *C. largillierti* foram observadas na dieta alimentar e de aves e provavelmente do ratão do banhado (PEREIRA e PETRY, 1995). Estudos ambientais realizados para o licenciamento de áreas para a extração de areia também registraram estas espécies: *Corbicula flumínea;* Corbiculidade para coletas realizadas no centro do canal do Jacuí, sem identificar as espécies; e *C. largillierti*.

5.4.5.1.7 Comunidades bentônicas

São escassos os estudos sobre a comunidade bentônica no Rio Jacuí, destacando-se levantamento de taxocenoses de moluscos, poríferos e insetos. Quanto aos crustáceos destacam-se os trabalhos taxonômicos.

Os estudos ambientais para fins de licenciamento ambiental, com base em amostragem utilizando draga do tipo busca-fundo, não informam detalhes sobre o delineamento amostral, número de amostras, mesohabitats e micro-habitats amostrados. Dos 54 processos de licenciamento vigentes analisados, apenas 22 apresentam dados sobre os componentes tratados no presente capítulo, sendo que destes apenas 17 apresentam avaliação da fauna bentônica, com a utilização de busca-fundo de Petersen, sem apresentar um detalhamento do número de replicações utilizadas, procedimentos metodológicos padronizados, aspectos importantes para obtenção de resultados confiáveis quanto à representatividade das espécies nas comunidades, bem como da descrição de aspectos estruturais da mesma. Destes 17 estudos, um cita apenas uma espécie ameaçada dentre os componentes da fauna, o bivalve *Mycetopoda legumen*, sete estudos citam a predominância do mexilhão-dourado (*Limnoperna fortunei*), sem maior detalhamento, da abundância relativa,

densidade, bem como da composição das demais espécies. Cabe observar que os dados apresentados nestes processos de licenciamento não possibilitam distinguir padrões de abundância, diversidade e composição das espécies entre áreas mineradas e não mineradas.

6 CONSOLIDAÇÃO DOS DADOS SECUNDÁRIOS DO MEIO SOCIOECONÔMICO

A consolidação dos dados secundários para a socioeconomia teve por objetivo apresentar o estado da arte existente para a região de estudo, com base em dados técnicos apresentados em estudos divulgados e/ou aprovados por órgãos oficiais, fundamentados em dados consistentes.

Um dos principais estudos utilizados refere-se ao Plano da Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí que embora tenha como escala de análise a bacia hidrográfica, oferece um panorama geral para compreensão de diversos temas, como a caracterização socioeconômica e as componentes navegação interior, balneários, recreação e lazer, pesca, abastecimento populacional e industrial.

Outro estudo de destaque utilizado para a caracterização da atividade de mineração refere-se ao relatório Projeto Materiais de Construção da Região Metropolitana de Porto Alegre, desenvolvido pelo Serviço Geológico do Brasil para o Programa Geologia do Brasil (CPRM, 2016), direcionado para análise de aspectos econômicos.

Já na etapa de levantamento de dados primários, no âmbito deste processo de zoneamento ambiental, foram considerados os onze municípios interceptados pelos trechos médio e baixo do rio, a saber: Butiá, Cachoeira do Sul, Charqueadas, Eldorado do Sul, General Câmara, Minas do Leão, Pantano Grande, Rio Pardo, São Jerônimo, Triunfo e Vale Verde, com objetivo de apresentar uma maior aproximação sobre as áreas que recebem influência direta das atividades da mineração praticadas ao longo do leito do rio.

Por fim, ressalta-se que a análise integrada dos dados secundários e primários é apresentada a seguir neste relatório no Capítulo 9. Diagnóstico Consolidado.

6.1 Caracterização segundo o Plano da Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí

O Plano da Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí (DRH/SEMA, 2015a) utilizou como referência 40 municípios que completam total ou parcialmente a área territorial da bacia, que soma 17.332,9 km², representando 6,15 % do total da área territorial do Rio Grande do Sul.

A população total dos municípios que integra total ou parcialmente a bacia era de 736.090 habitantes em 2010, segundo o Censo Demográfico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, concentrando 6,88 % da população total do estado, sendo 73,75 % situada na zona urbana e 26,25 % na zona rural. Dentre os municípios com população total maior que 50 mil habitantes se destacava Cachoeira do Sul, com índice de urbanização superior a 85 %. As características básicas da evolução da população da bacia no período de 1991 a 2010 foram:

- Nos períodos de 1991 a 2000, 2000 a 2010 e 1991 a 2010, a população total da Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí cresceu a taxas anuais inferiores ao conjunto do estado nestes períodos;
- O crescimento da população urbana nos períodos de 2000 a 2010 e 1991 a 2010, nos principais centros urbanos dos municípios integrantes da bacia foi superior ao

apresentado pelo conjunto do estado. Destacaram-se os municípios de Caçapava do Sul, Charqueadas, Eldorado do Sul e Triunfo; e

- A maioria dos municípios apresentou, no período, crescimento da população rural negativo, com valores acima da média do estado.

Quanto ao grau de urbanização, os municípios mais urbanizados em 2010 foram Charqueadas (97,7 %), Minas do Leão (96,2 %), Butiá (94,7 %), Eldorado do Sul (89,7 %), Cachoeira do Sul (85,5 %) e Pantano Grande (84,0 %).

Quanto à distribuição da população, segundo as faixas etárias, verificou-se a seguinte dinâmica no período de 2000 a 2010:

- A participação percentual da população nas faixas de zero a quatro anos e 5 a 14 anos diminuiu, tanto em nível da bacia como em nível estadual. No conjunto dos municípios da bacia em 2000, 8,19 % da população estava na faixa de zero a quatro anos e 17,49 % na faixa de 5 a 14 anos de idade, passando respectivamente, em 2010, para 5,99 % e 14,91 %;
- Na faixa etária de 15 a 59 anos ocorreu uma variação positiva em valores absolutos, tanto em nível da bacia como em nível estadual. A população total nesta faixa etária passou de 443.241 pessoas para 475.313 no ano de 2010; e
- Nas faixas de 60 a 69 anos, de 70 anos e mais, no período em estudo, verificou-se uma tendência de crescimento, tanto em valores absolutos como em percentuais de participação na população total, no conjunto dos municípios da bacia como no estado. Sendo que essa tendência de crescimento populacional pode ser explicada pela diminuição das taxas de mortalidade.

Em relação ao Produto Interno Bruto - PIB, nos anos de 2000 e 2010 a bacia hidrográfica do baixo Jacuí participava com cerca de 8 % na formação do conjunto do Rio Grande do Sul. O principal setor econômico era a indústria, com uma participação na formação do Valor Adicionado Bruto (VAB) em torno de 45 % em 2010, concentrando cerca de 14 % do VAB do estado (Figura 6.1).

No que se refere ao crescimento do PIB no conjunto da Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí, verificou-se que o setor agropecuário respondia em 2010 por cerca de 10 % do VAB da bacia, e representava 9,59 % no conjunto do estado. Este setor caracteriza-se basicamente pela produção das culturas do milho, soja e arroz e criação de bovinos e ovinos. No período de 2000 a 2010 cresceu 10,91 %, taxa inferior ao conjunto do setor no estado.

A indústria, setor econômico expressivo na bacia, representava em 2010 cerca de 45 % do VAB industrial da mesma, e concentrava 13,15 % do VAB setorial estadual. A atividade industrial está concentrada principalmente nos municípios de Charqueadas, Eldorado do Sul, Montenegro, Santa Cruz do Sul e Triunfo, que produzem mais de 80 % do VAB industrial dos municípios da bacia. No período de 2000 a 2010 este setor cresceu a uma taxa de 10,52 %.

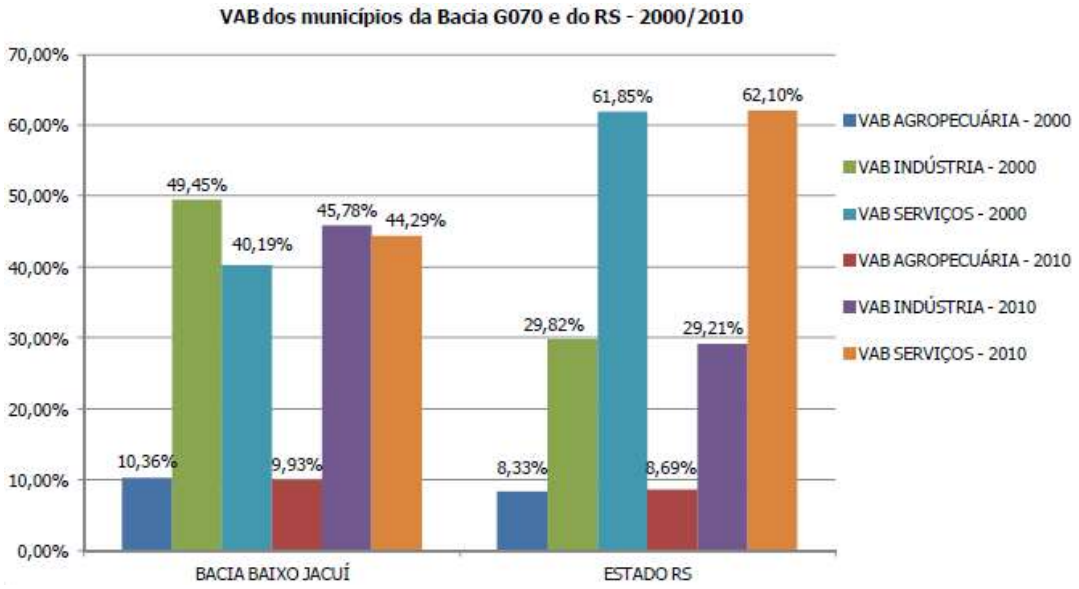


Figura 6.1 – Estrutura do VAB nos municípios da bacia do Baixo Jacuí e RS.
Fonte: FEE/Centro de Informações Estatísticas/Núcleo de Contabilidade Social e IBGE/Diretoria de Pesquisas/Coordenação de Contas Nacionais (2000/2010) (DRH/SEMA, 2014).

O setor serviços é responsável por 44,29 % do VAB da bacia e respondia por aproximadamente 6,0 % do VAB estadual, tendo crescido a uma taxa de 12,46 % entre 2000 a 2010. O VAB deste setor estava concentrado principalmente nos municípios de Cachoeira do Sul, Montenegro, Santa Cruz do Sul e Triunfo, com mais de 50 % do VAB setorial da bacia.

A Figura 6.2 ilustra o crescimento do PIB e do VAB setorial no período de 2000/2010, na Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí em comparação ao conjunto do estado.

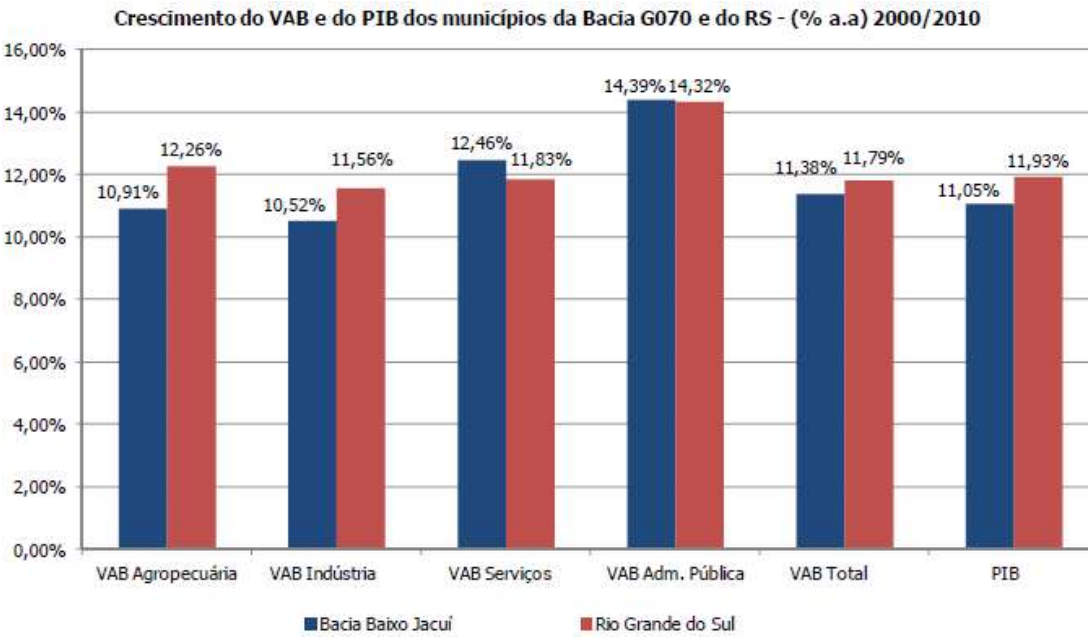


Figura 6.2 – Crescimento VAB e do PIB do na Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí e no RS.
Fonte: FEE/Centro de Informações Estatísticas/Núcleo de Contabilidade Social e IBGE/Diretoria de Pesquisas/Coordenação de Contas Nacionais (2000-2010) *apud* (DRH/SEMA, 2014).

Na indústria extrativa mineral localizada na bacia, a produção de areia no leito do Rio Jacuí assumiu importância como insumo da construção civil e pelas questões ambientais. De acordo com dados do Anuário Mineral Brasileiro (DNPM, 2010), no ano de 2009 foram produzidas 12.753.238 toneladas de areia no Rio Grande do Sul provenientes basicamente do Rio Jacuí, principal fonte de matéria prima para o mercado da construção civil.

Conforme os dados do Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM, os espaços territoriais de extração mineral comercial de areia[2] em janeiro de 2013 na bacia, com processo junto ao DNPM, localizavam-se nos municípios de Butiá, Cachoeira do Sul, Charqueadas, General Câmara, Minas do Leão, Pantano Grande, Rio Pardo, São Jerônimo, Triunfo e Vale Verde, totalizando 66 processos (em fase de concessão de lavra e licenciamento), abrangendo uma área de cerca de 2.502 ha, cujos processos nas fases descritas representavam 24,54 % do total de processos com autorização de extração no DNPM na Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí. Nas posições seguintes destacavam-se, pelo número de processos de concessão de lavra e licenciamento, as substâncias argila e carvão (2ª posição) e basalto e calcário (3ª posição). A Figura 6.3 e apresenta os municípios com as maiores incidências de extração mineral.

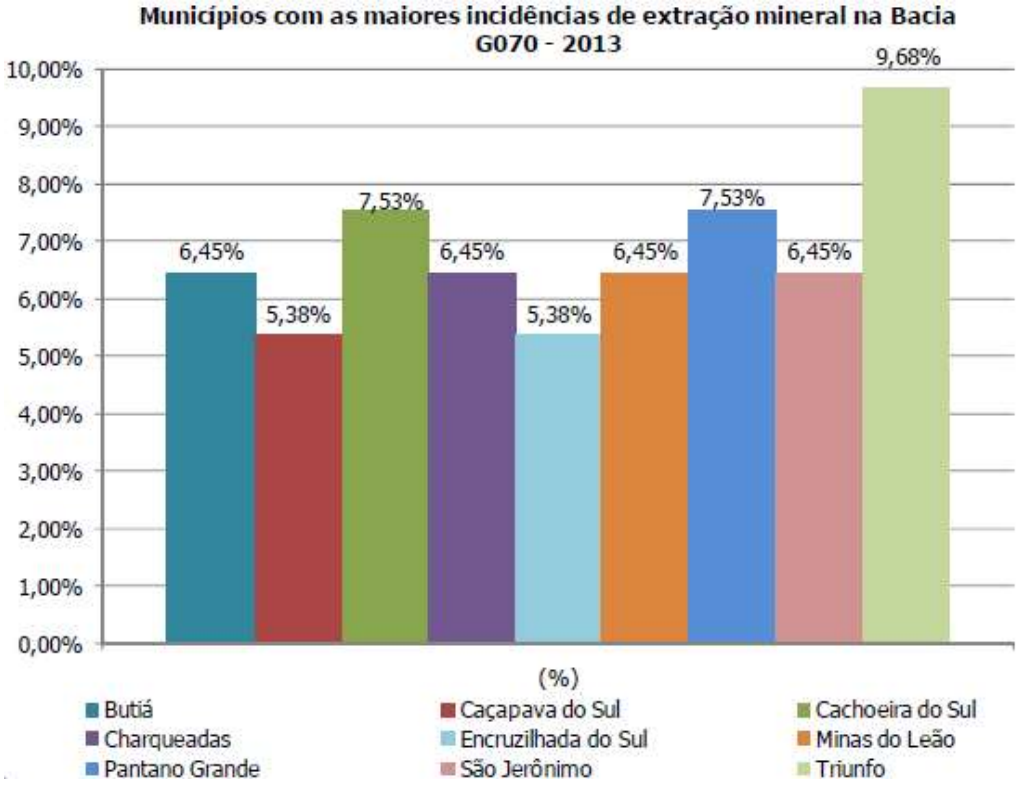


Figura 6.3 – Municípios com as maiores incidências de extração mineral na bacia do Baixo Jacuí.
Fonte: DNPM/SIGMINE/CGEO/CGTIG (jan. 2013) *apud* (DRH/SEMA, 2014).

As principais substâncias em extração na bacia identificadas pelo Plano de Bacia do baixo Jacuí a partir dos processos de exploração mineral no DNPM são: areia (24,6 %); carvão

[2] Não considerados os processos em fase de requerimento, ou seja, aqueles que aguardam autorização do DNPM, mas aqueles com autorização para extração (concessão de lavra e licenciamento). Produção comercial, não contemplada a extração pelas Prefeituras Municipais (processos no DNPM em fase de registro de licença), uma vez que as mesmas não possuem fins econômicos.

mineral (14,9 %); argila (14,5 %); basalto e calcário (9,3 % cada); areia quartzosa (5,2 %) e caulim (4,8 %).

A agropecuária na Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí representava em 2010 cerca de 10 % da formação do VAB total, concentrando 9,59 % do VAB setorial do conjunto do estado. O VAB da agropecuária estava distribuído principalmente nos municípios de Cachoeira do Sul, Candelária, Júlio de Castilhos, Rio Pardo e Santa Cruz do Sul, que respondiam por cerca de 36 % do VAB setorial total da bacia.

De acordo com as informações do Censo Agropecuário de 2006, considerando-se o uso das terras agrícolas, verificou-se que 25,62 % da área agrícola era destinada para a produção de lavouras temporárias, concentradas em três culturas: o milho, a soja e o arroz. Estas três culturas ocupavam em 2006 aproximadamente 75 % da área agrícola dos estabelecimentos rurais, mostrando uma elevada concentração da produção agrícola. Nos municípios com população total de até 10 mil habitantes, esta incidência também ultrapassava 70 % da área agrícola dos municípios integrantes da bacia.

Observou-se também que 38,47 % da área agrícola estava ocupada com pastagens naturais, destinadas à produção de bovinos e ovinos (Figura 6.4). A densidade de bovinos na bacia era de 1,47 cabeça/ha, destacando-se os municípios de Caçapava do Sul, Cachoeira do Sul, Encruzilhada do Sul, Júlio de Castilhos e Rio Pardo.

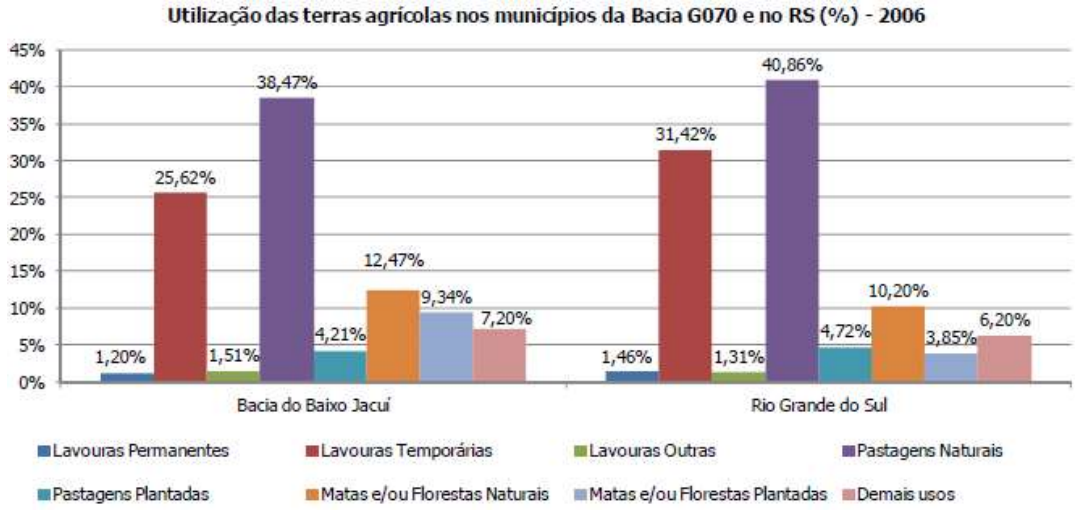


Figura 6.4 – Utilização de terras agrícolas na Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí e no RS.
Fonte: IBGE - Censo Agropecuário (2006) *apud* (DRH/SEMA, 2014).

A Figura 6.5 mostra a incidência das principais culturas temporárias nos municípios da bacia em relação à área total agrícola, comparativamente ao conjunto do estado.

O cultivo de arroz assumia importância na Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí, uma vez que estava na segunda posição em termos de área plantada. De acordo com dados fornecidos pelo IRGA (2013), Safra 2012-2013, a produção atingiu 999.432 toneladas, representando 12,38 % do total do estado.

Com relação aos efetivos da pecuária nos municípios da bacia, no período de 2006 a 2010 tiveram crescimento negativo, com exceção dos ovinos, que apresentavam taxa positiva, porém aquém da média estadual (Figura 6.6).

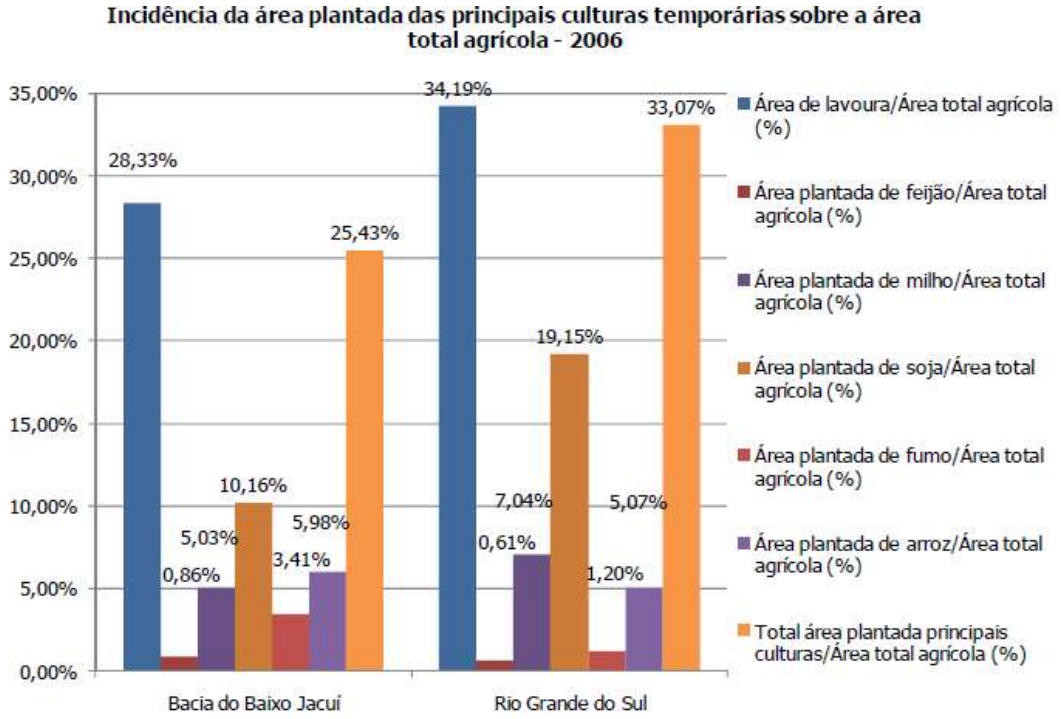


Figura 6.5 – Incidência da área plantada das principais culturas temporárias sobre a área total agrícola na Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí e no RS.
Fonte: IBGE - Censo Agropecuário (2006) *apud* (DRH/SEMA, 2014).

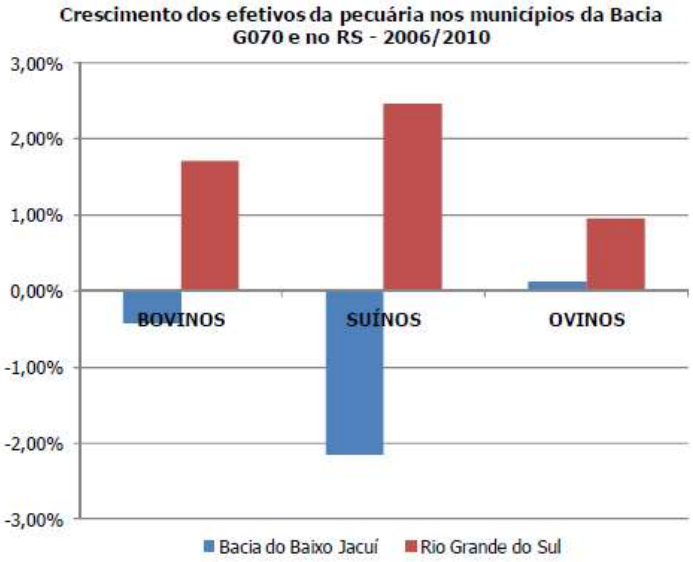


Figura 6.6 – Crescimento da pecuária nos municípios da Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí e no RS.
Fonte: IBGE - Censo Agropecuário (2006) e Pesquisa da Pecuária Municipal *apud* (DRH/SEMA, 2014).

Diante deste cenário, os indicadores econômicos da Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí demonstram a importância do setor industrial na economia regional, sendo os municípios de Charqueadas, Eldorado do Sul, Montenegro, Santa Cruz do Sul e Triunfo os responsáveis por

mais de 80 % do VAB industrial produzido na bacia, com comprometimento dos mananciais hídricos ocasionados em razão das atividades econômicas desenvolvidas na região.

6.1.1 Uso do solo

De acordo com o Plano da Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí (DRH/SEMA, 2015b), a bacia em estudo é caracterizada principalmente pelo uso intensivo do solo para as atividades agrícola e pecuária, sendo a maior parte da área de estudo ocupada por áreas agrícolas (27,87 %), campos/pastagens (27,83 %) e mata nativa/ciliar (24,22 %), distribuídas em aproximadamente 80 % da área total da bacia, totalizando 13.852,41 km², com destaque ainda para o cultivo de arroz irrigado (8,07 % da área total da bacia) e a silvicultura (4,67 %).

As áreas agrícolas (27,87 %) estão distribuídas praticamente em toda a bacia, concentradas principalmente na Depressão Central e no Planalto, com menor ocorrência na porção sudeste, sendo ocupadas por uma ampla variedade de cultivos agrícolas, notadamente por soja, milho, fumo, melancia, feijão, melão, mandioca, batata-doce, batata-inglesa e cevada. Ressalta-se a expansão da área cultivada com soja na bacia nos últimos anos, em locais utilizados anteriormente para o cultivo de arroz e em áreas de campos/pastagens.

A partir da análise de imagens de satélite de outubro e novembro de 2013, foram definidas nove classes de uso e ocupação do solo na bacia (Mapa 5.1 e Quadro 6.1).

Quadro 6.1 – Classes de usos e ocupação do solo na Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí.

Classe de Uso	Descrição
Áreas Agrícolas	Inclui as áreas ocupadas com agricultura sem o uso de irrigação.
Áreas Agrícolas Irrigadas (pivôs)	Inclui as unidades relacionadas à agricultura irrigada com o uso de pivôs.
Áreas Agrícolas Irrigadas (rizicultura)	Inclui as áreas agrícolas irrigadas com o cultivo de arroz.
Áreas Urbanizadas	Contempla as áreas urbanas estabilizadas e em expansão.
Campos/Pastagens	Contempla as formações predominantemente herbáceas, independentemente do tipo de unidade fitoecológica, inclusas as áreas de campos naturais e aquelas utilizadas com pastagens plantadas.
Capoeira/Vegetação Arbustiva	Corresponde ao predomínio de cobertura vegetal arbustiva, independentemente da unidade fitoecológica e estágio sucessional, incluídas as áreas com ocorrência da formação denominada capoeira.
Lâmina d'água (Açudes/Curso d'água/Barragens)	Tal classe inclui os cursos d'água e corpos d'água (lagos, açudes, barragens). Cabe considerar que os açudes e lagos considerados têm, no mínimo, 1 hectare.
Mata Nativa/Ciliar	Considerado o predomínio de cobertura vegetal arbórea, independentemente da unidade fitoecológica e estágio sucessional.
Silvicultura	Consideradas as espécies arbóreas plantadas, tais como acácia e eucalipto e as lavouras permanentes.

Fonte: DRH/SEMA (2015a).

6.1.2 Indicadores Socioeconômicos

Os indicadores socioeconômicos utilizados para a caracterização da Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí estão sintetizados pelo Índice de Desenvolvimento Socioeconômico elaborado pela FEE para os anos de 2001 e 2009.

O IDESE é um índice sintético que abrange um conjunto amplo de indicadores sociais e econômicos classificados em quatro blocos temáticos: Educação (i), Renda (ii), Saneamento e Domicílios (iii) e Saúde (iv). Este índice varia de zero a um e permite que os municípios sejam classificados em três níveis de desenvolvimento: baixo (até 0,499), médio (0,500 - 0,799) ou alto (≥ 0,800).

A Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí apresentou no ano de 2001 um IDESE da ordem de 0,653 e no ano de 2009 na ordem de 0,678, de acordo com a Figura 6.7. Estes valores classificam a bacia no nível médio de desenvolvimento socioeconômico.

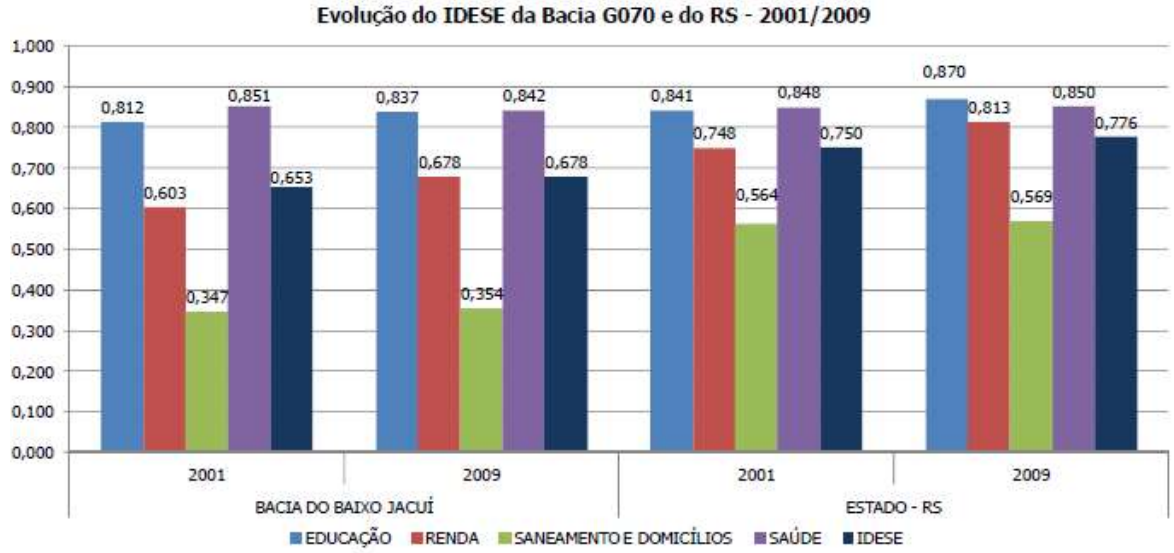


Figura 6.7 – Evolução do IDESE da Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí e do RS.
Fonte: FEE (2001/2009) *apud* (DRH/SEMA, 2014).

Segundo esses blocos temáticos e considerando-se os resultados apenas para os municípios que são interceptados pelos trechos médio e baixo do Rio Jacuí, observou-se que o melhor resultado para o índice foi no município de Charqueadas, que ocupou o 67º lugar no ranking estadual. Este município apresentava altos índices de população alfabetizada em 2000 e 2010. No quesito renda, Eldorado do Sul destacava-se na 43ª posição.

Com relação ao IDESE na Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí, embora identificado um crescimento no período de 2001 a 2009, permaneceu com desempenho inferior à média do conjunto do estado, o que reflete de certa forma as dificuldades regionais na resolução dos problemas sociais da população (Figura 6.7).

6.1.3 Indicadores de Saúde e Saneamento

A avaliação das condições de saúde e saneamento na Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí compreendeu os seguintes indicadores:

- Saúde: taxa de mortalidade e coeficiente de mortalidade infantil (2000 e 2010);
- Estabelecimentos de saúde por tipo de atendimento, leitos e equipamentos existentes por tipo de equipamento (2009);
- Saneamento: domicílios particulares com ligação de água; domicílios particulares com esgotamento sanitário; domicílios particulares com destinação de resíduo; indicadores de abastecimento de água; consumo per capita de água; indicadores de atendimento de esgotamento sanitário (2000 e 2010);
- Tipos de sistemas e mananciais utilizados no abastecimento de água (2010); e
- Prestadores de Serviços de Saneamento.

Os indicadores de saúde mostram que a taxa de mortalidade média nos municípios integrantes da bacia foi superior ao conjunto do estado, tanto no ano de 2000 como em 2010, sendo que o coeficiente de mortalidade infantil foi inferior.

Além disso, os estabelecimentos de saúde correspondiam em 2009 a 431, sendo 6,73 % com internação, 59,86 % sem internação e 33,41 % de apoio à diagnose e terapia, conforme dados do IBGE (2009). O percentual de estabelecimentos de saúde com internação nos municípios da bacia foi semelhante à média estadual. Já o número de leitos por 1.000 habitantes era 2,70, taxa inferior à média estadual, o que mostra um nível de atendimento menor para a população da região. Sendo que os equipamentos de saúde em 2009 estavam concentrados nos municípios com maior população, a saber: Cachoeira do Sul, Montenegro e Santa Cruz do Sul.

No que se refere aos índices de atendimento da área de saneamento, compreendendo, abastecimento de água, esgotamento sanitário e destinação final de resíduos sólidos urbanos, observou-se que, quanto ao índice de atendimento dos domicílios ligados à rede geral de água, nos anos de 2000 e 2010, os municípios integrantes da bacia apresentaram uma média de 68,57 % e 76,07 % respectivamente, sendo inferior à média estadual (Figura 6.8).

Os municípios com os menores índices de atendimento de domicílios ligados à rede geral eram Barão do Triunfo, Dom Feliciano, Mariana Pimentel, Sertão Santana e Vale Verde. No ano de 2010, segundo dados do Sistema Nacional de Informações de Saneamento - SNIS, o índice de atendimento urbano de água nos municípios da bacia era de 91,01 %, com um consumo médio *per capita*/dia de 124,11 L/hab./dia. Cerca de 5 municípios não apresentaram informações sobre este serviço, entre eles Ibarama, Pinhal Grande, São João do Polêsine e Vale Verde.

Em relação à taxa de crescimento de domicílios atendidos pela rede geral de água, Vale Verde apresentou maior incremento nos anos de 2000 e 2010 (% a.a.), com 47,41 %.

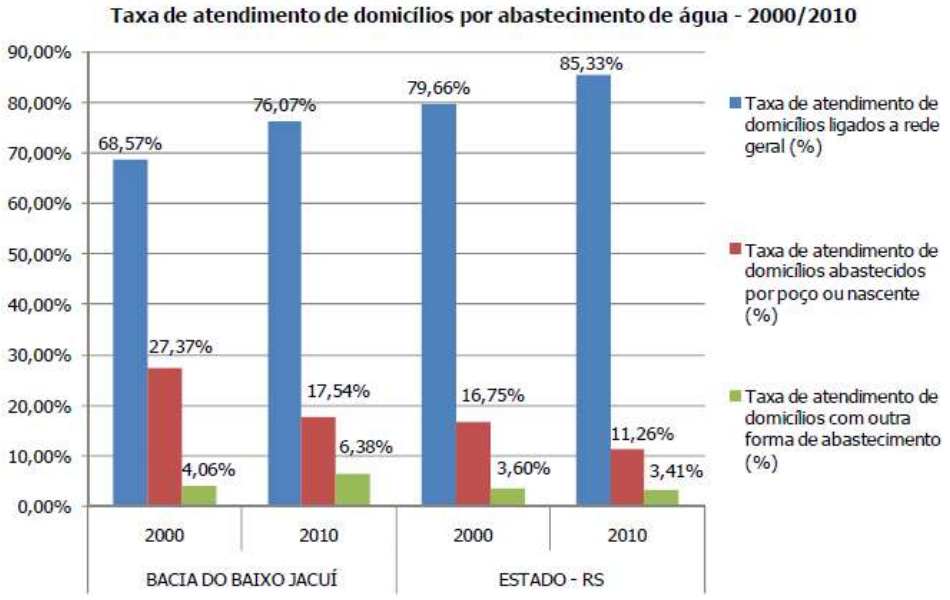


Figura 6.8 – Índices de atendimento do abastecimento de água na bacia do Baixo Jacuí e no RS.
Fonte: IBGE - Censo Demográfico (2000/2010) *apud* (DRH/SEMA, 2014).

Os tipos de sistemas de abastecimento de água em sedes urbanas e mananciais utilizados, segundo os dados da ANA (2010), foram sintetizados na Figura 6.9. De maneira geral, verificou-se que 26 sedes urbanas do conjunto de municípios da bacia (65 % do total) são abastecidas por sistemas isolados - manancial superficial ou misto, o que corresponde a 449.153 habitantes (82,73 % da população urbana total dos municípios da bacia). Os mananciais subterrâneos são utilizados para o abastecimento de nove sedes urbanas (22,5 % do total). Cinco sedes urbanas (12,5 %) são abastecidas por sistema integrado.

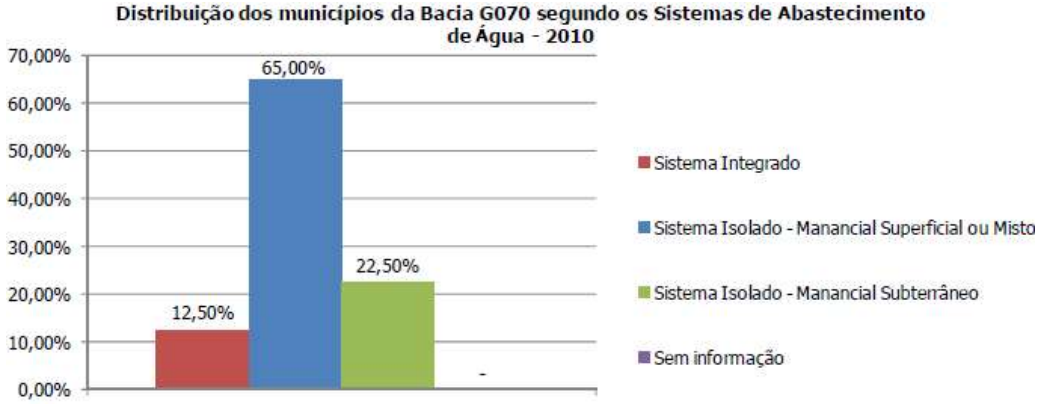


Figura 6.9 – Distribuição (%) dos Sistemas de Abastecimento de Água na bacia do Baixo Jacuí.
Fonte: Atlas Brasil - Abastecimento Urbano de Água (ANA, 2010) *apud* (DRH/SEMA, 2014).

A Agência Nacional de Águas (ANA, 2010) efetuou a análise das condições dos mananciais de abastecimento de água e do sistema produtor para atender às demandas hídricas da população urbana para o ano de 2015, no qual foi identificado que 26,56 % dos sistemas existentes nos municípios que integram a bacia possuem abastecimento satisfatório e há necessidade de investimento em 73,44 %, por intermédio de ampliação sistema (14,06 %) e novo manancial (59,38 %) (Figura 6.10).

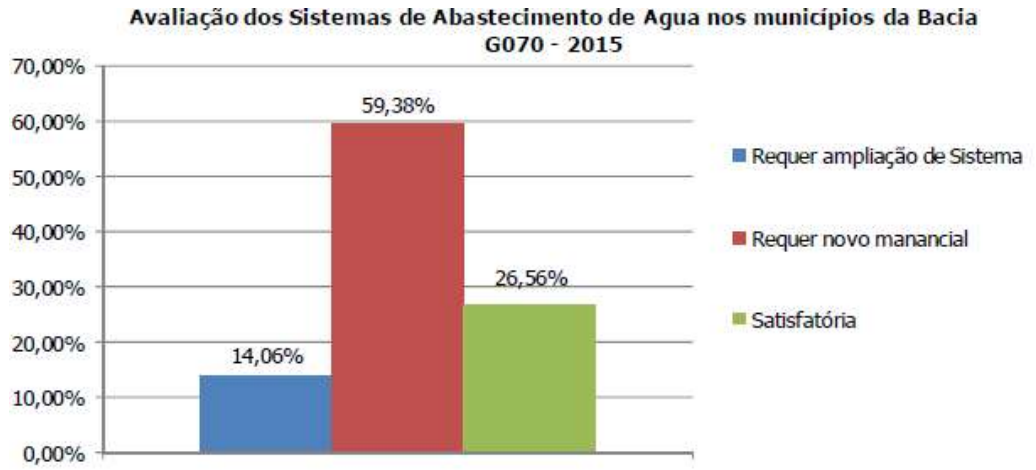


Figura 6.10 – Avaliação dos Sistemas de Abastecimento de Água na bacia do Baixo Jacuí.
Fonte: Atlas Brasil - Abastecimento Urbano de Água (ANA, 2010) *apud* (DRH/SEMA, 2014).

Oito municípios possuem serviços autônomos de saneamento e os demais são atendidos pela Companhia Riograndense de Saneamento - CORSAN.

Com relação ao esgotamento sanitário, os índices de atendimento dos domicílios ligados a rede geral ou pluvial no conjunto da bacia apresentaram valores inferiores à média do estado, conforme pode ser visualizado na Figura 6.11.

A maioria dos municípios apresentava índices elevados de domicílios que utilizavam outro tipo de escoamento. Segundo dados do SNIS de 2010, apenas Caçapava do Sul, Cachoeira do Sul, Encruzilhada do Sul, Ivorá, Novo Cabrais, Santa Cruz do Sul e Santana da Boa Vista possuíam dados sobre os serviços de esgotamento sanitário. Destes, Eldorado do Sul apresentou maior crescimento de atendimento por rede geral de esgoto ou pluvial nos anos de 2000 e 2010, com 57,41 %.

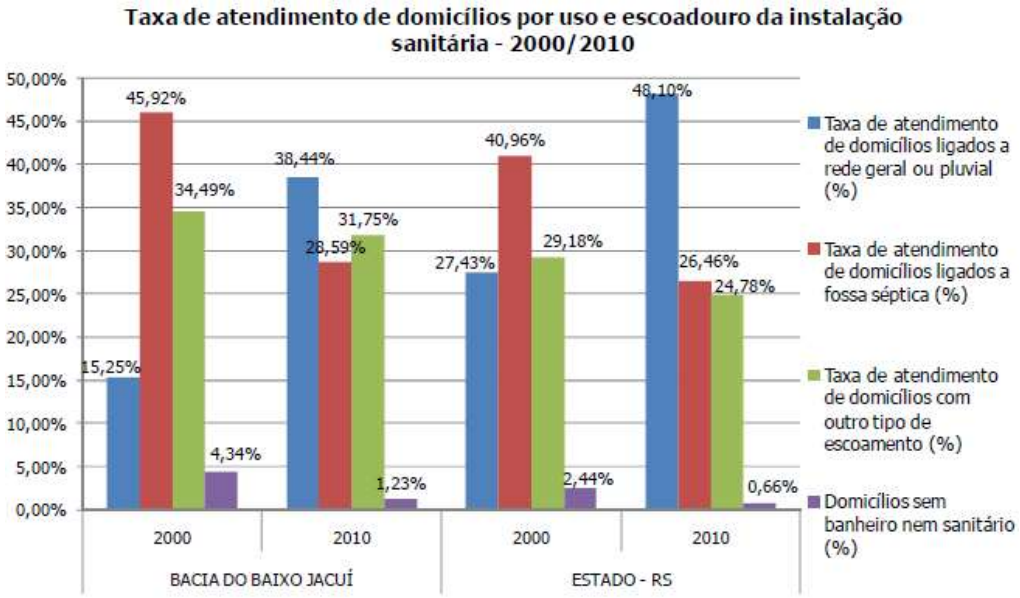


Figura 6.11 – Taxa de atendimento de esgoto 2000/2010.
Fonte: IBGE - Censo Demográfico (2000/2010) *apud* (DRH/SEMA, 2014).

Já a destinação final de resíduos sólidos na bacia apresentava índices de atendimento de coleta em cerca de 88 % dos domicílios no ano de 2010, de acordo com dados contemplados na Figura 6.12.

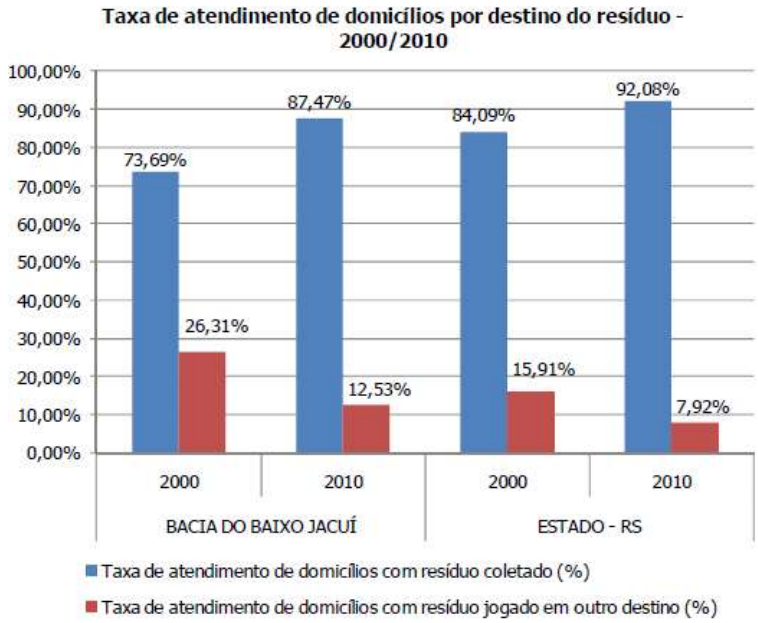


Figura 6.12 – Índices de coleta por destino de resíduos sólidos na bacia do Baixo Jacuí e no RS.
Fonte: IBGE - Censo Demográfico (2000/2010) *apud* (DRH/SEMA, 2014).

6.1.4 Caracterização dos padrões culturais e antropológicos

De acordo com o Plano da Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí, nessa região estabeleceu-se uma sociedade baseada na agricultura e na criação familiar, formando pequenas propriedades. Por meio da mão-de-obra familiar mantinham no início da colonização uma agricultura marcada por culturas da sobrevivência, sem traços de cultura permanente, representando no princípio traços do modelo agrícola indígena, de produção de caráter primitivo e de métodos rotineiros. O sistema de exploração da terra utilizado baseava-se na rotação de terras e não na rotação de culturas, como era comum no modelo de agricultura europeu (Valverde, 1975). No entanto, este sistema agrícola prosperou e novas técnicas de plantio e culturas agrícolas e pecuárias foram introduzidas, bem como outras formas de exploração econômica, como é o caso da extração mineral na região carbonífera localizada no baixo Jacuí, nos municípios de Arroio dos Ratos, Butiá, Caçapava do Sul, Cachoeira do Sul, Charqueadas, Eldorado do Sul, Encruzilhada do Sul, Minas do Leão, São Jerônimo e Triunfo.

Em termos econômicos, observou-se que os resultados deste processo de colonização foram exitosos e contribuíram significativamente para a construção de um Estado de economia diversificada.

6.2 Usos da água

A relação da cultura local com as águas foi analisada através de dados levantados junto às Prefeituras Municipais e entidades-membro do Comitê, no âmbito do Plano da Bacia

Hidrográfica do Baixo Jacuí (DRH/SEMA, 2015a), que relacionou aspectos da formação da cultura local com as águas da região.

6.2.1 Navegação interior

O Plano da Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí (DRH/SEMA, 2015a) evidencia que, no contexto histórico, a hidrovia formada pelo Rio Jacuí e seus afluentes foi responsável por ligar a região colonial com a capital, permitindo o transporte de diversos produtos, como arroz, carvão, lenha e agregados para a construção civil (ferro, telhas, tijolos, pedra, areia e madeira). Segundo Campêlo e Duhá (2009), o Rio Jacuí chegou a contar com 44 portos rudimentares no trajeto entre Porto Alegre e Rio Pardo, entretanto, em 1970 a maioria deles já estava desativada. Atualmente, a Hidrovia Rio Jacuí é uma das principais hidrovias do Rio Grande do Sul e integra o complexo hidroviário gaúcho.

O Rio Jacuí é navegável no seu curso inferior, da foz (no lago Guaíba, em Porto Alegre) até o município de Dona Francisca, por uma extensão de cerca de 370 km, com desnível de 35 metros e declividade média de 0,097 metros por quilômetro (ANTAQ, 2014; SRH/MMA, 2006). No entanto, a Hidrovia Rio Jacuí atualmente é navegável da foz até Cachoeira do Sul, por 225 km (linha de navegação em operação). Ainda assim, a navegação de comboios autopropelidos nesse trecho é dificultada devido às formações rochosas no leito do rio, acúmulos de sedimentos, erosões e bancos de areia, reduzindo as profundidades abaixo do mínimo necessário para a navegação em alguns trechos.

De acordo com os dados da Secretaria dos Portos e Hidrovias (SPH, 2014)[3], a Hidrovia Rio Jacuí inicia no Ponto Quilométrico - PK-5, no Delta do Jacuí, e termina no PK-230, na Barragem do Fandango, em Cachoeira do Sul, com extensão total de 225 km, dividida em oito trechos com calados distintos, conforme relacionado no Quadro 6.2.

Quadro 6.2 – Principais características da Hidrovia Rio Jacuí.

Hidrovia Rio Jacuí e trechos	Extensão (km)	Calado (m)	PK Início	PK Fim	Observação
Dados da Hidrovia (do Delta do Jacuí até Barragem do Fandango)	225,0	-	5	230	
Trecho Delta Jacuí - POA até Rio Balsas	10,0	5,18	5	15	Rio Jacuí
Trecho Rio Balsas até COPELMI	31,0	4,00	15	46	Rio Jacuí
Trecho COPELMI até São Jerônimo	10,0	2,50	46	56	Rio Jacuí
Trecho São Jerônimo até Barragem Amarópolis	19,0	2,50	56	75	Rio Jacuí
Trecho Barragem Amarópolis até Canal Caiera	43,0	2,50	75	118	Rio Jacuí
Trecho Canal Caiera até Porto Rio Pardo	27,5	2,50	118	145,5	Rio Jacuí
Trecho Porto Rio Pardo até Barragem Dom Marco	21,5	2,50	145,5	167	Rio Jacuí
Trecho Barragem Dom Marco até Barragem Fandango	63,0	2,50	167	230	Rio Jacuí

Fonte: SPH (2014a) *apud* DRH/SEMA (2015a).

[3] Instituição extinta conforme disposto na Lei número 14.983, de 16 de janeiro de 2017, sendo as funções hidroportuárias assumidas pela Superintendência do Porto de Rio Grande - SUPRG.

6.2.1.1 Barragens eclusas

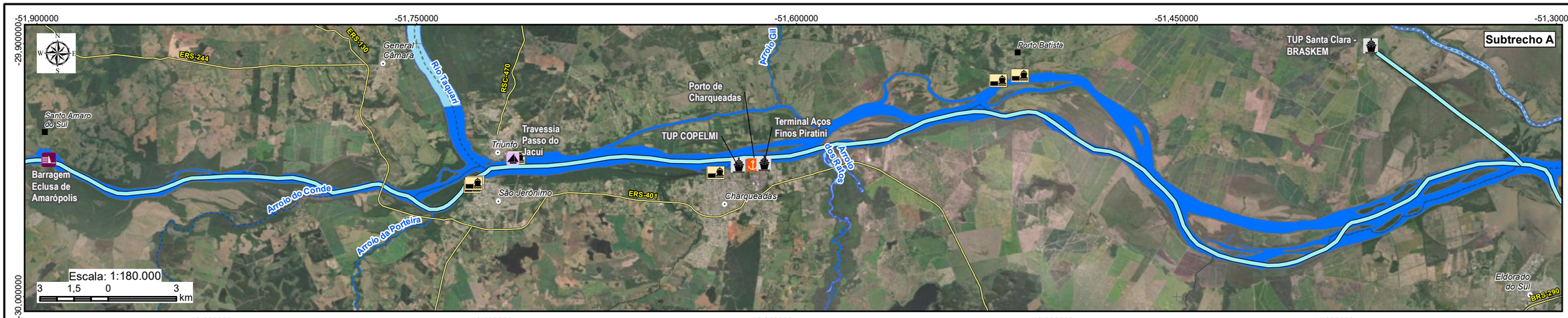
De modo a proporcionar e garantir as condições de navegabilidade na Hidrovia Rio Jacuí - apesar de alguns trechos apresentarem condições ideais para a navegação fluvial, outros eram críticos por possuírem calado não satisfatório quando em águas mínimas (na sua maioria, locais de depósitos de sedimentos) - foram construídas e estão em operação três eclusas em barramentos de regularização na Hidrovia Rio Jacuí, destinados a evitar grandes variações do nível, para controle de inundações e melhoria das condições de navegabilidade (ANTAQ, 2011). São elas: a Barragem Eclusa de Amarópolis, em General Câmara; a Barragem Eclusa do Anel de Dom Marco, em Rio Pardo; e a Barragem Eclusa do Fandango, em Cachoeira do Sul, cujas características principais estão relacionadas no Quadro 6.3.

Quadro 6.3 – Características técnicas principais das Barragens Eclusas localizadas na Hidrovia Rio Jacuí, na Bacia Hidrográfica do Rio Jacuí.

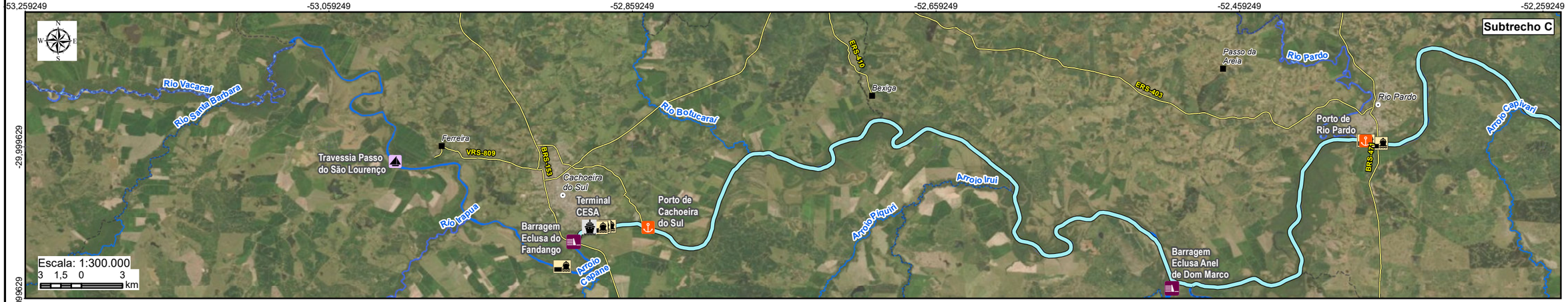
Eclusa	Amarópolis	Anel de Dom Marco	Fandango
PK	74	167	230
Localização no Rio Jacuí	margem esquerda, em General Câmara	margem esquerda, em Rio Pardo	margem esquerda, em Cachoeira do Sul
Cota máxima represamento (m)	5,5	13,5	18
Cota normal estiagem (m)	5,0	12,5	13,5
Desnível (m)	4,5	7,5	4,5
Comprimento (m)	120,0	120,0	85,0
Largura (m)	17,0	17,0	15,0
Profundidade (m)	3,0 em relação à estiagem (+0,5 a jusante da obra)	3,0	3,0
Características	84 alças	4 alças	2 vãos
	(6,3 m altura x 2,0 m largura)	(2,0 m altura x 22,0 m largura)	1º vão: 23 alças (3,75 m altura x 1,5 m largura)
			2º vão: 38 alças (4,75 m altura x 1,5 m largura)
Capacidade de Carga	6.600.000 t/ano	6.600.000 t/ano	4.400.000 t/ano
Comboio - tipo	Automotor de 2.500 t de carga útil	Automotor de 2.500 t de carga útil	1.200 t de carga útil
Responsabilidade	AHSUL	AHSUL	AHSUL

Fonte: AHSUL (2014), DNIT (2014) e SPH (2014c) *apud* DRH/SEMA (2015a).

A seguir, o Mapa 6.1 apresenta a hidrovia, travessias, eclusas, portos e terminais.







LEGENDA

- Sede municipal
- Vila
- Rios principais
- Rodovia
- Rio Jacuí
- Limite municipal

Portos e terminais

- Travessia
- Barragem Eclusa
- Terminal
- Porto
- Terminal de Minérios
- Hidrovia



Elaboração: PROFILL

RELATÓRIO FINAL

ZONEAMENTO AMBIENTAL PARA A ATIVIDADE DE MINERAÇÃO DE AREIA NOS CURSOS MÉDIO E BAIXO DO RIO JACUÍ

Contratação e fiscalização: Fepam

Sistema de Coordenadas Geodésicas
Sistema Geodésico de Referência SIRGAS2000
Escala: Indicada

Mapa 6.1 – Hidrovia do Rio Jacuí e pontos notáveis associados à atividade de navegação

Fonte de dados:
- Sede municipal: SEMARS (2018)
- Limite municipal: SEMARS (2018)
- Limite estadual: IBGE (2019)
- Rodovia: SEMARS (2018)
- Hidrografia:SEMARS (2018)
- Hidrovia: DRH-SEMA (2015)
- Portos e terminais: DRH/SEMA (2015) /FEPAM(2019)

6.2.1.2 Travessias hidroviárias intermunicipais

As travessias hidroviárias intermunicipais na bacia são efetuadas no Rio Jacuí, por intermédio de autorização da SPH, que concede a execução da atividade a operadores locais, bem como fiscaliza e normatiza o funcionamento da mesma. Desta forma, por intermédio de dados da SPH (2014d), de vistoria de reconhecimento de campo e entrevista com o Comitê - no âmbito do Plano da Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí, foram identificadas um total de cinco travessias por intermédio de balsas no Rio Jacuí. O Quadro 6.4 apresenta as duas travessias inseridas na área deste Zoneamento Ambiental.

Quadro 6.4 – Travessias hidroviárias intermunicipais efetuadas no Rio Jacuí, na bacia do Rio Jacuí.

Travessia	Município	Operador
Travessia Passo do Jacuí (passageiros e veículos)	São Jerônimo/ Triunfo	Navegação Bom Jesus Ltda. - passageiros Transportadora Inácio Ltda. - veículos
Travessia do Jacuí	Rio Pardo/ Cachoeira do Sul	-

Fonte: SPH (2014d) *apud* DRH/SEMA (2015a).

Cita-se ainda a existência das seguintes travessias rodoviárias (pontes) na Hidrovia Rio Jacuí: Porto Alegre/Eldorado do Sul: PK-7 (externa à bacia); São Jerônimo/General Câmara: PK-61; e Pantano Grande/Rio Pardo: PK-145.

6.2.1.3 Portos e terminais

Na Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí existem atualmente três portos localizados às margens do Rio Jacuí, nos municípios de Charqueadas, Rio Pardo e Cachoeira do Sul. Estão instalados ainda quatro terminais, alguns em operação efetiva e outros operam eventualmente, dependendo da demanda, a saber: Terminal Santa Clara - BRASKEM, em Triunfo; Terminal AÇOS FINOS PIRATINI e Terminal de carvão COPELMI, em Charqueadas; e, Terminal da Companhia Estadual de Silos e Armazéns - CESA, em Cachoeira do Sul, conforme relacionado no Quadro 6.5 e no Mapa 6.1.

Dos quatro terminais na Hidrovia Rio Jacuí, dois são classificados como Terminal de Uso Privado - TUP, de acordo com a Resolução ANTAQ nº 2.969/2013, tais quais: TUP Santa Clara - BRASKEM, em Triunfo, e, TUP COPELMI, em Charqueadas. Ressalta-se ainda a existência de um antigo Terminal em Charqueadas, desativado, cuja administração era de responsabilidade da extinta Empresa de Portos do Brasil S. A. - Portobrás.

CAMPÊLO e DUHÁ (2009) destacam ainda o Terminal Santa Clara. Esse terminal foi implantado juntamente com o Polo Petroquímico de Triunfo na década de 1970 e foi construído pela Companhia Petroquímica do Sul (Copesul), atual Braskem. Localiza-se no PK-13 da Hidrovia Rio Jacuí, afastado 7 km da margem, e atende não só à navegação interior, mas também à navegação marítima, como o Porto de Porto Alegre. O acesso hidroviário se dá por intermédio de um canal dragado que liga o Porto de Porto Alegre ao canal Santa Clara, que é um canal privado de 7 km de extensão que interliga o Rio Jacuí à bacia de evolução do

terminal, que dispõe de quatro píeres independentes, sendo dois para granéis líquidos e gases, um para carvão e um para contêineres.

Quadro 6.5 – Portos e terminais na Hidrovia Rio Jacuí inseridos na bacia do Baixo Jacuí.

Porto/Terminal	Município	PK	Tipo de operação	Tipo de terminal
Porto de Charqueadas	Charqueadas	46	Cargas diversas	Público - Administração AHSUL
Porto de Rio Pardo	Rio Pardo	146	A Prefeitura de Rio Pardo sublocou o porto para três empresas privadas do setor de mineração de areia. No entanto, a administração deverá retornar à SPH, conforme audiências de conciliação em 2013 e 2014.	Público - Administração SPH Administração atual - Prefeitura Municipal de Rio Pardo (desde 2004, após a assinatura de um termo de cessão de uso entre a SPH e a Prefeitura).
Porto de Cachoeira do Sul[1]	Cachoeira do Sul	225	Cargas diversas	Público - Administrado pela SPH/Fluvial
Terminal CESA	Cachoeira do Sul	228	Operação eventual (conforme demanda) - grãos	Privado, fora do porto público
Terminal AÇOS FINOS PIRATINI	Charqueadas	46	Operação eventual (conforme demanda) descarga de minério de ferro paletizado	Privativo no Porto de Charqueadas
TUP COPELMI	Charqueadas	46	Efetiva - carregamento de carvão	Terminal de Uso Privativo: TUP - fora do Porto de Charqueadas/ Fluvial
TUP Santa Clara - BRASKEM	Triunfo	13	Efetiva - carga/descarga de produtos petroquímicos, carvão, contêineres	Terminal de Uso Privativo: TUP - Misto (Alfandegado)/ Marítimo

[1] Não operacional, de acordo com informação fornecida pela SPH.
Fonte: SPH (2014e), Ministério dos Transportes (2014), Freitas (2013) e Campêlo e Duhá (2009) *apud* DRH/SEMA (2015a).

Conforme CAMPÊLO e DUHÁ (2009), as principais mercadorias movimentadas para Porto Alegre em 1945 a partir do Rio Jacuí eram arroz (30.189 t), carvão (191.785 t), ferro (7.140 t), cal (5.675 t), lenha (13.682 t), madeira (3.034 t), pedra e areia (28.871 t) e telhas e tijolos (1.233 t). Atualmente, dentre os tipos de cargas transportadas na Hidrovia Rio Jacuí estão produtos petroquímicos, carvão, carga geral conteinerizada, minério de ferro paletizado e grãos, bem como areia extraída do leito do Rio Jacuí (Quadro 6.5).

A areia é destinada ao consumo imediato na construção civil e é transportada para dois destinos distintos: o Porto de Estrela e o Porto de Porto Alegre[4] e o carvão mineral, consumido no Polo Petroquímico de Triunfo (TUP Santa Clara - BRASKEM), possui origem em Charqueadas (TUP COPELMI), onde são utilizadas embarcações de 1.800 t de capacidade de carga.

CAMPÊLO e DUHÁ (2009) destacam ainda a importância do transporte de agregados para a construção civil nas hidrovias no Rio Grande do Sul (areia e seixo rolado - cascalho), seja pelo número de embarcações empregadas (dragas e chatas), seja pelo volume de consumo cada vez mais crescente de sua utilização na construção civil, estando as maiores

[4] Conforme notícia veiculada no Correio do Povo, em 21/05/2014. Disponível em: <http://www.correiodopovo.com.br/Noticias/?Noticia=526016> Acesso em: 06 Jun. 2014.

jazidas de extração mineral de areia autorizadas no Rio Grande do Sul localizadas no Rio Jacuí, com cerca de 80 % da captação da área. Também é notável a importância da movimentação de carvão na Hidrovia Rio Jacuí, decorrente da extração mineral em jazidas exploradas da Bacia Carbonífera do Vale do Jacuí.

6.2.1.4 Impactos da navegação interior

A utilização dos cursos d'água para fins de navegação pode gerar impactos em duas situações principais: durante a operação do transporte pelas vias navegáveis e quando da execução de melhorias ou manutenção das mesmas. O transporte hidroviário está relacionado com um menor gasto de combustível e uma menor emissão de poluentes por quilômetro e tonelada transportada, bem como com um menor custo de operação quando comparado com os modais rodoviário e ferroviário. Apesar dessas vantagens, o transporte aquaviário também apresenta impactos ambientais (ANA, 2007).

De acordo com a ANTAQ (2014c), os impactos ambientais reais e potenciais da navegação são decorrentes das atividades necessárias às obras de instalação de empreendimentos portuários e sua operação, bem como à atividade de navegação por si só:

(i) Impactos decorrentes da execução de obras de novos berços de atracação, dragagens de berços e canais de acesso, derrocamentos, de aterros, enrocamentos, infraestrutura de armazenagem, edificações em geral, acessos terrestres, dentre outros.

(ii) Impactos decorrentes das operações de manuseio, transporte e armazenagem da carga, bem como os serviços de manutenção da infraestrutura, o abastecimento e reparo de embarcações, máquinas, equipamentos e trânsito de veículos pesados, dentre outros.

(iii) Impactos oriundos de vazamentos, ruptura e transbordamento ou derramamentos de óleo durante a operação de abastecimento e transferência entre embarcações ou entre embarcação e terminal; colisão, encalhes e vazamentos de embarcações que resultem em derramamento da carga ou de combustível; poluição do ar causada por combustão, ventilação da carga, resultante das operações com carga seca como cimento, grãos, minério e carvão; transferência de organismos aquáticos invasores nocivos e agentes patogênicos, por meio da água de lastro e incrustações no casco; efeitos das tintas tóxicas utilizadas nas embarcações; dentre outros.

Ressalta-se, ainda, possíveis impactos decorrentes da implantação e operação das obras de arte implantadas nas hidrovias, como é o caso das barragens eclusas, que alteram o regime hídrico e podem ocasionar impactos à ictiofauna.

Sendo assim, é necessário que o setor de transportes busque sempre minimizar e mitigar os impactos ambientais por ele ocasionados, seja na implantação, operação ou manutenção das vias. Nesse sentido, destaca-se a implantação da Política Ambiental do Ministério dos Transportes, que define metas e objetivos para os diversos modais de transporte, em particular aqueles sugeridos para o setor hidroviário interior (ANA, 2007).

6.2.1.5 Prognóstico da navegação interior

De modo a ampliar o transporte por hidrovias como alternativa de escoamento da produção agrícola e demais produtos, o Ministério dos Transportes divulgou em outubro de 2013 o Plano Hidroviário Estratégico - PHE (MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, 2013), com o objetivo de melhorar a qualidade das atuais hidrovias brasileiras e expandir a rede hidroviária, além de otimizar o potencial comercial. Conforme o PHE, no Rio Jacuí, entre Porto Alegre e Triunfo, seriam necessárias obras civis como derrocamento e dragagem, importantes para melhorar a segurança e a confiabilidade do transporte hidroviário interior.

No trecho do Rio Jacuí, entre Triunfo e Cachoeira do Sul, seriam necessárias obras civis como regularização do leito do rio, dragagem e derrocamentos, além da atualização do sistema de sinalização/balizamento (Figura 6.13).



Figura 6.13 – Obras necessárias na Hidrovia Rio Jacuí, segundo o Plano Hidroviário Estratégico.
Fonte: MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES (2013) *apud* (DRH/SEMA, 2014).

De modo a consolidar as obras civis necessárias na Hidrovia Rio Jacuí, as mesmas foram incluídas no PAC 2 a Hidrovia Brasil-Uruguai, também conhecida como Hidrovia do Mercosul ou Corredor do Mercosul, com investimentos previstos para 5 anos (a partir de 2013) para a efetiva implantação da parte brasileira da hidrovia. A Hidrovia Brasil-Uruguai faria parte do Corredor Multimodal com previsão de ligar Montevidéu a São Paulo, com extensão de 2.200 km de extensão.

Sendo assim, como parte da política de investimentos em hidrovias, as Repúblicas do Brasil e do Uruguai assinaram um acordo para o transporte fluvial e lacustre internacional de carga e de passageiros, contando com esforços bilaterais para a preparação da infraestrutura necessária (CONSÓRCIO ECOPLAN-PETCON, 2013).

Também existem estudos para a implantação de um novo porto em Rio Pardo, de responsabilidade da administração pública municipal, de acordo com a Secretaria de Planejamento de Rio Pardo.

Com relação ao trecho navegável da Hidrovia Rio Jacuí, navegável até Cachoeira do Sul, existe planejamento de ampliação até Dona Francisca no horizonte de 2025, com áreas propícias de novos terminais hidroviários em Restinga Seca e Dona Francisca, de acordo com o Plano Nacional de Integração Hidroviária - Bacia do Sul (ANTAQ, 2014a).

6.2.1.6 Plano Hidroviário Metropolitano do Rio Grande do Sul

O Plano Hidroviário Metropolitano do Rio Grande do Sul (METROPLAN, 2014) apresentou estudos para propor e implementar o sistema de transporte hidroviário de passageiros como uma nova alternativa de transporte coletivo na Região Metropolitana de Porto Alegre (RMPA). A rede hidroviária proposta é constituída por rotas e linhas hidroviárias urbanas e metropolitanas com origens e destinos em diversos municípios da RMPA e bairros de Porto Alegre. A Rede Hidroviária Metropolitana foi projetada a partir de dados secundários, com destinos definidos a partir da viabilidade de acesso por água. Ao todo foram projetadas nove Rotas Hidroviárias, denominadas a partir dos corpos d'água de cada hidrovia, que somaram 29 destinos, dentre os quais a rota do Jacuí.

A rota do Jacuí parte do centro de Porto Alegre, passando pela Ilha da Pintada, Polo Petroquímico, Charqueadas, São Jerônimo e Triunfo. Poderá ainda percorrer o outro braço do Jacuí, que ao invés de passar pela Ilha da Pintada, passará pelo terminal de Integração em Canoas, na Praia de Paquetá. Nesta rota, o rio apresenta excelentes condições para navegação, pois já possui hidrovias consagradas operando no transporte de carga do RS.

Essa rota terá finalidade tanto para o deslocamento diário com destino a estudo e trabalho, destacando-se as viagens ao Polo Petroquímico, quanto para a promoção do turismo nas cidades que compõem a rota Charqueadas, São Jerônimo e Triunfo, podendo destacar também as ilhas de Fanfa e Granja Carola.

O sistema previsto para implementação deste Plano necessita de fontes de financiamento complementares aos orçamentos das instituições componentes. As duas principais formas são a Parceria Público-Privada (PPP) e a obtenção de recursos junto ao Governo Federal ou organismos internacionais de fomento ao desenvolvimento.

6.2.2 Balneários, Recreação e Lazer

A caracterização dos empreendimentos do setor de recreação e lazer realizada no Plano da Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí (DRH/SEMA, 2015a) identificou um total de 28 balneários, distribuídos nos municípios conforme apresentado no Quadro 6.6.

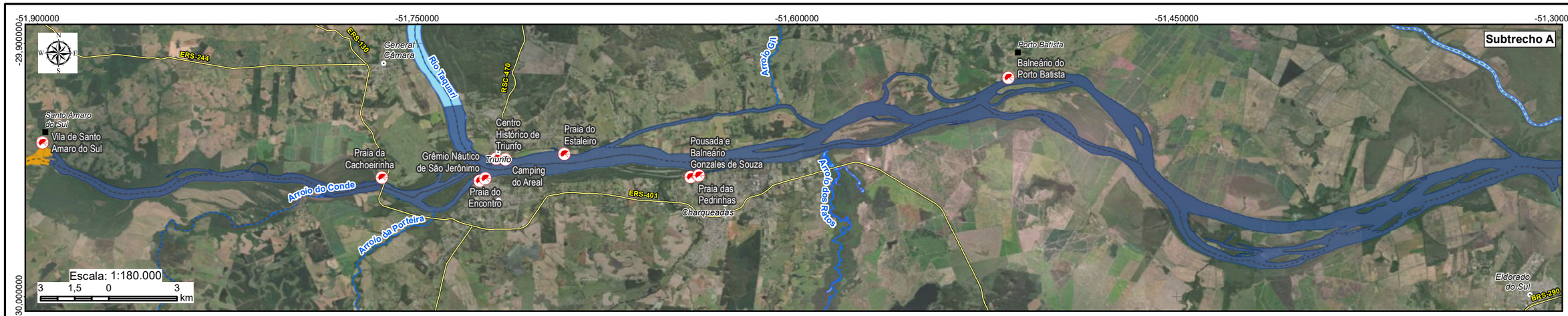
Quadro 6.6 – Balneários nos municípios interceptados pelos cursos médio e baixo do Rio Jacuí.

Município	Balneários	Município	Balneários	Município	Balneários
Butiá	1	General Câmara	2	Triunfo	1
Cachoeira do Sul	6	Pantano Grande	3	Vale Verde	2
Charqueadas	5	Rio Pardo	5		
Eldorado do Sul	1	São Jerônimo	2		

Fonte: DRH/SEMA (2015a).

Adicionalmente foi realizada uma nova pesquisa através do *Google Earth* com objetivo de identificar as áreas de balneários, praias, campings, etc., reconhecíveis através deste recurso. Esses locais podem ser observados no Mapa 6.2, com a ressalva de que durante o levantamento dos dados primários no âmbito deste Zoneamento Ambiental foi realizada a

atualização e confirmação destes locais, através da pesquisa de campo e junto às secretarias de turismo ou equivalentes, além de outras fontes oficiais.



LEGENDA

- Sede municipal
- Vila
- Rios principais
- Rodovia
- Limite municipal
- Áreas de lazer

Rio Jacuí

- Subtrecho A
- Subtrecho B
- Subtrecho C



Elaboração: PROFILL

RELATÓRIO FINAL

ZONEAMENTO AMBIENTAL PARA A ATIVIDADE DE MINERAÇÃO DE AREIA NOS CURSOS MÉDIO E BAIXO DO RIO JACUÍ

Contratação e fiscalização: Fepam

Sistema de Coordenadas Geodésicas Sistema Geodésico de Referência SIRGAS2000 Escala: Indicada	**Mapa 6.2 – Estabelecimentos de lazer**	Fonte de dados: - Sede municipal: SEMARS (2018) - Limite municipal: SEMARS (2018) - Limite estadual: IBGE (2019) - Rodovia: SEMARS (2018) - Hidrografia: SEMARS (2018) - Áreas de Lazer: Profill (2019)

6.2.3 Pesca

O levantamento de dados secundários relacionados à atividade da pesca realizado nesta etapa buscou construir uma visão panorâmica e descritiva da pesca no Rio Jacuí, de forma a subsidiar a pesquisa de campo (dados primários) e possibilitar análises econômicas com caráter mais estrutural, ou seja, que possam explicar a importância e abrangência econômica da atividade no contexto do Baixo Jacuí, bem como verificar se a atividade sofre impactos provenientes da mineração. Dessa forma, foram compilados dados bibliográficos referentes principalmente aos seguintes itens:

- Quantificação do número de pescadores que realizam a pesca de forma profissional;
- Mapeamento dos pontos de pesca profissional ao longo do rio;
- Quantificação monetária da produção econômica do pescado por espécie capturada;
- Levantamento da atividade dos pescadores cadastrados em diferentes colônias;
- Verificação da importância econômica da pesca amadora e desportiva na cadeia de serviços local; e
- Levantamento da cadeia de distribuição e interações econômicas com a atividade pesqueira nos cursos médio e baixo do Rio Jacuí.

As principais organizações de pescadores artesanais identificadas no Rio Grande do Sul são as próprias Colônias de Pescadores; a Federação dos Pescadores do RS; o Fórum Regional dos Pescadores do RS; os Fóruns da Pesca e a Federação dos Sindicatos de Pescadores do Rio Grande do Sul - FESINPERS. As principais colônias de pescadores identificadas em municípios que interceptam o Rio Jacuí estão apresentadas no Quadro 6.7.

Quadro 6.7 – Colônia de pescadores em municípios que interceptam o Rio Jacuí.

Município	Colônia de pescadores
Cachoeira do Sul	Z13
Rio Pardo	Z41
Fórum Delta do Jacuí	Z4 e Z5

O Fórum do Delta do Jacuí, Lago Guaíba e Norte da Lagoa dos Patos, denominado Fórum Delta do Jacuí, foi fundado em 2009, a partir da mobilização dos pescadores artesanais das colônias de pescadores Z-4 e Z-5 e das associações de pescadores artesanais da região. Este fórum objetiva o ordenamento pesqueiro dos rios Jacuí, dos Sinos, Delta do Jacuí, Lago Guaíba e Norte da Laguna dos Patos (DE PAULA, 2013). O sindicato referente à área interceptada pelo Rio Jacuí é o Sindicato dos Pescadores de São Jerônimo, Charqueadas, Triunfo, General Câmara e Taquari.

Os dados apresentados a seguir são provenientes do Plano da Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí (DRH/SEMA, 2015a), em termos de pesca e aquicultura, e caracterização da

pesca desenvolvida pelas comunidades de pescadores ribeirinhos do Rio Jacuí e de seus afluentes no município de Cachoeira do Sul analisada por Kemel e Cardoso (2007).

6.2.3.1 Plano da Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí

6.2.3.1.1 Pesca

O Plano da Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí (DRH/SEMA, 2015a) indica que a pesca é considerada uma atividade tradicional na bacia e que muitos ribeirinhos vivem exclusivamente da pesca e dependem do Rio Jacuí para sustento da família. Entre os métodos citados para a captura estão redes de emalhar, espinhel e esperas de galho, além de tarrafas e linhas de mão. A maioria das embarcações utilizadas são barcos de pequeno porte com motor de 15 HP (Figura 6.14).



Figura 6.14 – Embarcações de pequeno porte com motor de 15 HP, utilizadas por grande parte dos pescadores da Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí.
Fonte: DRH/SEMA (2015a).

Já a pesca profissional é realizada com o uso de embarcações e os principais materiais utilizados são redes de emalhe, tarrafa e espinhel. Os pescadores que mantêm vínculo econômico com a pesca vendem seu produto direto ao consumidor e a maior procura ocorre principalmente na época da Semana Santa.

À época da elaboração do Plano, existiam 756 pescadores artesanais em 21 municípios da Bacia do Baixo Jacuí: Agudo, Arroio dos Ratos, Caçapava do Sul, Cachoeira do Sul, Candelária, Cerro Branco, Charqueadas, Eldorado do Sul, General Câmara, Ivorá, Júlio de Castilhos, Montenegro, Passo do Sobrado, Pinhal Grande, Restinga Seca, Rio Pardo, Santa Cruz do Sul, Santana da Boa Vista, São Jerônimo, Sobradinho e Triunfo.

A Colônia de Pescadores de Rio Pardo (Z-41) informou que praticamente todos os pescadores que possuíam registro têm na pesca sua principal fonte de renda. A realização de

outras atividades como serviços de limpeza, lavoura, construção, entre outras, é tida como uma alternativa para a complementação da renda familiar durante o período de defeso.

Outra informação verificada durante a vistoria realizada pela equipe responsável pela elaboração do Plano de bacia refere-se ao grande número de pescadores amadores, que aproveitam o final de semana para pescar no Rio Jacuí.

O Plano da Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí entrevistou pescadores de Rio Pardo e Cachoeira do Sul, os quais revelaram que pintados, traíras, piavas e jundiás eram as espécies mais importantes economicamente. Além dessas, algumas espécies exóticas também foram citadas e apresentam grande importância comercial, como as carpas capim e cabeça-grande (Figura 6.15). Os peixes capturados geralmente são vendidos na própria casa do pescador ou em bancas localizadas na beira do rio.



Figura 6.15 – Pescador Nicolau, na cheia (Set./2013) capturou grandes exemplares de carpas no Rio Jacuí, no município de Rio Pardo.
Fonte: foto fornecida pelo pescador *apud* DRH/SEMA (2015a).

Segundo os pescadores entrevistados, os dourados eram os mais procurados e com maior valor econômico, mas sua pesca foi proibida a partir da inclusão da espécie na Lista das Espécies da Fauna Ameaçadas de Extinção no Rio Grande do Sul (Decreto Estadual nº 41.672/2002); a partir de então, pintados, piavas e grumatãs passaram a ser as espécies de maior importância econômica. Durante as entrevistas muitos pescadores citaram o jundiá como espécie nativa que costumavam capturar e que há alguns anos não era capturada com tanta frequência.

6.2.3.1.2 Aquicultura

De modo a diagnosticar a aquicultura, o Plano da Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí (DRH/SEMA, 2015a) utilizou as bases de informações secundárias disponíveis em relatórios técnicos, artigos científicos, IBGE (Censo Agropecuário de 2006), banco de dados da FEPAM de processos de licenciamento da atividade de aquicultura (FEPAM, 2014a) e contatos com as Prefeituras Municipais e escritórios da Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural - EMATER, bem como com representantes de diversos segmentos ligados com a aquicultura nos municípios que integram a bacia, complementado por vistoria realizada para reconhecimento da área de estudo e entrevistar aquicultores locais.

Na Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí a aquicultura era desenvolvida por pequenos produtores, sendo a mão-de-obra empregada era, em sua grande maioria, familiar. A atividade era desenvolvida principalmente em tanques de piscicultura onde eram criadas majoritariamente espécies exóticas, comercializadas principalmente na Semana Santa.

Cabe destacar que o Plano de Bacia ressaltou que o acesso às informações sobre empreendimentos licenciados em âmbito municipal era muito dificultado, principalmente pela falta de informatização dos sistemas, o que impedia a elaboração de um diagnóstico preciso do cenário da aquicultura na região.

Já o Censo Agropecuário do IBGE (2006) disponibilizava uma lista contendo 11.385 tanques, lagos, açudes e/ou área de águas públicas para exploração da aquicultura, distribuídos em todos os municípios da Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí, porém não especificava o tipo de criação ou a localização geográfica dos empreendimentos devido à falta de informações georreferenciadas.

O Plano de Bacia identificou um total de dez Associações de Piscicultores nos municípios de General Câmara, Ibarama, Lagoa Bonita do Sul, Mariana Pimentel, Pantano Grande, Passo do Sobrado, Rio Pardo, Santa Cruz do Sul e Sertão Santana. Foi possível verificar também que grande parte dos municípios e órgãos como a EMATER incentivavam a produção aquícola por intermédio de apoios e financiamentos para o pequeno produtor.

Por meio da análise do resultado da consulta ao banco de dados da FEPAM observou-se que as solicitações para a atividade eram estritamente de piscicultura, com 41 processos distribuídos em 20 municípios da bacia. Do total de processos de licenciamento no âmbito estadual de empreendimentos localizados nos municípios integrantes da bacia, 29 estavam classificados como sendo de porte mínimo, 5 pequenos, 3 grandes e 4 não foram classificados quanto ao porte.

Os sistemas de atividade eram: a) extensivo - onde a produção baseava-se principalmente no alimento natural produzido no tanque; b) intensivo - onde se utilizavam pequenos tanques com objetivo de obter uma alta produtividade; e c) semi-intensivo - onde havia aplicação de algum tipo de tecnologia de criação. Na bacia 53,66 % dos empreendimentos cadastrados na FEPAM realizavam atividades de sistema semi-intensivo, comum por ser economicamente mais viável para pequenos produtores rurais, 29,27 % eram extensivos e 17,07 % eram intensivos.

Apesar de ocorrerem inúmeras espécies nativas de importância comercial na Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí, a piscicultura demonstrava um grande foco nas espécies exóticas. Por intermédio da análise das licenças ambientais emitidas pela FEPAM para piscicultura, foi possível verificar que as espécies exóticas criadas eram principalmente as carpas e a tilápia, e as espécies nativas eram: traíra, jundiá, piava, lambaris e pintado.

O plano ressaltou ainda que setores como clubes de pescadores, pesque-pague e empresas particulares também contribuíam para a introdução de espécies exóticas nos ambientes naturais, baseando-se na crença popular que o “peixamento” consiste na solução para a recuperação dos estoques de peixes nos ambientes naturais.

6.2.3.2 Programa de monitoramento de processos de licenciamento

Os registros dessas campanhas foram apresentados em relatórios anuais a partir de 2008, sendo que em 2015 foi adotada a metodologia com os seguintes critérios: a) escolha aleatória de uma draga em atividade para identificação de evidências de peixes nos cestos de separação, b) entrevistas com pescadores amadores e profissionais para o conhecimento das espécies com maiores índices de capturas, e c) comparação quali quantitativa entre a área que estava sendo minerada em relação a que está em descanso, entre outras.

Durante as campanhas sazonais realizadas em 2017 foram entrevistados os pescadores que sobrevivem da fauna íctica presente na área de monitoramento, e na consolidação dos dados referentes às quatro campanhas constatou-se a ocorrência de uma oscilação de entrevistados devido a pontualidade do trabalho de campo. O relatório concluiu que espécies exóticas eram as mais frequentes nas capturas da pesca comercial. Observou-se a existência de duas metodologias de captura, uma com rede de espera generalista e outra com espinhel seletista.

Os pescadores entrevistados informaram que carpa capim era a espécie exótica mais capturada na área de influência, sendo o peixe que em média apresenta maior peso e tamanho entre os capturados. Em seguida é apontada a carpa húngara. Em termos quantitativos, os pescadores entrevistados afirmam que as espécies nativas comercializáveis mais capturadas em número de exemplares são, em primeiro lugar o pintado, seguido por jundiá, cascudo, piava e traíra. Segundo esses mesmos pescadores, existe a crença de que a quantidade de peixes está diminuindo na área de influência, sem que esses possam afirmar alguma causa específica, a qual atribuem principalmente à poluição, desmatamento e ao excesso de pesca.

O relatório mostrou também que as espécies exóticas eram a base da economia pesqueira profissional local, sendo este fato positivo sob uma ótica conservacionista, considerando-se que a atividade está retirando do ambiente natural elementos que interferem na dinâmica íctica nativa residente. As carpas predominavam como espécies comercializadas, mas o pintado, a piava e grumatã foram observados em todas as campanhas. O relatório alertou que a traíra, espécie comum nos rios e com ampla distribuição pelo estado, não apareceu na área e tão pouco se enquadrou como espécie de valor comercial.

6.2.3.3 A atividade pesqueira em Cachoeira do Sul

A pesca desenvolvida pelas comunidades de pescadores ribeirinhos do Rio Jacuí e de seus afluentes no município de Cachoeira do Sul foi analisada por Kemel e Cardoso (2007). A investigação contou com visitas/entrevistas junto aos pescadores da Colônia de Pescadores Z-13, bem como nos pontos de comercialização de pescado em Cachoeira do Sul. Foram coletadas informações referentes ao número de pescadores, sua distribuição no município e as principais questões relativas ao ordenamento da atividade, tais como: registro dos pescadores, registro das embarcações, estabelecimento de períodos de defeso, seguro-desemprego, tipos de pescarias permitidas ou proibidas.

As entrevistas evidenciaram que a pesca era praticada com redes de espera e espinhéis, prioritariamente. Tarrafas, linhas de mão e fisgas foram citadas como apetrechos de pesca utilizados por alguns dos pescadores entrevistados. As embarcações eram simples, na maioria canoas e botes a remo, sendo que 9 dos 22 entrevistados disseram que possuíam barco a motor, com potência de até 14 hp. Dentre os entrevistados, 18 pescadores se deslocavam para pesqueiros até 30 km de distância, sendo que os pesqueiros mais procurados estavam localizados no Rio Jacuí.

Em relação à quantidade de pescado, os pescadores pescavam em média 50 kg mensais, havendo dias em que não pescavam nada, em dias normais, pescavam de dois a quatro kg e, em dias bons, pescavam mais de 10 kg. Cinco pescadores afirmaram capturar montantes acima de 80 ou 100 kg mensais. As espécies mais pescadas correspondiam ao pintado (mandi), o jundiá e a traíra, sendo também citadas a piava, o dourado e o lambari como parte das capturas, porém em menor quantidade. Todos os pescadores afirmaram que a quantidade de pescado vem diminuindo constantemente nos últimos anos.

A comercialização do pescado ocorria de forma direta por todos os pescadores. Alguns entregavam parte de seu pescado para as bancas de comercialização situadas na beira do rio, de propriedade de intermediários. Outros vendiam seu produto para restaurantes especializados em peixes, situados em Cachoeira do Sul.

O pescado não tinha lugar nos principais mercados, grandes ou pequenos de Cachoeira do Sul, que optavam pelo peixe industrializado e a peixaria da cidade comercializava, principalmente, peixes marinhos. Os pescadores de Cachoeira do Sul careciam de uma organização voltada para seus interesses, tanto no que se referia à comercialização de pescado, quanto em relação à estrutura voltada para a estocagem, conservação e beneficiamento da produção.

A pesquisa mostrou que os pescadores apresentaram uma visão bastante homogênea em relação aos problemas quanto à qualidade dos recursos hídricos no Rio Jacuí. Os pescadores apontaram a diminuição constante do pescado, bem como a diminuição do volume de água, principalmente no verão, associada à maior evaporação e a irrigação em grande escala para as lavouras. Também foram relatados problemas com o despejo de esgoto e lixo, drenagem de agrotóxicos das lavouras para o rio, formação de espuma no leito do rio, ausência de matas ciliares, bem como a falta de fiscalização do poder público.

A idade dos pescadores entrevistados variava de 22 até 61 anos, e a maioria (18 pescadores) estava na faixa etária entre 40 e 61 anos. O tempo de profissão era de mais de 10 anos para 16 pescadores entrevistados, ao passo que 4 pescadores declararam exercer a atividade há menos de 5 anos. Estas duas informações podem ser consideradas um indicador da pouca atração deste ofício entre os mais jovens.

Os pescadores entrevistados eram responsáveis por um total de 50 dependentes, variando de 1 a 6 dependentes, conforme cada caso. Em uma estimativa grosseira, para cada pescador, os autores encontraram pelo menos dois dependentes, totalizando em torno de 840 pessoas, supostamente ligadas direta e indiretamente à atividade pesqueira em Cachoeira do Sul, tendo em vista que os registros da Colônias de Pescadores Z-13 apontavam 279 pescadores matriculados. Referente às condições de habitação, 20 pescadores disseram possuir casa própria, na grande maioria casas simples e localizadas na periferia da cidade.

Com relação à renda auferida com a atividade pesqueira, 19 pescadores responderam que recebiam em média um salário-mínimo, variando quase sempre para menos, denotando a situação precária destes trabalhadores. Segundo relato de alguns, somente no período da piracema recebiam um salário fixo, representado pelo seguro-desemprego, quando podiam comprar roupas, sapatos ou material escolar para os filhos. Apesar do valor do seguro-desemprego ser o mesmo da média de seus rendimentos, em muitos casos não conseguiam atingir um salário por mês dada a variação da produção. Relatos de situações de corte de luz e água por falta de pagamento, comprometendo a armazenagem do pescado, e dificuldade para suprir necessidades básicas foram constantes durante as entrevistas.

Todos os pescadores entrevistados estavam filiados à Colônia de Pescadores Z-13, localizada no Bairro Otaviano, no setor nordeste da cidade. Esta colônia, fundada em 1988, abrangia Cachoeira do Sul, Rio Pardo, Região Central, Vale do Rio Pardo e Campanha atendendo mais de 400 pescadores. Faziam parte das atribuições da Colônia o registro dos pescadores, de suas embarcações, bem como a organização e emissão de documentos relacionados aos pescadores, como atestados, entrega das carteiras de pesca e demais orientações aos pescadores com relação à legislação que regula a atividade. A Colônia Z-13 sobrevivia das contribuições dos pescadores e do aluguel de seu salão para festas, sendo limitado seu poder de auxílio aos pescadores, visto que estes possuíam maiores demandas sociais, econômicas e de condições de trabalho.

Os autores concluíram que, além das dificuldades econômicas, sociais e de condições de trabalho dos pescadores, existia ainda a falta de apoio público e a precária organização como classe, além da descrença dos pescadores com a atividade pesqueira local no futuro, mesmo a curto prazo, sugerindo uma depreciação da pesca fluvial na área analisada.

Em contrapartida, a permanência e a persistência da atividade pesqueira fluvial de pequena escala apontam para a necessidade de garantir o uso múltiplo dos recursos hídricos. Embora com pouca visibilidade, presente nos interstícios das cidades ribeirinhas, a pequena pesca resistia e se mostrava como uma das possibilidades de reprodução social e como uma das possibilidades de compatibilizar o meio ambiente e a geração de renda para parte de seus habitantes.

6.2.4 Abastecimento público

Com o intuito de estimar a demanda per capita de água nos municípios inseridos na Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí foram obtidas informações junto aos responsáveis pela operação e manutenção dos sistemas de abastecimento (DRH/SEMA, 2015a). No caso dos municípios atendidos pela CORSAN, foram utilizadas as informações dos Consumos Progressivos[5], a partir das quais foram estimados os dados referentes à demanda diária por habitante. Para os municípios sob responsabilidade de outros órgãos gestores, considerando a falta de informações primárias, foram utilizadas outras fontes de dados, como ANA (2010) e SNIS (2012). No caso da ausência de dados também nessas fontes, utilizou-se a média ponderada da demanda da CORSAN para os demais municípios. Posteriormente os dados foram compilados e efetuadas as respectivas análises, tendo como resultado o diagnóstico a seguir sintetizado.

O abastecimento da população ocorria de forma distinta entre os municípios da bacia, seja pelo tipo de captação ou pelo prestador do serviço ou pela localização da população atendida, a qual se encontrava na sede municipal ou externa a ela. Em geral, a população das sedes era abastecida por algum sistema público, enquanto os moradores das demais regiões dos municípios eram atendidos por soluções individuais, em sua maioria.

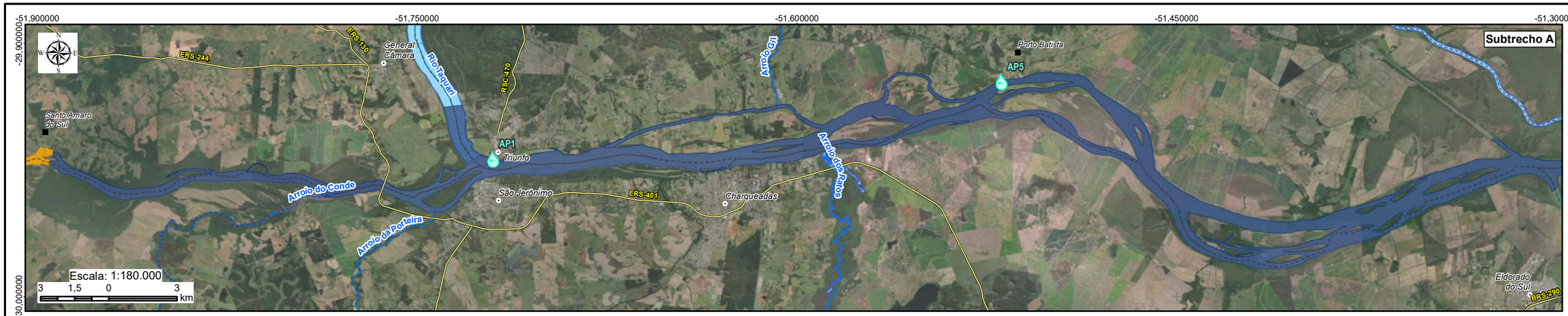
Os resultados apresentados no Plano de Bacia mostraram que 47,5 % dos municípios da bacia tinham suas sedes abastecidas apenas por recursos hídricos superficiais, enquanto aqueles abastecidos apenas por fontes subterrâneas correspondiam a 30 % do total. O restante dos municípios possuía sistemas de captação mista (22,5 %), o qual faz referência a uma combinação de captação superficial e subterrânea. É importante atentar para o fato de algumas sedes municipais não estarem inseridas na bacia (parcial ou totalmente) e, ainda referente às captações que não estão localizadas na Bacia do Baixo Jacuí, mas em bacias hidrográficas limítrofes. O Mapa 6.3 apresenta a localização dos pontos de captação para abastecimento público, e o Quadro 6.8 mostra as características dos pontos de captação apresentados no Plano de Bacia, considerando-se os municípios interceptados pelos cursos médio e baixo do Rio Jacuí.

Quadro 6.8 – Características dos sistemas de abastecimento público por município da Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí.

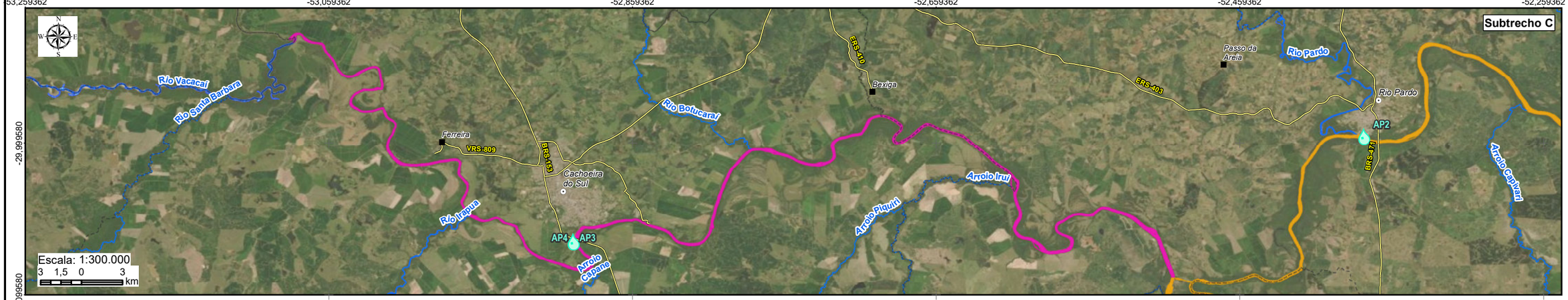
Município	Sede na bacia	Tipo de captação	Operador	Manancial
Cachoeira do Sul	Sim	Superficial	CORSAN	Rio Jacuí
Charqueadas	Sim	Superficial	CORSAN	Rio Jacuí
Rio Pardo	Parcialmente	Superficial	CORSAN	Rio Jacuí
São Jerônimo	Sim	Mista	CORSAN	Rio Jacuí/Poço
Triunfo	Parcialmente	Superficial	CORSAN	Rio Jacuí

Fonte: CORSAN (2014), levantamento de campo (out-nov/2013 - amostra: 38 entrevistas), ANA (2010) e SNIS (2012) *apud* DRH/SEMA (2015a).

[5] Consumos progressivos, 2014, fornecidos pela CORSAN. Dados de demanda atual e futura. Os dados atuais referiam-se aos valores medidos mais recentes fornecidos pela concessionária, os quais variavam de 2004 a 2013, sendo que, para a maioria dos municípios os dados eram referentes aos anos de 2012 e 2013. Já os dados futuros eram relativos à estimativa da CORSAN para os anos seguintes; tais dados foram estimados para os anos de 2035, 2036, 2040 e 2045, sendo que a grande maioria dos municípios possuía estimativas para os dois últimos anos mencionados.







LEGENDA

- Sede municipal
- Vila
- Rios principais
- Rodovia
- Limite municipal
- Captações para Abastecimento

Rio Jacuí

- Subtrecho A
- Subtrecho B
- Subtrecho C



Elaboração: PROFILL

Contratação e fiscalização: Fepam

RELATÓRIO FINAL

ZONEAMENTO AMBIENTAL PARA A ATIVIDADE DE MINERAÇÃO DE AREIA NOS CURSOS MÉDIO E BAIXO DO RIO JACUÍ

Sistema de Coordenadas Geodésicas
Sistema Geodésico de Referência
SIRGAS2000
Escala: Indicada

Mapa 6.3 – Pontos de captação para abastecimento público

Fonte de dados:
- Sede municipal: SEMARS (2018)
- Limite municipal: SEMARS (2018)
- Limite estadual: IBGE (2019)
- Rodovia: SEMARS (2018)
- Hidrografia: SEMARS (2018)
- Captações: DRH/SEMA (2015)

Nas regiões externas às sedes municipais o abastecimento de água ocorria - na maioria das vezes - por intermédio de soluções individuais, caracterizadas pela implantação de captações subterrâneas ou em fontes/nascentes. De acordo com dados do SNIS (2012), são seis os municípios da bacia que possuíam sistemas públicos de abastecimento de água que atendiam localidades fora da sede municipal, a saber: Cerro Branco, Ibarama, Júlio de Castilhos, Paraíso do Sul, Passo do Sobrado e São Jerônimo, dos quais apenas São Jerônimo e Júlio de Castilhos são atendidos pela CORSAN.

A CORSAN era a operadora do sistema de abastecimento de água na maior parte dos municípios, totalizando 80 % daqueles integrantes da bacia. Os demais municípios (15 %), tinham seus sistemas de abastecimento operados pelas prefeituras municipais, enquanto os dois municípios restantes eram atendidos por uma associação de moradores (Ibarama) e por uma sociedade de abastecimento de água (São João do Polêsine). O plano ressaltou que, dos 40 municípios da bacia, aproximadamente 52 % possuíam suas captações superficiais ou subterrâneas localizadas fora da bacia.

As captações de água superficial para abastecimento populacional eram realizadas, na maioria das vezes, de forma direta nos cursos d'água, havendo também captação em barragens de acumulação e em barragens de nível.

Considerada a população total da bacia e a estimativa de população atendida, verificou-se que cerca de 65 % dos habitantes da bacia recebiam água fornecida pelos sistemas públicos de abastecimento que utilizavam recursos hídricos superficiais.

Com relação às demandas per capita diárias nos 32 (trinta e dois) municípios atendidos pela CORSAN, puderam ser verificadas no gráfico da Figura 6.16, a média ponderada para a demanda atual e a projeção da concessionária para as demandas futuras.

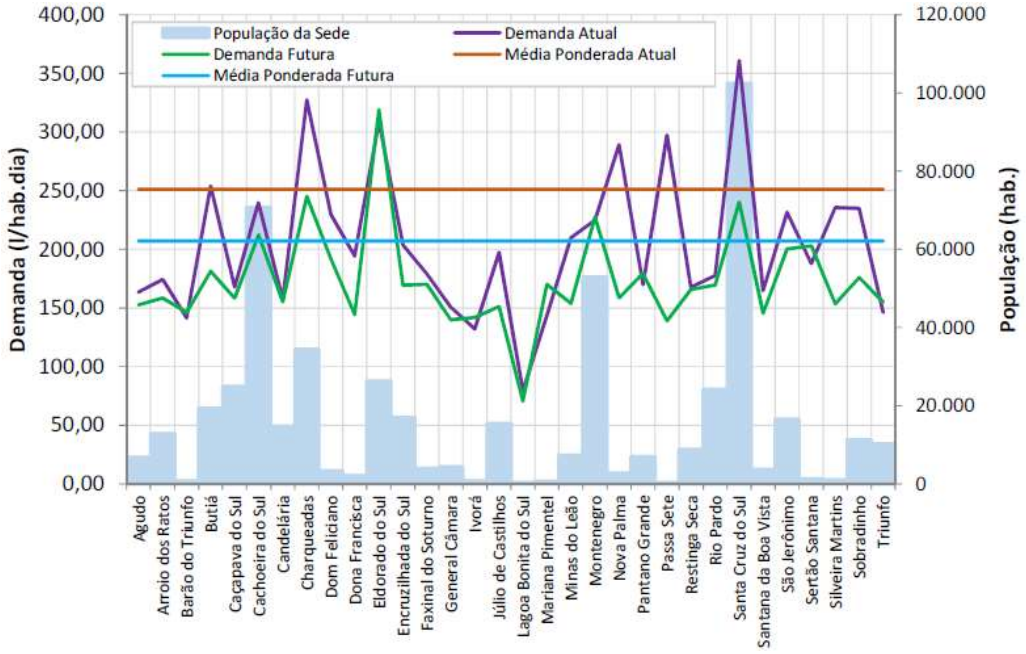


Figura 6.16 – Demanda per capita diária nos municípios da Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí atendidos pela CORSAN.
Fonte: CORSAN (2014) apud (DRH/SEMA, 2015a).

A partir dos dados analisados, foram definidos os valores de demanda diária para cada habitante, em cada um dos municípios da bacia, conforme segue:

- Demanda per capita das 32 (trinta e duas) sedes municipais abastecidas pela CORSAN, - valores variando entre 79,3 L/s e 360,8 L/s;
- Demanda per capita para quatro sedes municipais a partir dos dados do SNIS (2012) - valores variando entre 122,3 L/s e 400,5 L/s; e
- Demanda per capita para quatro sedes municipais a partir da média das demandas nos municípios atendidos pela CORSAN - 251,2 L/s.

Diante do exposto, foi possível calcular a demanda hídrica superficial para atender as sedes dos municípios integrantes da bacia (Quadro 6.9). Os municípios da bacia com maior demanda hídrica foram Cachoeira do Sul e Charqueadas, sendo que ambos abasteciam a população das sedes apenas com águas superficiais captadas no Rio Jacuí.

Quadro 6.9 – Demanda hídrica superficial para abastecimento público por município interceptado pelos cursos médio e baixo do Rio Jacuí.

Município	Demanda Superficial (L/s)	Município	Demanda Superficial (L/s)
Butiá	56,80	Pantano Grande	13,72
Cachoeira do Sul	196,24	Rio Pardo	36,91
Charqueadas	130,69	São Jerônimo	45,49
Eldorado do Sul	0,00	Triunfo	11,43
General Câmara	0,00	Vale Verde	0,00
Minas do Leão	17,82	**Total:**	**624,10**

Fonte DRH/SEMA (2015a).

O plano mencionou que parte da água fornecida para a população era efetivamente consumida, ou seja, não era transformada em vazão de esgotos (como a água utilizada na lavagem de pisos externos, por exemplo). Sendo assim, para o cálculo da água consumida estimou-se quanto da água retornou para o ambiente na forma de despejos domésticos.

Para o Plano de Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí foi utilizado como referencial o mesmo valor do Plano Estadual de Recursos Hídricos do Rio Grande do Sul - PERH-RS (DRH/SEMA) que era de 0,8. Isso significa que, do volume de água que chegava às residências, 20 % foram efetivamente consumidos, enquanto os 80 % restantes retornavam sob a forma de esgotos domésticos. Com base neste referencial, foi calculado o consumo da água destinada ao abastecimento populacional, de acordo com o Quadro 6.10.

Quadro 6.10 – Consumo efetivo da água superficial destinada ao abastecimento público por município interceptado pelos cursos médio e baixo do Rio Jacuí.

Município	Consumo efetivo (L/s))	Município	Consumo efetivo (L/s))
Butiá	11,36	Pantano Grande	2,74
Cachoeira do Sul	39,25	Rio Pardo	7,38
Charqueadas	26,14	São Jerônimo	9,10
Eldorado do Sul	0,00	Triunfo	2,29

Município	Consumo efetivo (L/s))	Município	Consumo efetivo (L/s))
General Câmara	0,00	Vale Verde	0,00
Minas do Leão	3,56	**Total:**	**101,80**

Fonte DRH/SEMA (2015a).

6.2.5 Abastecimento industrial

A demanda para o abastecimento industrial na Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí foi calculada tendo por base o banco de dados do cadastro de outorgas de usos das águas superficiais na bacia fornecido pela DIOUT/DRH/SEMA-RS (2013). Na análise dos dados foram considerados os requerimentos de outorga deferidos para o uso industrial, bem como para a geração de energia termelétrica, cujas captações ocorrem dentro da bacia.

Considerando as captações de água superficial para abastecimento industrial, Butiá e Charqueadas apresentaram as maiores demandas. A demanda hídrica superficial para atender o uso por município interceptado pelo Rio Jacuí está relacionada no Quadro 6.11.

Quadro 6.11 – Demanda hídrica superficial para abastecimento industrial por município interceptado pelos cursos médio e baixo do Rio Jacuí.

Município	Demanda Superficial (L/s)	Município	Demanda Superficial (L/s)
Butiá	50,00	Pantano Grande	0,00
Cachoeira do Sul	0,00	Rio Pardo	0,00
Charqueadas	2.051,54	São Jerônimo	0,00
Eldorado do Sul	0,00	Triunfo	0,00
General Câmara	0,00	Vale Verde	0,00
Minas do Leão	0,00	**Total:**	**2.101,54**

Fonte DRH/SEMA (2015a).

De maneira geral, as atividades econômicas desenvolvidas na região não possuíam a indústria como base em grande parte dos municípios e a baixa quantidade de outorgas superficiais emitidas para a indústria ocorreram devido a utilização de água fornecida pelas prestadoras do serviço público de abastecimento ou, ainda, a utilização de água subterrânea, por intermédio de poços.

As usinas termelétricas - UTEs foram consideradas neste uso pois consumiam água em seu processo de produção de energia, sendo computadas: a UTE Charqueadas, da Tractebel Energia S. A., que produz energia a partir de carvão mineral, e a UTE São Jerônimo, da Eletrobras CGTEE - Companhia de Geração Térmica de Energia, em desmobilização desde dezembro/2013 (CGTEE, 2014).

6.3 Caracterização da atividade de mineração de areia no leito do Rio Jacuí

Os itens a seguir têm por objetivo apresentar o levantamento e caracterização das demais atividades de mineração, abordando aspectos econômicos, como PIB e VAB, empregos formais, mercado consumidor e usos, potencial mineral, métodos de lavra e

beneficiamento, equipamentos utilizados, insumos para construção civil e legislação pertinente.

6.3.1 Plano da Bacia Hidrográfica do Rio Jacuí

No âmbito do Plano da Bacia Hidrográfica do Rio Jacuí (DRH/SEMA, 2015a), as informações utilizadas para a elaboração do diagnóstico da mineração foram provenientes da pesquisa junto ao Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM, a partir do Sistema de Informações Geográficas da Mineração - SIGMINE (DNPM/SIGMINE/CGEO/CGTIG. 2014), desenvolvido pela Coordenação de Geoprocessamento - CGEO/CGTIG, cujas informações estão em constante atualização.

A diversidade de substâncias minerais na bacia determinou que os empreendedores requeressem diferentes modalidades legais ou regimes de aproveitamento dos recursos minerais (regimes de autorizações e concessões, de licenciamento e de extração), em conformidade com o dispositivo que regulamenta a atividade de extração mineral (com o Decreto-lei nº. 227/1967 - Código de Mineração).

Em todos esses regimes a obtenção de um título credencia seu possuidor ao aproveitamento do recurso mineral ou a efetuar atividade de pesquisa. Outros usuários, como aqueles interessados em substâncias minerais metálicas, substâncias destinadas à industrialização e em água mineral, têm obrigatoriamente de utilizar o Regime de Autorização e Concessão. Com base nas informações do DNPM, foi verificado que existiam cerca de 1.131 processos em andamento no órgão, em outubro de 2014, totalizando uma área requerida de 579.595 ha. A menor área requerida varia em torno de 1 ha, já a maior compreende uma área de 2.346 ha.

Por meio da análise considerada a modalidade de requerimento minerário, foram identificados 506 processos administrativos objetivando a atividade de extração mineral ou com lavra concedida e 625 processos com vistas à pesquisa. As áreas requeridas para licenciamento, registro de extração e concessão de lavra compreendiam 158.138 ha, já para pesquisa mineral a área requerida era de 421.457 ha.

Considerada a análise por fase dos processos minerários no DNPM, foi identificado que a grande maioria dos processos existentes se encontrava na fase de autorização de pesquisa, tanto em número de processos, quanto em área requerida, representando 478 processos nesta fase (42 % do total), abrangendo uma área requerida de 308.892 ha (Figura 6.17).

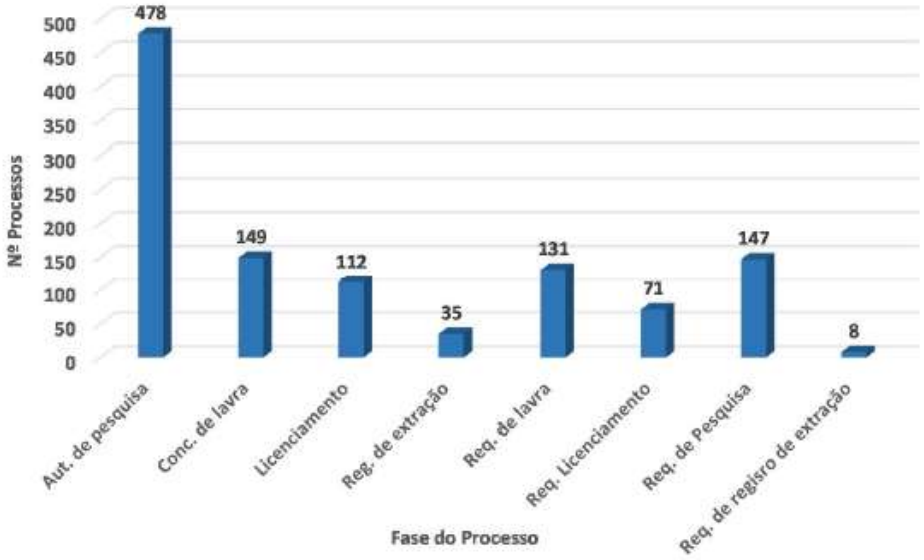


Figura 6.17 – Número de processos distribuídos por fases (Out. 2014).
Fonte: DNPM/SIGMINE/CGEO/CGTIG (2014) *apud* DRH/SEMA (2015a).

Tinha-se ainda uma área representativa de processos na fase de requerimento de pesquisa (147 processos/112.565 ha) e na fase concessão de lavra (149 processos/ 79.186ha).

Uma área importante da bacia já era utilizada para a extração mineral, com empreendimentos em operação, representando 81.307 ha (concessão de lavra, licenciamento e registro de extração) (Figura 6.18), cuja área de extração representava apenas cerca de 19 % da área requerida para o desenvolvimento de pesquisas minerais, no qual podia-se inferir que a abrangência da área já em extração mineral na bacia deveria aumentar consideravelmente nos próximos anos, considerado o avanço dos processos fase de pesquisa mineral à época.

Os polos minerários da Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí estavam representados pelas empresas de mineração de carvão e de calcário, extração de areia, prefeituras municipais, empresas de engenharia, indústria cerâmica e empresas de prospecção mineral. Cabe salientar que, entre todos os empreendedores, o mais representativo era a CPRM, empresa de economia mista, vinculada ao Ministério de Minas e Energia, com a missão estratégica de organizar e sistematizar o conhecimento geológico do território brasileiro. Outro importante empreendedor era a Votorantim Metais Zinco S/A, com 51.275 ha de área requerida junto ao DNPM.

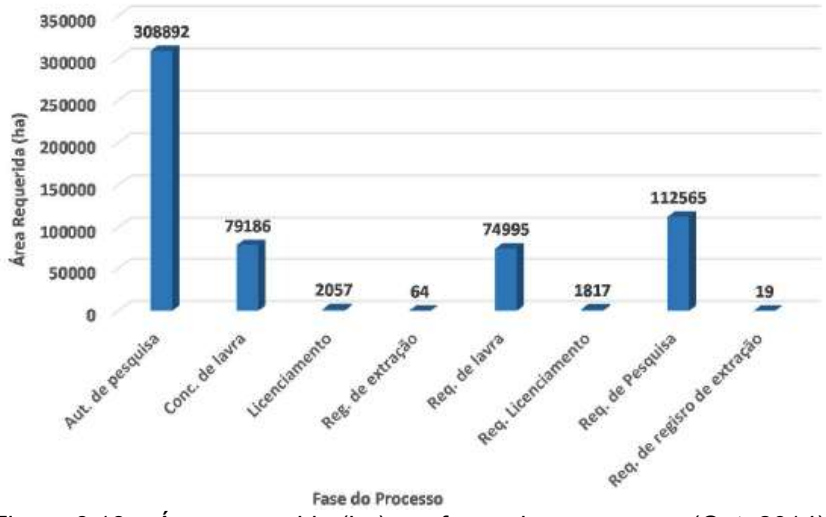


Figura 6.18 – Área requerida (ha) por fases dos processos (Out. 2014).
Fonte: DNPM/SIGMINE/CGEO/CGTIG (2014) *apud* DRH/SEMA (2015a).

O arranjo dos empreendedores indicou um forte controle estatal sobre os bens minerais existentes na bacia, frente a condição de importância estratégica dessas substâncias.

Em relação às principais substâncias mineradas, os produtos extraídos na bacia correspondiam aos materiais para utilização na construção civil (substâncias minerais Classe II) totalizando 57 % dos processos e cerca de 17 % da totalidade da área requerida na bacia.

A análise do cadastro do DNPM na área da Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí permitiu identificar que existiam 375 processos de requerimento para areia, constituindo cerca de 33 % do número total de processos em tramitação no DNPM e o carvão, abrangia a maior área requerida, representando 229.403 ha em 178 processos, área muito superior comparada a área requerida para areia (36.056 ha).

Na classe de substâncias para uso na indústria, foram requeridas áreas junto ao DNPM de sienito, areia para vidro e caulim. Havia também processos correntes para a exploração de carvão, turfa e demais substâncias da classe de combustíveis fósseis sólidos. Havia 74 pedidos para minérios metálicos (chumbo, cobre, estanho, ouro, zinco). As ocorrências no cadastro mineiro do DNPM de substâncias para uso industrial somavam 107 processos na bacia.

Os impactos gerados sobre os recursos hídricos a partir da execução das atividades minerárias foram identificados utilizando os seguintes aspectos: tipo de bem mineral extraído, geologia associada com a ocorrência mineral, tipo de extração utilizada na obtenção da substância mineral, necessidade de utilização de beneficiamento e geração de rejeitos. A análise das atividades de extração mineral das diversas substâncias ocorrentes na Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí possibilitou identificar os principais impactos ambientais ocasionados pelas atividades de extração mineral, tais quais:

- Formação de pluma de contaminação;
- Aprofundamento do leito do curso d'água;

- Solapamento das margens;
- Possibilidade de contaminação química das águas;
- Assoreamento dos cursos hídricos próximos;
- Diminuição da qualidade do ar na área do empreendimento;
- Possibilidade de contaminação química das águas por drenagens ácidas; e
- Combustão espontânea das pilhas de rejeitos.

Os demais impactos ocasionados pelas atividades de extração mineral na bacia afetam de forma secundária os recursos hídricos, devendo ser adotadas medidas de mitigação e recuperação ambiental, que resultam na retomada da qualidade ambiental das áreas impactadas, minimizando assim a contaminação química dos recursos hídricos ou mesmo o assoreamento por carreamento de material das jazidas em operação.

Foi possível ainda a identificação de impactos ambientais associados exclusivamente com a extração de combustíveis fósseis, como a combustão de pilhas de rejeitos e a contaminação química das águas por drenagem ácida.

Na análise do plano de bacia, mostrou-se que o principal método de extração utilizado era do tipo a céu aberto e a extração mineral subaquosa nos cursos d'água por meio da utilização de dragas.

De uma forma geral, por intermédio da análise dos processos existentes no DNPM, evidenciou-se que a Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí deve ter sua capacidade de produção de bens minerais aumentada nos próximos anos, em virtude da quantidade de processos de requerimento de concessão, instrumentados por meio da pesquisa mineral. Tais processos que ora encontram-se em fase de pesquisa, com a evolução do andamento dos mesmos, tendem a receber a concessão de lavra, intensificando a atividade minerária na bacia.

Com base no cenário de intensificação da atividade minerária na bacia, foi possível identificar um potencial mineral predominantemente para substâncias minerais não-metálicas para uso na construção civil, principalmente com areia, argila e saibro. Todavia, a exploração de combustíveis fósseis também é representativa, dado ao fato da importância geográfica destas rochas na área da bacia.

6.3.2 Projeto Materiais de Construção da Região Metropolitana de Porto Alegre

O relatório "Projeto Materiais de Construção da Região Metropolitana de Porto Alegre", desenvolvido pelo Serviço Geológico do Brasil para o Programa Geologia do Brasil (CPRM, 2016), teve como objetivo cadastrar, pesquisar e avaliar depósitos de materiais para emprego imediato na construção civil, tais como: areia, argila, brita, material de empréstimo, saibro e pedra de talhe, além de matérias primas necessárias às indústrias especializadas, como argilas industriais. Ao mesmo tempo, visa assegurar proteção à população e ao meio ambiente, disponibilizando os insumos a custos acessíveis às regiões metropolitanas do país.

O projeto foi executado no período de julho de 2012 a outubro de 2014 pela Superintendência Regional de Porto Alegre da CPRM (SUREG-PA), em parceria técnica com a Fundação Estadual de Planejamento Metropolitano e Regional - METROPLAN, entidade vinculada à Secretaria de Obras Públicas, Irrigação e Desenvolvimento Urbano, do Estado do Rio Grande do Sul.

O estudo abrange a Região Metropolitana de Porto Alegre (RMPA), que vem apresentando um crescimento expressivo nos últimos anos, a exemplo do setor da construção civil com empreendimentos de grande porte (pontes, viadutos e edifícios), médio porte (conjuntos residenciais, lojas comerciais) e pequeno porte (moradias). Sendo assim, fez-se necessário pesquisas de campo para a avaliação dos depósitos de materiais destinados à construção civil, a fim de atender a demanda do mercado e da sociedade como um todo.

Ainda que este estudo tenha como foco a RMPA, que abrange apenas uma pequena parte da área interceptada pelo curso do Rio Jacuí considerada para o Zoneamento, é imprescindível a apreciação desses resultados, considerando-se a polaridade exercida pela Região Metropolitana em relação ao território gaúcho, incluindo a extração de areia para a construção civil. Além disso, tal caracterização permite uma compreensão a respeito de um cenário relativamente recente quanto à economia minerária na região.

Dentre os temas relacionados à atividade da mineração de areia, serão aqui apresentados o Valor Adicionado Bruto (VAB), os empregos formais na região, e o PIB em termos de concentração e tendências de crescimento.

6.3.2.1 Características do Valor Adicionado Bruto (VAB)

A Região Metropolitana de Porto Alegre, no longo prazo, foi se consolidando como o maior polo de crescimento econômico do estado. Assim, verificou-se para o período 1976 - 2010, que a participação do Valor Adicionado Bruto (VAB) no Rio Grande do Sul aumentou de 35,2 % para 43 %.

Esta proporção do VAB dá uma ideia da importância do dinamismo econômico da região, que se expressa pelo grau de envolvimento dos agentes econômicos, dos fatores de produção, dos fluxos de insumos e de produtos, bem como, pela importância das cadeias e redes produtivas e seus reflexos na geração de emprego e renda.

6.3.2.2 Empregos formais na Região

Uma ideia da significância econômica da Região, também é dada pela capacidade de absorção de mão de obra, que garante a geração de renda familiar. Em termos de empregos formais, segundo informações da Relação Anual de Informações Sociais (RAIS), a RMPA no ano de 2010, respondia por 47 % dos empregos totais existentes no estado, sendo que, 49 % dos empregos urbanos (empregos em atividades secundárias e terciárias), também estavam localizados na região. Quanto à estrutura geral dos empregos, a mesma fonte indica que, 99,5 % do total de empregos correspondia a atividades no setor secundário e setor terciário. No estado, esta relação foi de 96,5 %.

6.3.2.3 PIB da RMPA: Concentração e tendências de crescimento

O estudo apresentou uma análise das informações sobre Produto Interno Bruto - PIB dos municípios da RMPA, correspondentes ao período 2000/2010. O objetivo destas análises consistia em fornecer uma visão localizada do espaço metropolitano, sobre o grau de concentração e do crescimento do PIB na RMPA composta por 34 municípios.

Para fins de caracterização do estado da arte pertinente ao Zoneamento Ambiental da Mineração nos Cursos Médio e Baixo do Rio Jacuí, são apresentados aqui o resultado para Charqueadas, Eldorado do Sul, São Jerônimo e Triunfo, municípios interceptados pelo Rio Jacuí (Quadro 6.12):

Quadro 6.12 – PIB por município interceptado pelo Rio Jacuí e variação no período 2000/2010.

Município	2000	2010	Aumento PIB %	Ranking (2010)
Charqueadas	286.712,00	1.010.047,00	252,29	10º
Eldorado do Sul	392.155,00	762.317,00	94,39	32º
São Jerônimo	95.716,00	330.268,00	245,05	12º
Triunfo	2.523.056,00	5.777.746,00	129,00	29º

Fonte CPRM (2016).

A fim de localizar geograficamente a direção do crescimento econômico na RMPA, foram utilizadas as séries do PIB correspondentes aos períodos de 2000 e 2010 de cada município. Com tais informações foram criados 5 grupos de municípios, conforme a significância do crescimento da variável de cada um deles, na referida década. Tais resultados foram organizados em ordem decrescente a fim de poder definir hierarquias, permitindo assim estabelecer o ranking de cada município (Quadro 6.12).

Charqueadas caracteriza-se como um município com economias de porte médio em termos de PIB, enquanto São Jerônimo tinha PIB muito pequeno, mas ambos passaram a integrar o grupo de municípios de PIB elevado (300 % até 200 % de aumento na referida década). Triunfo integrou o Grupo D (crescimento pequeno do PIB) e, apesar de ocupar o 4º lugar no ranking do PIB metropolitano, ocupa o 29º lugar no ranking do crescimento. Já Eldorado do Sul integrou o Grupo E (crescimento muito pequeno do PIB) na 32ª posição.

6.3.2.4 Considerações do estudo

Nas últimas décadas, a dinâmica de crescimento da população da RMPA, principal polo da economia gaúcha, acompanhou a tendência geral do estado, que foi de baixo crescimento demográfico no cenário nacional. Na última década, especificamente, constata-se, que o crescimento acumulado de 6,6 % da região, foi o menor das 16 RMs analisadas.

Uma das razões da diminuição no ritmo de crescimento da população na região pode estar relacionada com os novos arranjos dos fluxos migratórios internos, que, nesta década, face ao impulso do crescimento econômico das aglomerações urbanas do estado, estaria gerando algumas alterações na preferência dos destinos das referidas correntes migratórias. Neste sentido, nas duas últimas décadas, constatou-se um importante processo de reordenamento do crescimento econômico no estado, com base na consolidação da

Aglomeração Urbana do Nordeste, como uma Nova Região Metropolitana (importante polo industrial e turístico), assim como da Aglomeração Urbana do Sul (polo naval) e da Aglomeração Urbana do Litoral Norte (polo de energia eólica, imobiliário, de turismo e lazer).

Os indicadores mais importantes do processo de desaceleração da RMPA, na última década, estão representados pela diminuição relativa do crescimento da População e do PIB, o que, estaria ocorrendo por algumas limitações estruturais da Região, relativas à acessibilidade, circulação, mobilidade (entre outras); problemas (gargalos) que, estariam gerando elevadas deseconomias (ou externalidades negativas), alterando o grau de preferência dos investimentos. Somam-se a isto, as características econômicas das aglomerações urbanas do estado, que, apresentam atualmente grande atratividade, por razões geográficas, logísticas de localização, de mão de obra, etc.

Quanto a localização do crescimento econômico, no contexto regional, em termos de PIB, verifica-se que, a maioria dos municípios (incluindo Porto Alegre), situados no principal eixo da Região (ao longo da BR 116), com exceção de Canoas e Novo Hamburgo, alcançaram no período de análise, apenas um nível de crescimento médio. Canoas integrou o grupo dos municípios de significativo crescimento e Novo Hamburgo, formou parte dos municípios de pequeno crescimento. De um modo geral, a Região Metropolitana de Porto Alegre, dada a importância estratégica no desenvolvimento do estado, tem atualmente o desafio de retomar o ritmo de crescimento econômico, recuperando o papel de liderança, entre as maiores RMs do país, de onde atualmente vem perdendo espaço, apresentando, inclusive, as menores taxas de crescimento do PIB.

6.3.3 Potencial mineral

A avaliação do potencial mineral para materiais de uso na indústria da construção civil da Região Metropolitana de Porto Alegre - RMPA baseou-se em informações contidas na listagem de jazidas e ocorrências minerais de trabalhos realizados pela CPRM (2016), além da consulta nos bancos de dados gerados por órgãos de fiscalização e licenciamento de atividade minerária.

Desta maneira, foram pesquisadas as seguintes fontes de dados para identificação das frentes de lavra (ativas e inativas) e determinação de áreas potenciais para mineração de materiais de uso na construção civil da RMPA:

- Programa técnico para o gerenciamento da região metropolitana de Porto Alegre – PROTEGER (ZANINI,1998);
- Subsídios para plano diretor de mineração da região metropolitana de Porto Alegre (ZANINI, 2006);
- Cadastro de licenciamento ambiental para empreendimentos minerários da Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler - FEPAM (2012);

- Cadastro de direito minerário do Sistema de Informações Geográficas da Mineração - SIGMINE do Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM (2013);
- Cadastro de empreendimentos mineiros de prefeituras da RMPA.

A integração dos bancos de dados possibilitou a geração de mapas de potencial e cadastro mineral da RMPA, que posteriormente foram checados em diversas etapas de campo. Durante as visitas aos pontos cadastrados foram preenchidos formulários previamente elaborados que serviram para avaliar e caracterizar os mesmos, bem como as frentes de lavra (ativas ou inativas). As observações “in loco” também proporcionaram a verificação das relações existentes entre o depósito mineral e o contexto geológico da área, fato que possibilitou uma avaliação sobre o potencial das reservas cadastradas.

O diagnóstico do potencial para materiais de construção civil na RMPA baseou-se na avaliação e integração de bancos dados de recursos minerais, que posteriormente foram relacionados com o mapa geológico (WILDNER, 2008) e banco de dados de direitos minerários (DNPM, 2013). A partir desse conjunto de informações foi elaborado um mapa de pontos das frentes de lavra (ativa e inativa) que serviu de guia de campo para o cadastramento mineral do projeto.

De acordo com a origem, os materiais para uso na construção civil podem ser naturais (pedregulhos, cascalhos, areia, argila, etc.) ou produzidos (brita, areia de britagem, escória, etc.). No caso da RMPA, a lavra de areia é a atividade mineira mais desenvolvida em comparação aos demais insumos, isso porque as características de jazidas derivadas de ambiente fluvial (leito de rio e várzeas) são amplamente favoráveis à mineração de areia. Neste contexto, a região da Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí é responsável pela produção da grande maioria da areia consumida no Rio Grande do Sul.

6.3.3.1 Agregados para a construção civil - Areia

A areia é um material de origem mineral finamente dividido em grânulos, sendo resultado da alteração mecânica causada por agentes externos e/ ou desagregação de rochas metamórficas, ígneas e sedimentares através da atuação do intemperismo físico, com posterior transporte e deposição.

A classificação das areias é feita pela granulometria, grau de selecionamento e formato dos grãos. Os depósitos arenosos são constituídos principalmente por quartzo, podendo haver outros minerais na sua composição, tais como: mica, zircão, ilmenita, feldspato, etc. Quanto à dimensão dos grãos a areia classifica-se em: areia grossa entre 1,200 e 2,000 mm; areia média entre 0,420 e 1,200 mm e areia fina entre 0,075 e 0,420 mm.

A natureza mineralógica da areia é de grande importância, sendo conveniente que os grãos sejam constituídos de minerais ou agregados minerais com boa resistência mecânica e à degradação química (alteração), além de boa aderência (especialmente com asfalto) e interação química com cimento.

As características mineralógicas aliadas à distribuição granulométrica definem sua aplicabilidade. Um exemplo é a produção do concreto onde a areia ocupa os espaços entre os fragmentos de brita e o cimento. A areia para esse uso não deve ter grãos menores que 0,15 mm, além de ter granulação bem distribuída ou gradada entre 0,15 a 4,80 mm para melhor compactação e redução dos espaços maiores que 0,15 mm.

No caso das argamassas que têm emprego no assentamento de revestimentos cerâmicos e acabamentos gerais da construção civil, as especificações incluem areias finas e arredondadas, com boa distribuição granulométrica, ausência de torrões, baixa proporção de argila e baixa salinidade.

A análise tecnológica de areais passa por caracterização mineralógica (exame macroscópico, com lupa ou microscópio, por difração de raios-X, análise química, etc.), ensaios granulométricos e ensaios específicos de corpo de prova em concretos. A normatização dessas análises e especificações é realizada por normas técnicas da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT.

Cabe ressaltar, que a produção de areia se caracteriza pelo grande volume extraído e pelo baixo valor por m³ comercializado, onde o transporte corresponde aproximadamente por mais da metade do valor final do produto. Desta maneira, a necessidade da lavra ser próxima do mercado consumidor é determinante no preço da areia, sendo que o valor comercializado do m³ aumenta quanto maior for a distância entre a lavra e o local de comercialização.

As principais áreas de extração de areia na RMPA são formadas por depósitos fluviais e aluviais recentes e por depósitos relacionados a sistemas deposicionais antigos. Os depósitos arenosos fluviais explorados na RMPA são minerados principalmente nos leitos dos rios Jacuí, Sinos e Caí. Todavia, o baixo Jacuí entre os municípios de Triunfo, Nova Santa Rita, Charqueadas e Eldorado do Sul fornece mais de 2/3 de toda areia consumida na RMPA.

6.3.3.2 Depósitos de areia fluvial no Rio Jacuí

A mineração no leito do Rio Jacuí abastece a Grande Porto Alegre e a região serrana (Caxias do Sul, Bento Gonçalves e arredores) e atende a maior parcela da demanda do RS. A lavra é realizada principalmente através de dragas flutuantes instaladas em embarcações que possuem capacidade de carga média em torno de 600 a 800 m³ (Figura 6.19).



Figura 6.19 – Draga flutuante embarcada em ação no baixo Jacuí. No detalhe, são observados a ponta de sucção da draga, e o sistema de peneiramento para retirada da fração cascalho da carga arenosa do leito do rio.
Fonte: CPRM (2016).

As empresas de mineração que exploram areia utilizam a hidrovia do baixo Jacuí que facilita o escoamento das cargas mineradas até os centros de distribuição, que ficam ao longo dos cursos minerados e principalmente próximos à área portuária de Porto Alegre. Em 2013 o levantamento realizado pela FEPAM tinha contabilizado em torno de 100 dragas operando no baixo Jacuí, sendo as mesmas, de propriedade de prestadora de serviço ou próprias das empresas mineradoras.

O trecho minerado no baixo Jacuí é formado por depósitos arenosos compostos por uma grande variedade mineralógica devido à diversidade de áreas fonte drenadas pelos afluentes da bacia hidrográfica do Rio Jacuí. A análise de minerais pesados realizadas por Machado (2011) indicou como principal área-fonte dos sedimentos as rochas do Escudo Sul-rio-grandense, sendo as rochas do planalto (vulcânicas) e da depressão periférica (sedimentares) menos representativa como contribuintes de sedimentos. Desta forma, as distintas áreas-fontes geraram areias com uma ampla distribuição granulométrica constituindo-se uma mistura arenosa de excelente aproveitamento em vários segmentos da construção civil.

As taxas de fluxo e transporte de sedimentos no Rio Jacuí foram estudadas por Hartmann *et al.* (2010). Numa seção do baixo Jacuí em Charqueadas a taxa de transporte

dos sedimentos em suspensão foi estimada em 378 ton/hora. A variedade granulométrica dos depósitos arenosos também foi constatada, sendo observada a presença de grânulos grosseiros, e areias de variedade fina a grossa na seção do rio monitorada.

Desta maneira, é reconhecida a capacidade excepcional de transporte de sedimentos do Rio Jacuí, especialmente durante eventos de cheias da bacia hidrográfica, mas o monitoramento da dinâmica sedimentar se torna necessário para definir estratégia de mineração sustentável ao longo do baixo Jacuí (lavra *versus* reposição).

Ao longo dos cursos d'água das bacias hidrográficas dos rios Jacuí, bem como Sinos, Caí e Gravataí, também existem áreas mineradas em planícies aluvionares. As lavras são realizadas através de escavações na planície aluvial dos rios e seus afluentes, e por pequenas dragas que realizam bombeamento de sedimentos em trechos represados das drenagens. A mineração de areia em planícies aluviais de rios e arroios da RMPA também pode ocorrer de maneira mista com lavras de argila, já que muitos terrenos aluviais estão associados a várzeas e planícies de inundação ricas em argilas.

6.3.3.3 Reservas estimadas para os principais depósitos de areia na RMPA

A dinâmica dos grandes depósitos arenosos do Rio Jacuí é influenciada diretamente pelos eventos de cheias da bacia hidrográfica. Em períodos de chuvas prolongadas é nítida a mudança de turbidez e o aumento do potencial erosivo das drenagens, sendo que o rio e seus afluentes drenam extensas regiões de várzea no centro-oeste do RS. A potencialidade mineral do rio é verificada em trechos monitorados para mineração, onde depósitos lavrados que chegam a acumular 10 metros de espessura de areia são realimentados em poucos dias ou semanas, durante períodos de cheias do rio.

Em 2010 houve o aumento da demanda por insumos para construção civil em obras de infraestrutura, vinculadas principalmente às obras da Copa do Mundo de 2014. Isto fez com que as principais empresas mineradoras do baixo Jacuí apresentassem estimativas de reservas cubadas ao DNPM.

Neste cenário, uma das maiores empresas mineradoras avaliou suas reservas em aproximadamente 75 milhões de metros cúbicos, suficientes para abastecer a RMPA por 30 anos ainda segundo estimativa do empreendedor. Cabe ressaltar que mais duas empresas desse porte operam no baixo Jacuí também com reservas de alta capacidade produtiva.

A partir de informações dos processos de licenciamento, disponibilizadas pela FEPAM, acerca da produção de areia no Rio Jacuí em 2013 e corroboradas pelo DNPM, estima-se que o volume de areia minerada no Baixo Jacuí era de 7 a 8 milhões de toneladas por ano.

6.3.4 Métodos de lavra e beneficiamento

O processo de extração de areia pode ser realizado através dos métodos de desmonte hidráulico, escarificação ou por dragagem. Na lavra de areia em leitos de rios, especificamente as observadas nos rios Jacuí, Sinos e Caí são utilizadas dragas para este fim.

Este método consiste na utilização de dragas que trabalham nos leitos dos rios, onde a lavra é preferencialmente executada contracorrente e muitas vezes requer o represamento do curso d'água para proporcionar condições operacionais à draga. A areia é retirada do leito ativo destes rios por dragas de sucção, com diâmetros variados, instaladas em um conjunto de balsa e motor a diesel. O material da sucção, uma mistura de areia e água, é bombeado através de tubulações metálicas até o depósito a céu aberto para estocagem. A prática comum é preparar uma polpa com a areia lavrada e bombeá-la para uma caixa de decantação. A areia decanta e o excesso de água transborda, arrastando a lama.

A grande vantagem desse método consiste em reunir quatro operações em uma única, ou seja: a draga desmonta, carrega o material, transporta e beneficia numa única operação, permitindo a viabilidade econômica da jazida, pois transforma depósitos em jazidas aluvionares, aliadas a alta mecanização e alta produtividade horária.

O processo de dragagem é efetuado com a embarcação posicionada sob o depósito e fixada com âncoras longitudinalmente ao eixo do rio. A dragagem deve manter uma distância mínima das margens do rio. Esta distância é estabelecida pelo órgão ambiental estadual nas licenças das áreas de extração, bem como na licença do próprio equipamento de dragagem.

A Portaria FEPAM Nº 009/2018 (SEMA/FEPAM, 2018) estabelece:

> *Art. 4 – Ficam estabelecidas as seguintes distâncias mínimas para a definição do afastamento de margens, de barras de sedimentos e de ilhas, na atividade de operação da mineração:*
>
> *I – 20 metros, nos cursos de água com largura do leito médio superior a 50 (cinquenta) e inferior a 60 (sessenta) metros;*
>
> *II – 1/3 (um terço) da largura do leito médio nos rios com largura superior a 60 (sessenta) metros e inferior a 150 (cento e cinquenta) metros;*
>
> *III – 50 (cinquenta) metros, nos cursos de água com largura do leito médio igual ou superior a 150 (cento e cinquenta) metros.*
>
> *Art. 5 – A profundidade máxima de extração de sedimentos em leito submerso de recurso hídrico fica limitada a cota relativa a 01 (um) metro acima da superfície do bedrock.*

A Portaria Conjunta SEMA/FEPAM Nº 009/2018 (FEPAM, 2018), que define os critérios transitórios de licenciamento ambiental das dragas que realizam a extração de areia em leito submerso de recursos hídricos fluviais, resolve:

> *Art. 2º - Os equipamentos de dragagem poderão ser dispensados do atendimento do disposto no Artigo 1º, mediante a apresentação das seguintes informações, no âmbito do licenciamento ambiental das áreas de extração ONDE OPERAM:*
>
> *(...)*
>
> *c) Laudo técnico conclusivo, considerando a revisão do Plano de Lavra, a respeito da exequibilidade da lavra considerando a cubagem da jazida, o volume de extração mensal, a taxa de sedimentação semestral definida para a área, bem como as restrições consideradas no licenciamento ambiental, quais*

sejam: distanciamento de margens de 50m acrescido da imprecisão do equipamento de georreferenciamento, e camada de 1m acima do bedrock;

A lavra inicia após o posicionamento da mangueira no fundo do leito do rio, sobre a superfície do depósito de areia. O carregamento (tanto água quanto sedimento) para o depósito interno da embarcação é feito por uma mangueira que acionada por uma bomba produz vácuo na entrada da tubulação gerando pressão e assim succionando a mescla de água e sedimentos.

O sedimento se deposita por gravidade no fundo do depósito e a água permanece como sobrenadante. À medida que o volume de areia aumenta no depósito interno, ocorre o transbordamento da água excedente, denominada *overflow,* dos tanques da barcaça. Depois de atingida a capacidade de carga, a embarcação dirige-se através do rio para o depósito em terra onde os sedimentos são distribuídos em pilhas na margem do rio. Estes depósitos denominados Terminais de Minério também requerem licença ambiental para funcionamento. A disposição em pilhas permite o escoamento da água em sentido oposto ao do rio e sua posterior infiltração, bem como possibilita a decantação dos sedimentos evitando a remobilização desses para o rio.

O beneficiamento da areia é bastante simples, baseado em classificação por peneiras, silos de decantação, e/ou hidrociclonagem, que separam granulometricamente as frações interessantes aos setores de aplicação. É comum, também, a comercialização do material mais grosso, separado nas primeiras peneiras estáticas, conhecido como cascalho, pedregulho ou pedrisco.

A areia lavrada nos rios Jacuí, Sinos e Caí é quase sempre comercializada na forma como é extraída, passando, na maioria das vezes, apenas por grelhas fixas que separam as frações mais grossas (cascalho, pelotas e concreções) e eventuais impurezas (matéria orgânica, folhas e troncos) e por uma simples lavagem para retirada de argila.

7 LEVANTAMENTO DE DADOS PRIMÁRIOS

7.1 Meio Físico

7.1.1 Levantamento de Dados Primários nas 25 Seções de Referência

Os levantamentos de campo das 25 Seções de Referência foram desenvolvidos entre novembro de 2018 e outubro de 2019, com uma interrupção em janeiro de 2019 motivada pelo excesso de chuvas. Essa interrupção foi então utilizada pela equipe para a revisão dos equipamentos utilizados e para a validação parcial dos dados coletados. A aquisição de dados foi realizada de acordo com o cronograma abaixo:

- Dezembro de 2018: mobilização da equipe de topografia e realização dos levantamentos de campo.
- Dezembro de 2018: início dos trabalhos de levantamentos de dados de sonografia e geofísica.
- Janeiro de 2019: remobilização e continuidade dos trabalhos de levantamentos de dados de sonografia e geofísica.
- Fevereiro de 2019: remobilização e continuidade dos trabalhos de levantamentos de dados de hidrometria, sonografia e geofísica.
- Março de 2019: remobilização e continuidade dos trabalhos de levantamentos de dados de hidrometria.
- Abril de 2019: remobilização e repetição dos trabalhos de levantamentos de dados de hidrometria nas seções S-10, S-13 e S-15. Desmobilização da equipe.
- Junho e Julho de 2019: execução das sondagens e ensaios SPT.
- Outubro de 2019: campanha de coleta de dados de vazão, sedimentos em suspensão e sedimentos em arraste.

Durante o período de realização dos trabalhos a embarcação utilizada nos levantamentos foi a Nave Mãe (Figura 7.1).



Figura 7.1 – Embarcação utilizada nos levantamentos.

As metodologias e equipamentos utilizados na coleta de dados primários nas seções de referência metodologia são apresentadas a seguir nos seguintes subitens: levantamentos dos perfis batimétricos, o que objetivaram a obtenção das seções de fundo; levantamentos com sonar, que objetivaram o conhecimento da composição e morfologia de fundo; levantamento das margens, visando a caracterização topográfica da planície de inundação; levantamento sísmico, objetivando a caracterização geofísica do fundo e medições de descarga líquida e sólida.

Por fim, cabe ressaltar que a discussão dos principais resultados obtidos está consolidada no Capítulo 9 Diagnóstico Consolidado.

7.1.1.1 Levantamentos dos perfis batimétricos

Levantamentos batimétricos são importantes ferramentas para o mapeamento do fundo de meios aquáticos, a exemplo de rios e reservatórios. Nos levantamentos batimétricos são obtidas as informações planimétricas (latitude e longitude), bem como as informações de profundidade associadas ao ponto no qual o equipamento está sendo aplicado.

Os levantamentos batimétricos objetivam o conhecimento da morfologia, textura e forma do relevo do leito dos corpos d'água. Nesse sentido, existem diversos tipos de equipamentos utilizados com a finalidade de efetuar esses levantamentos. Comumente observa-se a aplicação da metodologia direta, ou a indireta, através do uso de ecobatímetros monofeixe e de ecobatímetros multifeixe.

Para execução desta atividade foi utilizado o Ecobatímetro Sonar Lite de Alta Resolução da Ohmex de 200 kHz (Figura 7.2). Uma vez que a frequência de 200 kHz apresenta-se como a mais adequada para detecção das condições de fundo. Além disso, o mesmo está apto a detectar profundidades entre 0,3 m a 75,0 m, com uma precisão de ± 0,025 m. O equipamento ainda possui comunicação via linguagem NMEA 0183 (*National Marine Electronics Associations*) com outros equipamentos, como um GPS por exemplo. O ecobatímetro possui a opção de armazenamento dos dados (Data Logger), com capacidade

para 512 Kb, equivalente ao armazenamento de aproximadamente 30.000 pontos de profundidades e 10.000 pontos de profundidades georreferenciadas.

O equipamento foi acoplado a um microcomputador de bordo (Figura 7.3), o que permite o registro digital dos dados em arquivo para posterior processamento. A adequação do equipamento à embarcação permite que a navegação seja realizada com precisão sobre as linhas pré-determinadas.

O posicionamento da embarcação durante as sondagens foi obtido através do emprego de equipamento que permite o emprego da técnica DGPS (*Differential Global Positioning System*), que, de maneira simplificada, aplica correções em tempo real às coordenadas obtidas a partir de uma referência conhecida, possibilitando uma correção diferencial. Essa técnica pode ser empregada a partir de uma única referência ou em rede, sendo essa última a utilizada nos trabalhos (INCRA, 2013).



Figura 7.2 – Ecobatímetro sendo preparado para realizar levantamento da Seção 11.



Figura 7.3 – Microcomputador de bordo para o registro digital dos dados em arquivo para posterior processamento.

Os levantamentos foram referenciados ao sistema de coordenadas UTM (Sistema Universal Transverso de Mercator) e ao Sistema Geodésico de Referência WGS-84 Zona 22J. Destaca-se que no sistema WGS-84 é utilizado o mesmo elipsoide de referência que no SIRGAS2000, portanto por questões de ordem prática, os dois sistemas são considerados idênticos

O equipamento utilizado baseia-se no sistema denominado “WAAS” (*Wide Area Augmentation Signal*). Trata-se de um sistema de fornecimento de correção diferencial via satélite. Além da constelação normal de satélites GPS, ele recebe um sinal de um satélite específico que fornece a correção diferencial com base em uma estação de referência, conforme exemplificado em imagem abaixo. É hoje o sistema mais utilizado em levantamentos ecobatimétricos.

A utilização desse equipamento e técnica permitiu o acompanhamento em tempo real das coordenadas de aquisição e pós processamento para a obtenção das coordenadas finais.



Figura 7.4 – Sistema de posicionamento global DGPS de alto desempenho.

Através do software HypackTM MAX (*Data Acquisition Computer with Software*) instalado no microcomputador de bordo (Figura 7.5), os arquivos gerados pelo ecobatímetro são compatibilizados com os arquivos de posicionamento. Dessa forma, as observações planimétricas, obtidas através de pós processamento das observações GNSS, são compatibilizadas com as observações "altimétricas" do ecobatímetro através do horário de obtenção das observações, tanto de GNSS, quanto do ecobatímetro. Como resultado foi obtido um arquivo único com coordenadas 3D.

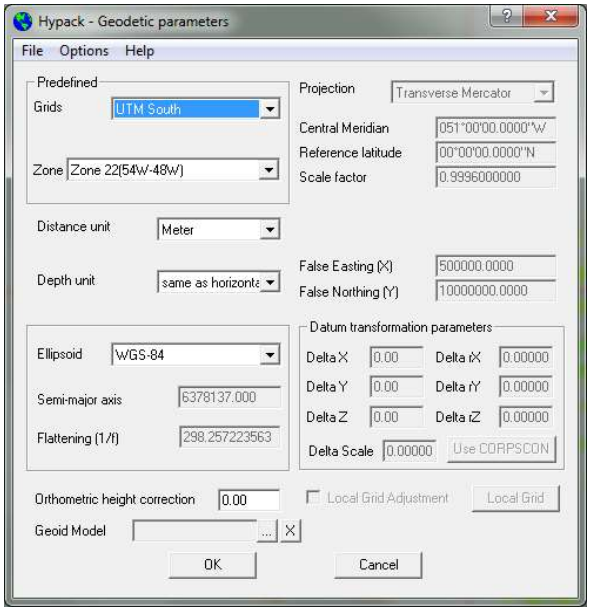


Figura 7.5 – Configuração dos parâmetros geodésicos, no software HypackTM MAX, adotados nos levantamentos batimétricos.

Observa-se que anteriormente e após a execução dos levantamentos foi realizada a aferição do transdutor de 200 kHz. Antes do início das sondagens, procedeu-se a calibração do transdutor através da utilização de um anteparo com cerca de 0,60 metro de diâmetro (disco de aferição).

Os dados obtidos durante o levantamento foram pré-processados no campo, para verificar qualquer irregularidade durante a aquisição e, se necessário, serem refeitos em tempo. Posteriormente, utilizando-se os módulos de processamento do software HypackTMMAX®, procedeu-se primeiro a redução das variações do nível do mar utilizando-se como referência os dados obtidos do Marégrafo de Imbituba. Na sequência a eliminação dos dados espúrios. O padrão adotado no processamento dos dados foi o de não utilizar quaisquer métodos de pré-filtragem que pudessem descaracterizar o levantamento.

Após o processamento dos dados foram editados e posteriormente gerados os arquivos *.xyz. Os modelos 2D foram interpolados no software ArcGIS® 10 pelo método “natural neighbour”. Abaixo um diagrama de fluxo apresentando de forma geral o desenvolvimento das atividades do levantamento batimétrico.

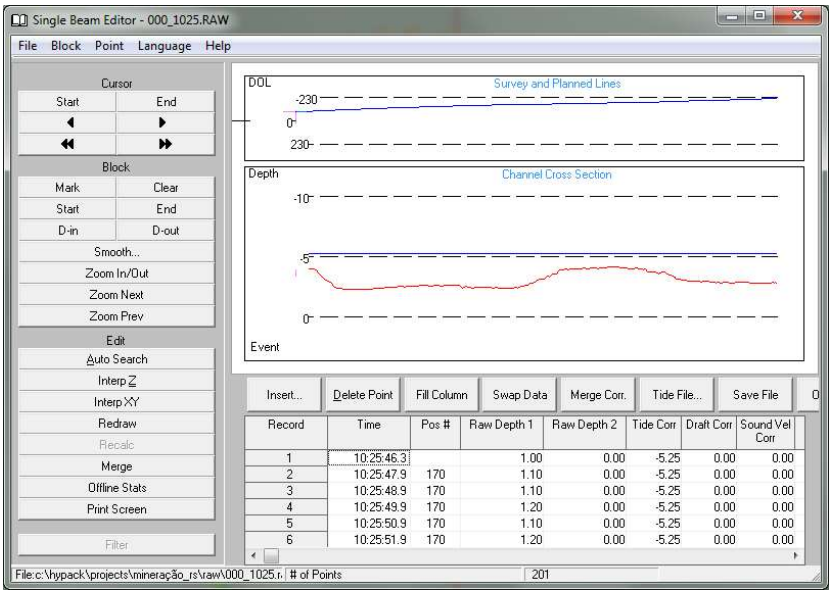


Figura 7.6 – Janela do módulo de processamento do software Hypack, onde se procedeu a eliminação de dados espúrios.

Os valores de batimetria coletados foram reduzidos ao Nível de Redução (NR) adotada pela Marinha – DHN para o local. Para a obtenção das variações do nível de maré, procedeu-se a leitura da régua de maré de montante localizada junto a Eclusa de Amarópolis, Anel de Dom Marco e Barragem de Fandango (marcos de primeira grandeza) e dos marcos provisoriamente instalados junto às margens das seções de medição quando do levantamento Altimétrico das margens.

Estes dados também foram comparados com os componentes astronômicos de maré, a partir das previsões elaboradas no Centro de Hidrografia da Marinha (CHM), estando desta forma referenciada ao nível zero da DHN, datum vertical Imbituba.

7.1.1.2 Levantamento com sonar de varredura lateral - HUMMINBIRD 798 ci HD Si

O sistema de sonar de varredura lateral por sonografia se baseia na transmissão de um sinal acústico por um transdutor e sua reflexão pelo leito do corpo d'água, retornando ao transdutor, onde é transformado em pulso elétrico e registrado eletronicamente. Essa reflexão se dá em função da textura e morfologia do fundo, da granulometria e grau de compactação dos sedimentos. O sonar de varredura utilizado neste estudo foi o HUMMINBIRD 798 ci HD Si, sendo adequado para operação em águas rasas até a profundidade de 45,72 metros operando entre as frequências de 83 a 455 kHz (HUMMINBIRD, 2010).

O imageamento do leito do Rio Jacuí nas 25 seções de referência teve como objetivo a identificação de altos fundos, do substrato do leito, ocorrências não naturais de erosões nas margens e objetos que dificultem os processos de escoamento naturais.

O sonar de varredura utilizado neste estudo (Figura 7.7) é um sistema versátil, hidrodinamicamente estável, que contém transdutores necessários para gerar e receber sinais de sonar.



Figura 7.7 – Sistema de Sonar de Varredura Lateral utilizado.

Os registros obtidos foram processados no software DrDepth onde é possível gerar o mosaico dos sonogramas obtidos (Figura 7.8), bem como aplicar filtros, extrair ruídos, melhorar a nitidez da imagem e obter um detalhamento maior dos sonogramas a procura de refletâncias que indiquem detritos de origens desconhecidas ou não, elevações no fundo ou substratos consolidados.

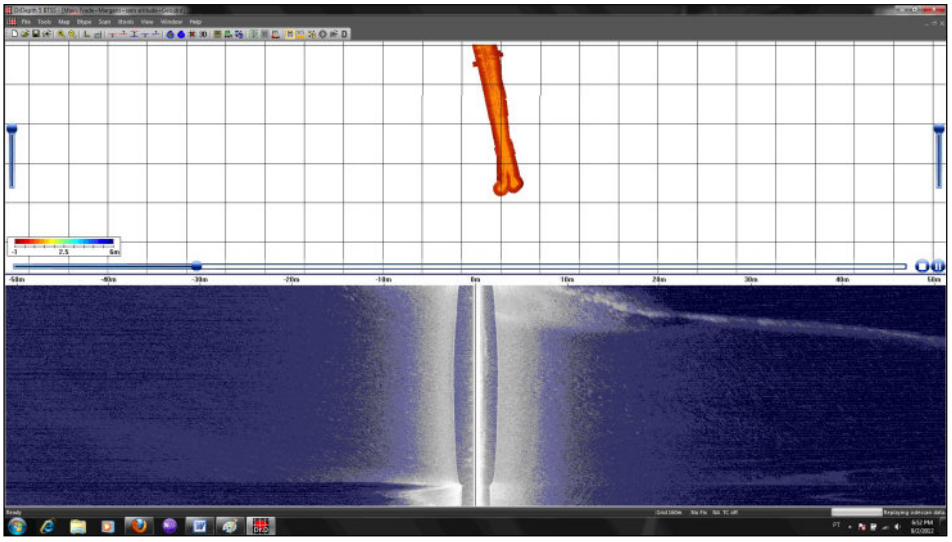


Figura 7.8 – Janela do software DrDepth, módulo de geração de mosaicos.

7.1.1.3 Levantamento altimétrico nas margens dos rios:

O levantamento topográfico altimétrico das margens nas 25 seções foi executado até a primeira cota altimétrica máxima da planície de inundação ou na distância de 100 metros, paralelo à respectiva seção a partir na linha d'água e seguindo o que determina a NBR nº 13.133 (ABNT) e o que é indicado por IBGE (2008a).

No processo de execução dos trabalhos de campo foram identificadas dificuldades de acesso por terra a algumas áreas de levantamento, o que resultou na utilização do acesso por via fluvial, com a utilização de barco, para a realização dos levantamentos das margens.

Com vistas a garantir a amarração entre o levantamento das margens, a Rede Geodésica de Apoio e os demais levantamentos, foram planejadas duas alternativas de técnicas de levantamento a utilização de RTK (*Real Time Kinematic*) e de DGPS (*Differential Global Positioning System*).

Utilizou-se a técnica DGPS, dada a melhor adaptação dos equipamentos e ao fluxo de trabalho realizado pelas equipes, para a obtenção de coordenadas em tempo real, visando o acompanhamento do trabalho. Após a conclusão do levantamento, os dados obtidos foram pós processados, utilizando-se então, a técnica descrita como posicionamento estático-rápido por IBGE (2008a), que tem como resultado precisão de 5 a 10mm + 1ppm, também conforme IBGE (2008a), o que se confirmou após o processamento das observações.

Quanto à altimetria, os nivelamentos altimétricos das seções transversais foram realizados com o emprego de nível ótico e réguas altimétricas e a metodologia empregada foi o "Método Composto". Os equipamentos e a técnica empregados atenderam à classe IIN Geom da nº NBR 13.133/1994, de forma a atender com segurança à escala preconizada no Termo de Referência: 1:25.000.

A partir dessa técnica procede-se a leitura dos fios estadimétricos (FS, FM e FI) nos pontos em questão e o desnível entre os dois primeiros pontos será dado pela relação:

$$DN_P = FM_{re} - FM_{interm.}$$

Se DN for positivo, então o terreno está em aclive. Se DN for negativo, então o terreno está em declive. Assim, o desnível total entre os pontos extremos será dado pelo somatório dos desníveis parciais.

$$DN = \Sigma DN_P$$

Quanto à precisão do levantamento foi admitida tolerância ou erro médio de um nivelamento de primeira ordem. Ou seja, o erro médio admitido foi de ± 2,5mm/km percorrido.

7.1.1.4 Levantamento sísmico: Perfilagem acústica contínua com o sistema Stratabox de 10 KHZ da SyQwest

No presente trabalho foi utilizado o SBP (*Sub Bottom Profiler*), equipamento desenvolvido para levantamentos geofísicos do assoalho subaquático a partir da propagação de ondas acústicas através de um emissor e receptor de alta frequência (2 – 16 kHz).

Com base nestes levantamentos sísmicos é possível obter-se dados sobre a disposição estrutural das camadas sedimentares abaixo do fundo do "corpo d'água" bem como a espessura das mesmas e a presença de falhamentos e ou deslizamentos.

O levantamento de sísmica rasa no Rio Jacuí foi realizado com a utilização do sistema de sísmica de perfilagem acústica contínua de alta resolução com o sistema *Stratabox* de 10 kHz da SyQwest (Figura 7.9). Este sistema permite, dependendo do tipo dos sedimentos encontrados e da sua consolidação, uma penetração no subfundo de até aproximadamente 40m em lâmina d'água com 100m de profundidade. Ele possui alta resolução de perfilamento e penetração, que embora estratifique e defina melhor camadas das ecofácies, muitas vezes dificulta a visualização dos dados, devido à grande quantidade de informação e de ruídos, o que faz necessário algum tipo de tratamento para análise e interpretação após a aquisição e pré-processamento dos dados.

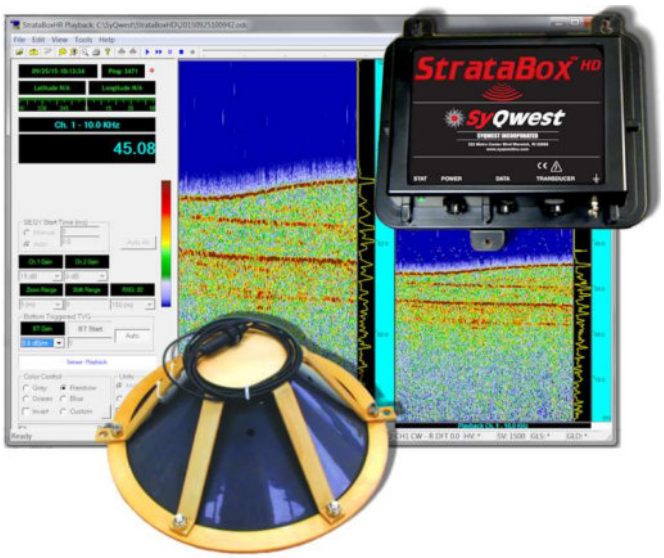


Figura 7.9 – Sistema Stratabox com transdutor de 10 khz e tela do programa.

No processamento dos dados de sísmica obtidos com o Sonar *Sub*-Botton *Profillng* fornecem gráficos de perfis onde são necessárias sondagens físicas (furos de sondagens) em pontos específicos previamente escolhidos para obter-se dados que possibilitem uma correta interpretação. A interpretação dos 25 perfis de sísmica foi realizada após os levantamentos das sondagens físicas, possibilitando assim a determinação das cotas topográficas do substrato rochoso.

7.1.1.5 Sondagens SPT: Confirmação do Substrato Rochoso

Os métodos de execução das sondagens e dos ensaios SPT nos cursos Médio e Baixo do Rio Jacuí foram conduzidos com base nos procedimentos encontrados nas normas NBR nº 6484/01 e NBR nº 6502/95 da ABNT. As sondagens foram executadas através da embarcação denominada SAIRA e foi utilizada como rebocador a embarcação “Nova Zelândia III”.

Foram executados 26 (vinte e seis) furos de sondagem em sedimentos do leito do Rio Jacuí para simples reconhecimento (S01 à S25 S.12A e S12B), totalizando 251,65 m de perfuração e amostragem. As amostras de sedimentos coletadas durante a sondagem por lavagem estão armazenadas em sacos e devidamente identificadas.

As perfurações foram executadas por percussão com avanço à seco (avanço por meio do amostrador padrão), até a profundidade permitida pela resistência do terreno. Depois disso, as perfurações foram feitas pelo processo de circulação de água, estando as paredes do furo sempre protegidas por um revestimento de 63,5 mm (21/2”) de diâmetro nominal.

A extração das amostras foi feita com a cravação de amostrador tipo Terzaghi de 34,9 mm (1 3/8”) e 50,8 mm (2”) de diâmetros interno e externo respectivamente. Utilizou-se golpes do martelo em cada mudança de camada para a coleta de material *in situ*. Foram utilizados o martelo e o amostrador padrão para coleta de material *in situ*, e seguiu-se com circulação d’água para avanço da sondagem.

7.1.1.6 Medição de Descarga Líquida

A medição de descarga líquida é todo processo utilizado para determinar o volume de água que passa por meio de uma seção transversal em determinada unidade de tempo (em geral um segundo). A medição pode ser realizada pelo método convencional com molinete hidrométrico e também através da tecnologia *Acoustic Doppler Current Profiler* (ADCP), empregada neste levantamento.

A utilização do ADCP se justifica pelo fato de que este equipamento representa uma revolução na hidrometria, garantindo segurança aos técnicos em campo, rapidez e eficiência na medição. Além disso, o equipamento garante uma maior confiabilidade nos dados monitorados, uma vez que registra diversos aspectos da medição, por exemplo o seu trajeto, a data e hora das medições e demais observações feitas pelos técnicos em campo.

No método acústico com ADCP a medição é realizada através do efeito Doppler, o qual é descrito de forma bastante detalhada por Gamaro (2012) e Dornelles (2009). Esse método consiste em captar a mudança observada na frequência de uma onda sonora

qualquer, resultante do movimento relativo entre a fonte (transdutor) e o observador (partículas carregadas na água), e convergir o sinal em velocidade da água. No ADCP o efeito Doppler é transmitido por pulsos sonoros de frequência fixa. Esses pulsos seguem de encontro às partículas em suspensão na água (sedimento e plâncton), os quais se movimentam, na média, na mesma velocidade da massa da água e retornam ao equipamento, onde é registrado o tempo de deslocamento da onda. A coluna da água é dividida em certo número de segmentos de igual altura, chamados “células de profundidade”; para cada célula são determinadas as velocidades médias e suas direções.

Para levantar a área da seção, o ADCP realiza o processo denominado “rastreamento de fundo”, no qual o instrumento emite pulsos acústicos que se refletem no fundo, gerando um eco que fornece informações necessárias para verificar a profundidade no leito e a área em cada célula. A vazão que atravessa cada célula é obtida multiplicando-se sua área pelo componente da velocidade, tendo a vazão total o somatório das vazões em todas as células.

Por estes motivos, na primeira campanha o equipamento utilizado foi o *Acoustic Doppler Current Profiler* (ADCP) da Sontek® modelo 500 Mhz (Figura 7.10). Enquanto na segunda campanha foi utilizado o ADCP *River PRO* de 1200 kHz da empresa RDI, alocado em um trimarã, e os dados foram processados no Software *WinRiverII* (Figura 7.11).



Figura 7.10 – ADCP Sontek de 500 Mhz.



Figura 7.11 – Medição de vazão com ADCP.

7.1.1.7 Medição de Descarga Sólida

O sedimento presente no curso d'água é originado da erosão na bacia e da erosão no próprio leito e nas margens. Em ocasiões de chuvas as enxurradas transportam muitas partículas para o rio onde esse sedimento se move em suspensão ou no leito, rolando, deslizando ou em saltos. Dependendo da velocidade da corrente e do efeito de turbulência, partículas do leito podem entrar no meio líquido e ficar em suspensão e aí permanecer até que voltem a se mover no leito quando as forças atuantes se reduzirem. As partículas se movem no leito também sob a ação da corrente, mas cada uma está sujeita à resistência de atrito, o que resulta em menor velocidade do que aquelas que estão em suspensão.

Neste levantamento foram utilizados, em conjunto ou separadamente, os seguintes amostradores:

- Amostrador USDH-98,
- Amostrador USDH-59,
- Garrafa de Van Dorn;
- Amostrador Rock-Island;
- Amostrador Helley-Smith
- Draga de Petersen.

Após a coleta as amostras foram devidamente armazenadas e encaminhadas para laboratório certificado pela FEPAM para obtenção da concentração de sedimentos em

suspensão, a qual será feita pelo método de evaporação ou de filtragem, e para análise granulométrica dos sedimentos em arraste.

A Descarga Sólida Total se dá através da relação da medição de vazão, sólidos em suspensão (amostragem), sólidos de leito (amostragem) e sólidos de arraste (amostragem).

7.1.1.7.1 Transporte de sedimentos em suspensão

A amostragem de sedimentos em suspensão pode ser realizada através de dois métodos clássicos: Igual Incremento de Largura (IIL) e Igual Incremento de Descarga (IID) (EDWARDS E GLYSSON, 1988).

No método IIL, as amostras são coletadas por integração da vertical, ao longo de verticais igualmente espaçadas na seção transversal. As referidas verticais são posicionadas perpendicularmente à seção do rio, de maneira que a amostra seja coletada em um trajeto vertical com saída da superfície em direção a aproximadamente 10 cm do leito, de forma isocinética, representando assim a variabilidade espacial do fluxo de sedimentos na seção escolhida. Os amostradores coletam a mistura de água e sedimentos, armazenando em garrafas de aproximadamente 500 mL ou em sacas com volumes maiores.

Nesse método, a amostra é coletada com a mesma velocidade durante a descida e a subida do amostrador ao longo da vertical, com igual velocidade de trânsito para todas as verticais coletadas, garantindo assim uma amostra representativa do perfil vertical. O amostrador apresenta um determinado bocal para entrada de água, de maneira a garantir uma amostragem isocinética. Ou seja, a velocidade do fluxo que entra na amostra é a mesma velocidade do fluxo que passa no rio naquela vertical.

Já o método do Igual Incremento de Descarga (IID), diferentemente do método do IIL, estabelece as medições através da divisão da seção em zonas de igual incremento de vazão. Dessa forma, coleta-se uma amostra na vertical no centro de cada seção, conforme descrito por Edwards e Glysson (1999). Além desse aspecto, as metodologias se diferem também por outros, pois no método do IID a velocidade de trânsito pode ser diferente para cada vertical amostrada, o que não acontece no método do IIL, em que a velocidade de trânsito deve ser igual para todas as verticais. Devido à característica do método do IID de necessitar que sejam conhecidas as vazões e as velocidades das zonas a serem amostradas, seu uso não é comum em termos de Brasil, no entanto com o uso crescente dos ADCPs a aplicação dessa metodologia vem sendo facilitada.

Para o transporte de sedimentos em suspensão foi utilizado o método do IIL com o amostrador USDH-59, sendo escolhida a travessia do ADCP, a qual apresentou o valor mais próximo à vazão média entre todas as travessias efetuadas na seção de monitoramento. Os dados da referida travessia foram processados no programa Hidro Sedimentos, para a determinação das verticais de coleta e os tempos de amostragem.

Depois de coletadas, as amostras são etiquetadas e armazenadas adequadamente, de forma a manter suas características inalteradas, e encaminhadas para análises

laboratoriais para a obtenção da concentração dos sedimentos em suspensão através dos métodos da evaporação e da filtragem conforme previsto por Carvalho (2008).

7.1.1.7.2 Transporte de sedimentos por arraste

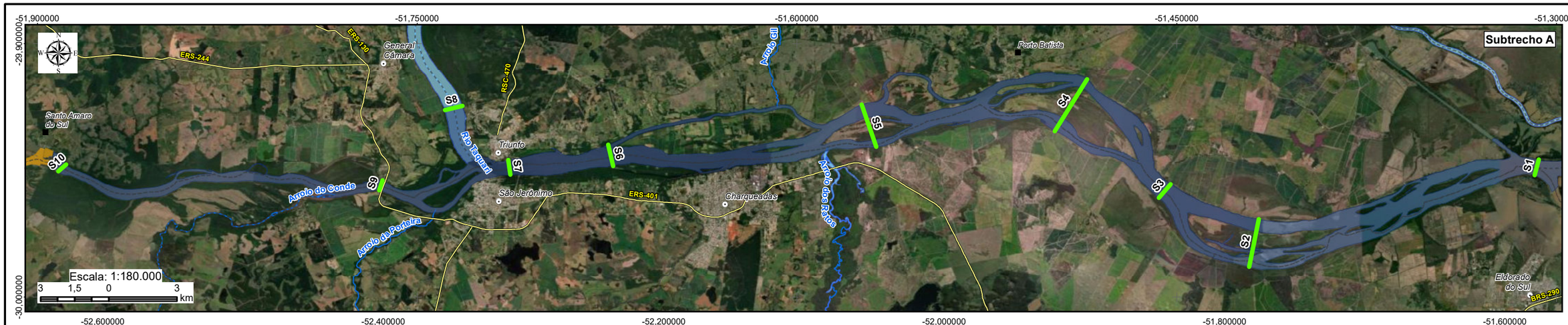
Uma maneira para a medição do transporte de sedimentos por arraste é por meio de equipamentos portáteis, com destaque para os modelos Arnhem e Helley-Smith. Esse amostrador funciona por diferença de pressão, de tal forma que a velocidade na entrada e a velocidade da corrente são aproximadamente as mesmas. Essa igualdade de velocidade é obtida ao criar uma queda de pressão na saída do amostrador pela construção de suas paredes, que se divergem próximo ao fundo (HUBBEL, 1964 *apud* CARVALHO, 2008).

Por isso, para o transporte de sedimentos em arraste foi utilizado o método do IIL com o amostrador Helley-Smith, sendo escolhida a travessia do ADCP, a qual apresentou o valor mais próximo à vazão média entre todas as travessias efetuadas na seção de monitoramento. Os dados da referida travessia foram processados no programa Hidrosedimentos, para determinação das verticais de coleta.

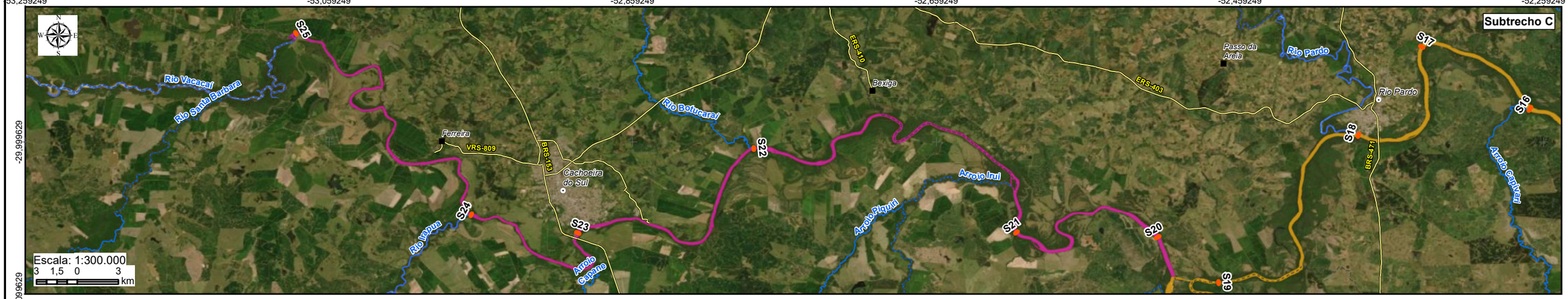
O amostrador Helley-Smith permite que o fluxo que passa pela abertura do amostrador tenha a mesma velocidade que a do fluxo no canal, e assim os sedimentos são retidos em uma saca com malha fina, permitindo a passagem da água. A amostragem é realizada posicionando o Helley-Smith em no mínimo 20 verticais, seguindo o método do Igual Incremento de Largura (IIL). O amostrador permanece por um determinado tempo experimental cronometrado, o qual conforme Helley-Smith (1971) varia entre 20 segundos e 5 minutos, a depender da taxa de transporte.

Além dos dados de vazão, foram medidos os sedimentos em suspensão e sedimentos em arraste, nas 25 seções de referência ao longo do Baixo Jacuí. Para a medição do transporte de **sedimentos em suspensão** foi utilizado o método do IIL com o amostrador USDH-59, sendo escolhida a travessia do ADCP, a qual apresentou o valor mais próximo à vazão média entre todas as travessias efetuadas na seção de monitoramento. Para a medição do transporte de **sedimentos em arraste** foi utilizado o método do IIL com o amostrador Helley-Smith, sendo escolhida a travessia do ADCP, a qual apresentou o valor mais próximo à vazão média entre todas as travessias efetuadas na seção de monitoramento. Os dados da referida travessia foram processados no programa Hidrosedimentos.

Após coletadas, as amostras foram devidamente armazenadas e encaminhadas para o laboratório de sedimentos para obtenção da concentração de sedimentos em suspensão, que foi feita pelo método de evaporação ou de filtragem, e para análise granulométrica dos sedimentos em arraste. O Mapa 7.1 apresenta a localização das seções para medição de descarga líquida e sólida mencionadas.







LEGENDA

- Sede municipal
- Vila
- Rodovia
- Rios principais
- Limite municipal

Rio Jacuí

- Subtrecho A
- Subtrecho B
- Subtrecho C

Seção

- Monitorada
- Não monitorada



Elaboração: PROFILL

RELATÓRIO FINAL

ZONEAMENTO AMBIENTAL PARA A ATIVIDADE DE MINERAÇÃO DE AREIA NOS CURSOS MÉDIO E BAIXO DO RIO JACUÍ

Contratação e fiscalização: Fepam

Sistema de Coordenadas Geodésicas
Sistema Geodésico de Referência
SIRGAS2000
Escala: Indicada

Mapa 7.1 - Localização das seções monitoradas com dados de vazão, sedimentos em suspensão e sedimentos em arraste. Campanha de Outubro 2019

Fonte de dados:
- Sede municipal: SEMARS (2018)
- Limite municipal: SEMARS (2018)
- Limite estadual: IBGE (2019)
- Rodovia: SEMARS (2018)
- Hidrografia: SEMARS (2018)
- Subtrechos: Adaptado de DRH/SEMA (2015)
- Seções: Profill (2019)

7.1.1.8 Amarração Geodésica

7.1.1.8.1 Localização dos marcos

A primeira etapa da instalação dos marcos consistiu na definição dos locais mais adequados para instalação destes marcos. O critério de escolha considerou a viabilidade de cada localização em termos de viabilidade técnica, longevidade e acessibilidade facilitada. Partindo-se deste pressuposto foram feitos estudos de localização dos mesmos em relação a facilidade dos acessos, a partir de imagens de satélite e tipos de uso e cobertura do solo do entorno. As principais variáveis consideradas para definição da localização, foram as propostas por IBGE (2008a):

> *• a área ao redor da estação deverá ser livre de obstrução que possa interferir na captação dos sinais dos satélites ou refleti-los;*
> *• deverão ser evitados locais próximos a estações de transmissão de micro-ondas, radares, antenas radiorrepetidoras e linhas de transmissão de alta voltagem por representarem possíveis fontes de interferência para os sinais GPS;*
> *• o local escolhido deve ser de fácil acesso;*
> *• o solo deve ser firme e estável para devida estabilização do marco;*
> *• deve-se optar por locais onde a segurança e preservação do marco estejam garantidas;*

Também foram considerados os critérios apresentados pelo documento Padronização de Marcos Geodésicos (IBGE, 2008b):

> *• o horizonte deve estar desobstruído acima de 15°; em relação ao ponto de referência que materializa a estação;*
> *• evitar locais próximos a estações de transmissão de micro-ondas, radares, antenas de rádio, repetidoras e linhas de transmissão de alta voltagem, por representarem fontes de interferência para os sinais GPS;*
> *• a área situada a 100 m da estação deve estar livre de estruturas artificiais, particularmente paredes metálicas, de alvenaria ou superfícies naturais, como paredões rochosos;*
> *• o local de implantação deve ser estável, sem qualquer influência de vibrações ou trepidações;*
> *• evitar localidades próximas a espelhos d'água, como rios, lagos, etc.; e*
> *• evitar localidades próximas a árvores e vegetação densa.*

Destes últimos critérios destaca-se o desafio de se implantar estações de referência em locais que sejam próximos ao corpo d'água, em vista dos objetivos do levantamento, mas que minimizem os possíveis efeitos de mulicaminhamento[6].

Da consideração desses critérios resultou a localização de 25 locais aptos a instalação de marcos geodésicos, os quais são apresentados no Mapa 7.2. Cabe destacar que as coordenadas do levantamento estão referenciadas ao Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS2000).

[6] Multicaminhamento é o efeito qu ocorro quando o recptor recebe, além do sinal que chega diretamente à antena, sinais refletidos por superfícies vizinhas (MONICO, 2008).

7.1.1.8.2 Tipo de Posicionamento

Para o rastreamento GNSS dos marcos geodésicos da Rede de Referência foram utilizados 6 marcos de referência, 5 deles coincidentes com os marcos geodésicos da rede de referência e um auxiliar, ambos georreferenciados a partir estação da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo BMC – Rede de Porto Alegre. Utilizou-se o método de Posicionamento Relativo Estático, que serviram de base para o levantamento do restante dos marcos. O Posicionamento Relativo Estático consiste na utilização de dois receptores (L1 ou L1/L2) rastreando simultaneamente, que proporcionam um posicionamento de alta precisão.

7.1.1.8.3 Tempo de Observação

Para os tempos de observação foram utilizadas as Recomendações para Levantamentos Relativos Estáticos – GPS elaboradas pelo IBGE (Quadro 7.1).

Quadro 7.1 – Precisão do posicionamento relativo em função do tempo de observação, equipamento utilizado e comprimento das linhas de base.

Linha de Base	Tempo de observação	Equipamento Utilizado	Precisão
00 – 05 Km	05 – 10 min	L1 ou L1/L2	5 - 10 mm + 1 ppm
05 – 10 Km	10 – 15 min	L1 ou L1/L2	5 - 10 mm + 1 ppm
10 – 20 Km	10 – 30 min	L1 ou L1/L2	5 - 10 mm + 1 ppm
20 – 50 Km	02 – 03 h	L1/L2	5 mm + 1 ppm
50 – 100 Km	Mínimo. 03 h	L1/L2	5 mm + 1 ppm
> 100 Km	Mínimo. 04 h	L1/L2	5 mm + 1 ppm

Fonte: IBGE[7]

7.1.1.8.4 Componente altimétrica

As estações cujas coordenadas são determinadas com GPS possuem a altitude referida à superfície do elipsoide, denominada de altitude elipsoidal ou altitude geométrica (h). Entretanto, a superfície de referência altimétrica adotada no Brasil é o geoide, que, em uma primeira aproximação, é a superfície equipotencial que coincide com o nível médio dos mares não perturbados. A altitude referida ao geoide é denominada de altitude ortométrica (H). As altitudes geométricas e ortométricas estão relacionadas através da ondulação geoidal ou altura geoidal (N), dada pela fórmula a seguir e ilustrada na Figura 7.12.

$$H = h - N$$

As altitudes ortométricas dos marcos geodésicos foram obtidas através de ondulação geoidal após rastreamento GNSS, reduzindo-se as coordenadas altimétricas ao geoide através do Sistema de interpolação de ondulação geoidal do Software MAPGEO2015 do IBGE. Todas as altitudes estão referenciadas ao marégrafo de IMBITUBA-SC e são apresentadas no Quadro 7.2.

[7] Fonte IBGE disponível em: https://www.ibge.gov.br/geociencias/metodos-e-outros-documentos-de-referencia/normas/16463-especificacao-e-normas-gerais-para-levantamentos-geodesicos-em-territorio-brasileiro.html?=&t=acesso-ao-produto

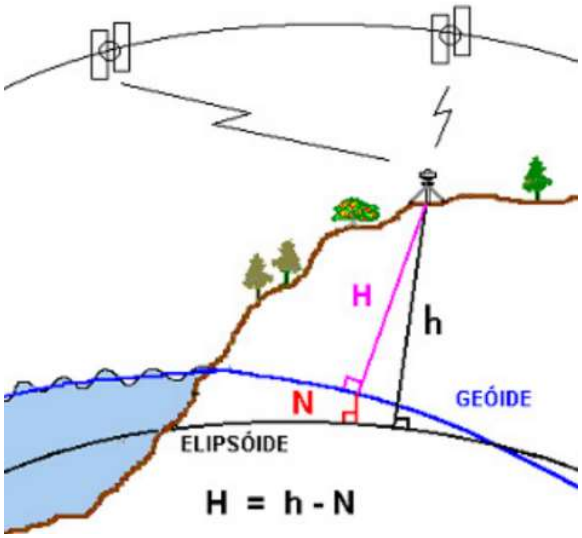


Figura 7.12 – Relação entre as altitudes elipsoidais (h) e ortométricas (H).
Fonte: IBGE (https://www.ibge.gov.br).

Quadro 7.2 – Elevações dos marcos implantados.

Marco	Altitude elipsoidal (h)	Ondulação Geoidal (N)	Altitude Ortométrica(H)
M01	7,412	5,14	2,272
M02	8,369	5,29	3,079
M03	9,120	5,32	3,800
M04	9,850	5,32	4,530
M05	8,778	5,46	3,318
M06	14,648	5,61	9,038
M07	8,628	5,68	2,948
M08	11,060	5,69	5,370
M09	7,530	5,79	1,740
M11	44,310	5,98	38,330
M10	14,549	6,02	8,529
M12	26,103	6,08	20,023
M13	13,592	6,23	7,362
M14	69,309	6,45	62,859
M15	59,050	6,65	52,400
M16	69,416	6,83	62,586
M17	39,734	6,92	32,814
M18	23,130	7,10	16,030
M19	50,172	7,58	42,592
M20	78,438	7,56	70,878
M21	49,310	7,74	41,570
M22	29,957	8,25	21,707
M23	29,202	8,63	20,572
M24	37,806	8,73	29,076
M25	39,910	8,74	31,170

7.1.1.8.5 Monografia dos marcos

Para cada marco geodésico da Rede de Referência (Mapa 7.2) foi elaborado uma monografia de marcos geodésicos contendo as coordenadas geodésicas e coordenadas na projeção UTM, altitude elipsoidal, altitude ortométrica, uma foto e um croqui de localização.



LEGENDA

- Sede municipal
- Vila
- Rodovia
- Rios principais
- Limite municipal
- Marco Implantado
- Seções

Rio Jacuí

- Subtrecho A
- Subtrecho B
- Subtrecho C



Elaboração: PROFILL

RELATÓRIO FINAL

ZONEAMENTO AMBIENTAL PARA A ATIVIDADE DE MINERAÇÃO DE AREIA NOS CURSOS MÉDIO E BAIXO DO RIO JACUÍ

Contratação e fiscalização: Fepam

Sistema de Coordenadas Geodésicas
Sistema Geodésico de Referência
SIRGAS2000
Escala: Indicada

Mapa 7.2 - Localização dos marcos da rede geodésica de apoio

Fonte de dados:
- Sede municipal: SEMARS (2018)
- Limite municipal: SEMARS (2018)
- Limite estadual: IBGE (2019)
- Rodovia: SEMARS (2018)
- Hidrografia: DRH/SEMA (2015)
- Subtrechos: Adaptado de DRH/SEMA (2015)
- Seções, marcos: Profill (2019)

7.1.1.9 Geoquímica dos Sedimentos

A coleta de dados primários para caracterização geoquímica dos sedimentos se deu através de campanha de coleta realizada concomitantemente à primeira campanha de coleta de água e biota aquática. Foram realizadas coletas nas 25 seções de referência aos estudos de subsídios ao Zoneamento da Mineração no Jacuí.

O objetivo dessa campanha foi auxiliar na avaliação da qualidade ambiental, através da comparação dos resultados obtidos com os limites estabelecidos pela legislação nacional (Resolução Conama 454/12), a fim de averiguar uma possível condição de contaminação ambiental nos cursos médio e baixo do Rio Jacuí.

As amostras de sedimento foram coletadas em cada uma das 25 seções de referência em três pontos diferentes, sempre que viável tecnicamente, sendo um na margem direita (MD), um na margem esquerda (ME) e um na calha (CA) do Rio Jacuí (Mapa 7.3).

Importante ressaltar que, em alguns pontos, especialmente aqueles localizados na calha (CA) do Rio Jacuí, a coleta de sedimentos não se mostrou tecnicamente viável, em razão das características do sedimento, *bed rock* aflorante, observada nestes pontos.

As amostras de sedimentos superficiais (interface 0 – 5 cm de profundidade) foram coletadas com amostrador *Rock Island*. Após a coleta, as amostras foram identificadas, acondicionadas em recipientes limpos e armazenadas em ambiente refrigerado até a entrega ao laboratório certificado pela FEPAM para o processamento das análises laboratoriais. O Quadro 7.3 apresenta os parâmetros químicos analisados.

Quadro 7.3 – Parâmetros analisados nas amostras de sedimento.

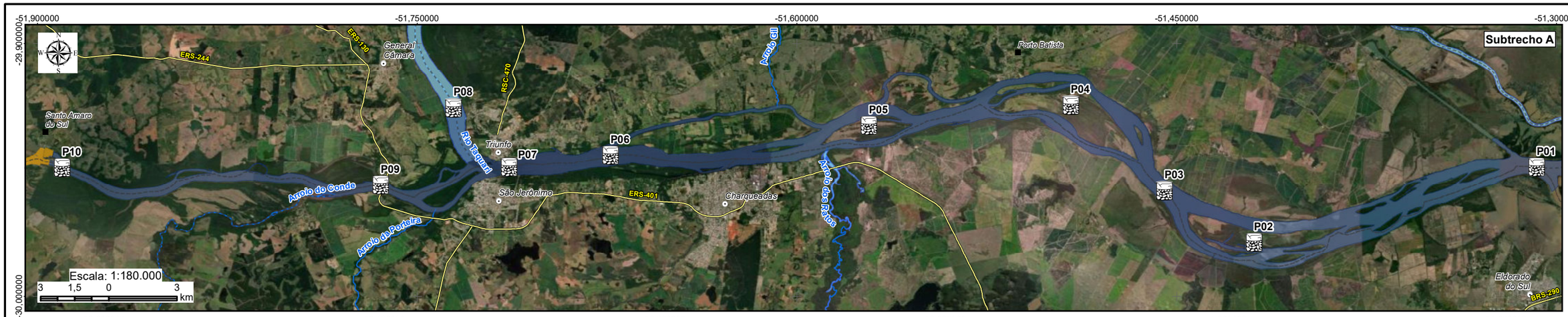
Parâmetros orgânicos			
Carbono Orgânico Total		Nitrogênio Kjeldahl Total	Fósforo Total
Parâmetros inorgânicos			
Metais e Semi metais		Arsênio (As)	Cromo (Cr)
		Cadmio (Cd)	Mercúrio (Hg)
		Chumbo (Pb)	Níquel (Ni)
		Cobre (Cu)	Zinco (Zn)
TBT		Tributilestanho	
Pesticidas organoclorados		HCH (Alfa-HCH)	DDD[a]
		HCH (Beta-HCH)	DDE[b]
		HCH (Delta-HCH)	DDT"
		HCH (Gama- HCH/Lindano)	Dieldrin
		Clordano (Alfa)	Endrin
		Clordano (Gama)	
PCBs		Bifenilas Policloradas - Somatória das 7 bifenilas [d]	
Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPA's)s	Grupo A	Benzo(a)antraceno	Criseno
		Benzo(a)pireno	Dibenzo(a,h)antraceno
	Grupo B	Acenafteno	Fluoreno
		Acenaftileno	2-Metilnaftaleno
		Antraceno	Naftaleno
		Fenantreno	Pireno
		Fluoranteno	

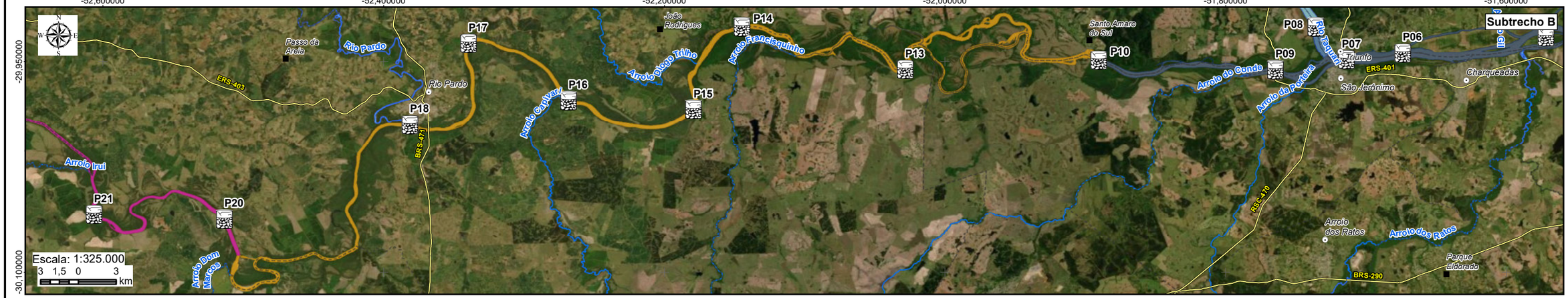
Os dados foram analisados conforme a Resolução CONAMA nº 454/2012, avaliando-se o nível de contaminação dos sedimentos de fundo. Para classificação do ponto utilizou-se a seguinte regra qualitativa, baseada nas frequências de enquadramento a Resolução CONAMA nº 454/2012 e parâmetros limitados por esta e que foram efetivamente avaliados no presente Estudo:

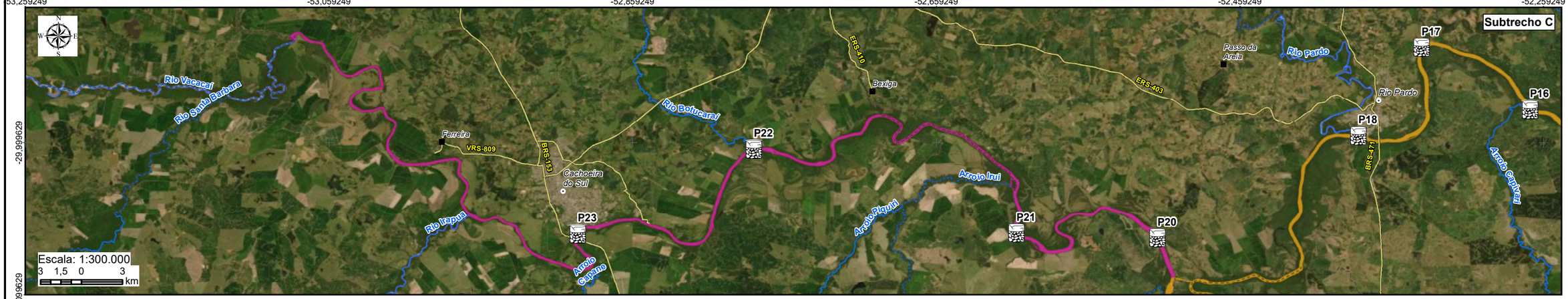
- Menor comprometimento = caracterizado por valores abaixo do nível N1, abaixo do qual há menor probabilidade de efeitos adversos à biota;
- Médio comprometimento = caracterizado por valores acima do nível N1, mas abaixo do N2 no qual há maior probabilidade de efeitos adversos à biota;
- Maior comprometimento = caracterizado por valores acima do nível N2, no qual há maior probabilidade de efeitos adversos à biota.

A ideia por trás desta classificação qualitativa não é definir taxativamente, no momento, a condição de contaminado, não contaminado ou em vias de contaminação o sedimento avaliado, pois, como a Resolução CONAMA nº 454/2012 mesmo pondera, a maior ou menor degradação do sedimento está vincula a teoria da probabilidade em si – aspecto este que circunda um universo de variáveis que concorrem a qualidade do sedimento, como quais organismos aquáticos são mais afetados por este ou aquele parâmetro desconforme no ambiente estudado, assim como aspectos naturais ligados as concentrações de background dos parâmetros avaliados, aspecto este muitas vezes sem referencial definido por conta da falta de estudos direcionados e/ou padronizados.

A adoção desta avaliação qualitativa permite visualizar trechos mais ou menos comprometidos no Rio Jacuí em termos da qualidade dos sedimentos, propiciando inferir, ainda que de forma geral, aspectos naturais ou antrópicos que poderiam explicar as características geoquímicas registradas e investigadas.







LEGENDA

- Sede municipal
- Vila
- Rodovia
- Rios principais
- Limite municipal
- Ponto de amostragem de sedimentos de fundo

Rio Jacuí

- Subtrecho A
- Subtrecho B
- Subtrecho C



Elaboração: PROFILL

RELATÓRIO FINAL

ZONEAMENTO AMBIENTAL PARA A ATIVIDADE DE MINERAÇÃO DE AREIA NOS CURSOS MÉDIO E BAIXO DO RIO JACUÍ

Contratação e fiscalização: Fepam

Sistema de Coordenadas Geodésicas
Sistema Geodésico de Referência
SIRGAS2000
Escala: Indicada

Mapa 7.3 - Localização dos pontos de amostragem de sedimento de fundo

Fonte de dados:
- Sede municipal: SEMARS (2018)
- Limite municipal: SEMARS (2018)
- Limite estadual: IBGE (2019)
- Rodovia: SEMARS (2018)
- Hidrografia: DRH/SEMA (2015)
- Subtrechos: Adaptado de DRH/SEMA (2015)
- Pontos de amostragem: Profill (2019)

7.1.1.10 Qualidade da Água

No âmbito deste estudo de zoneamento ambiental foram realizadas duas campanhas de coleta e análise de água: (a) campanha 1 – entre os dias 21/01/2019 e 10/04/2019; e (b) campanha 2 – entre os dias 22/10/2019 e 25/10/2019), com o objetivo de ampliar a base de conhecimento obtida a partir do levantamento de dados bibliográficos (Item 4.5) acerca da qualidade de água na área de estudo. Durante estas campanhas foram realizadas coletas de água nas 25 seções de referência espacializadas no Mapa 9.7.

O delineamento amostral proposto teve por objetivo realizar uma campanha na época de estiagem, período de vazões médias mensais mínimas, e uma campanha na época chuvosa, período de vazões médias mensais máximas. Sabe-se que no Rio Jacuí as vazões baixas ocorrem no período entre dezembro e abril, meses em que são registradas as menores precipitações acumuladas, enquanto as máximas mensais se estendem de maio a novembro.

Por estes motivos, a primeira campanha foi realizada entre janeiro e abril de 2019. Para a segunda campanha, as chuvas na região foram sendo monitoradas a fim de se avaliar o melhor momento para realizar a amostragem, sendo que essa campanha foi realizada no final de outubro de 2019.

Desta forma, os dados de Qualidade das Águas considerados neste estudo de zoneamento, são de três origens principais: os dados secundários do monitoramento operado pela FEPAM; os dados secundários que foram compilados e levantados em campo durante a elaboração do Plano de Bacia (DRH/SEMA, 2015a); e os dados primários levantados nas 25 seções de referência.

Por fim, cabe ressaltar que neste item é apresentado um resumo da metodologia envolvida na coleta e análise dos dados primários de qualidade da água, sendo que a análise integrada das diversas fontes de informação consideradas no âmbito deste zoneamento ambiental está apresentada a seguir no Capítulo 9. Diagnóstico Consolidado.

As análises laboratoriais das amostras coletadas foram realizadas, basicamente, segundo os métodos padronizados pelo *Standard Methods for Examination of Water and Wastewaters* - 22ª Ed (SMWW, 2012). O Quadro 7.4 apresenta os parâmetros avaliados nas duas campanhas de diagnóstico realizadas, bem como indica os métodos analíticos utilizados e seus limites de detecção e faixas de análise.

A avaliação dos resultados obtidos a partir das análises laboratoriais baseou-se na Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA nº 357/05 (CONAMA, 2005). Quando necessário também serão utilizadas recomendações de outras normas internacionais, bem como de bibliografia especializada para a interpretação dos resultados das análises laboratoriais.

Para aqueles parâmetros listados na legislação (artigos 14 a 17 da Resolução do CONAMA nº 357/05), foi realizada a comparação com os respectivos padrões e condições de qualidade para águas doces em suas diferentes classes em relação à frequência de atendimento. Para valores detectados pela análise, mas que ficaram abaixo do limite de quantificação, foi considerado o valor desse limite para fins de interpretação; enquanto para

valores não detectados foram adotados os seus respectivos limites de detecção, considerando-se assim a pior hipótese possível em algumas variáveis e tornando a análise mais robusta, conservadora e passível de avaliação do ponto de vista quantitativo e temporal.

Quadro 7.4 – Parâmetros analisados e respectivos métodos de análise.

Parâmetros	Un.	LD	Método de analítico
Alumínio Dissolvido	mg/L	0,02	(ICP-MS): Determinação: SMWW, 22ª Edição, 2012, Método 3125 B / Preparo: EPA 3010 A: 1992 e EPA 3005: 1992
Cádmio Total	µg/L	1	(ICP-MS): Determinação: SMWW, 22ª Edição, 2012, Método 3125 B / Preparo: EPA 3010 A: 1992 e EPA 3005: 1992
Chumbo Total	µg/L	1	(ICP-MS): Determinação: SMWW, 22ª Edição, 2012, Método 3125 B / Preparo: EPA 3010 A: 1992 e EPA 3005: 1992
Cobalto Total	µg/L	1	(ICP-MS): Determinação: SMWW, 22ª Edição, 2012, Método 3125 B / Preparo: EPA 3010 A: 1992 e EPA 3005: 1992
Cobre Dissolvido	mg/L	0,001	(ICP-MS): Determinação: SMWW, 22ª Edição, 2012, Método 3125 B / Preparo: EPA 3010 A: 1992 e EPA 3005: 1992
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1,8	SMWW, 22ª Edição, 2012 - Método 9221 B, C, D, E
Condutividade	µS/cm	1	SMWW, 22ª Edição, 2012 - Método 2510 B
Cor	CU	5	SMWW, 22ª Edição, 2012 - Método 2120 C
Cromo Total	µg/L	1	(ICP-MS): Determinação: SMWW, 22ª Edição, 2012, Método 3125 B / Preparo: EPA 3010 A: 1992 e EPA 3005: 1992
DBO	mg/L	2	SMWW, 22ª Edição, 2012 - Método 5210 B
DQO	mg/L	5	SMWW, 22ª Edição, 2012 - Método 5220 D
Ferro Dissolvido	mg/L	0,02	(ICP-MS): Determinação: SMWW, 22ª Edição, 2012, Método 3125 B / Preparo: EPA 3010 A: 1992 e EPA 3005: 1992
Fosfato (como P)	mg/L	0,01	SMWW, 22ª Edição, 2012 - Método 4500 P E
Fósforo Total	µg/L	1	SMWW, 22ª Edição, 2012 - Método 4500 P E
Índice de Fenóis	mg/L	0,001	ISO 14402: 1999
Manganês Total	µg/L	1	(ICP-MS): Determinação: SMWW, 22ª Edição, 2012, Método 3125 B / Preparo: EPA 3010 A: 1992 e EPA 3005: 1992
Mercúrio Total	µg/L	0,1	(ICP-MS): Determinação: SMWW, 22ª Edição, 2012, Método 3125 B / Preparo: EPA 3010 A: 1992 e EPA 3005: 1992
Níquel Total	µg/L	1	(ICP-MS): Determinação: SMWW, 22ª Edição, 2012, Método 3125 B / Preparo: EPA 3010 A: 1992 e EPA 3005: 1992
Nitrato (como N)	mg/L	0,3	POP PA 124 - Rev.12
Nitrito (como N)	mg/L	0,01	SMWW, 22ª Edição, 2012 - Método 4500 NO2- B
Nitrogênio Amoniacal	mg/L	0,1	SMWW, 22ª Edição, 2012 - Método 4500 NH3- E
Nitrogênio Orgânico	mg/L	0,1	SMWW, 22ª Edição, 2012, Método 4500 Norg C, NH3 E
Nitrogênio Total Kjeldahl	mg/L	0,1	SMWW, 22ª Edição, 2012, Método 4500 Norg - C, NH3 E
Ortofosfato solúvel	mg/L	0,03	SMWW, 22ª Edição, 2012 - Método 4500 P E
Sólidos Totais	mg/L	5	SMWW, 22ª Edição, 2012 - Método 2540 A, B, C, D, E
Sulfeto	mg/L	0,05	Determinação: SMWW, 22ª Edição, 2012, Método 4500 S-2 D / Preparo: SMWW, 22ª Edição, 2012, Método 4500 S-2 C
Surfactantes (como LAS)	mg/L	0,2	POP PA 023 - Rev.14
Turbidez	NTU	0,1	SMWW, 22ª Edição, 2012 - Método 2130 B
Zinco Total	µg/L	1	(ICP-MS): Determinação: SMWW, 22ª Edição, 2012, Método 3125 B / Preparo: EPA 3010 A: 1992 e EPA 3005: 1992

LD = Limite de Detecção / Faixa.

7.1.1.11 Fisiologia da Paisagem

Os levantamentos de campo foram realizados nos dias 21, 22 e 23 de agosto de 2019, desde a foz do Rio Vacacaí (Figura 7.13) até a eclusa de Amarópolis, abrangendo os Trechos C e B, e, no dia 12 de outubro de 2019, o Trecho A, da eclusa de Amarópolis até o Delta do Jacuí (Figura 7.14).



Figura 7.13 – Foz do Rio Vacacaí, logo a jusante do ponto de partida.



Figura 7.14 – Vista de jusante da Eclusa de Amarópolis, no ponto de partida do levantamento do Trecho A.

A premissa deste levantamento foi avaliar as condições atuais da calha do rio reconhecendo e caracterizando, quando possível, as formações litoestratigráficas, a dinâmica da geomorfologia fluvial, os ambientes de sedimentação e erosão relacionados aos sistemas meandrante, anastomosado e entrelaçado (braided), a hidrogeologia, os tipos de solos e a cobertura vegetal das margens do trecho em estudo. Para tanto foi utilizada uma embarcação com amplo acesso a ambas as margens, com capacidade para até quatro pessoas (Figura 7.15), sendo duas da tripulação e duas da equipe técnica.

Assim como a influência da presença das três eclusas instaladas na área em estudo, observou-se outras influências tais como:

- Controle estrutural da área;
- Forma do canal;
- Variação do nível da água;
- Margens côncavas;
- Margens convexas;
- Tipo de solo ou rocha formadora dos taludes das margens;
- Cobertura vegetal das margens, entre outras.



Figura 7.15 – Embarcação utilizada sendo preparada no ponto de partida do primeiro dia de campo.

A rota se iniciou na manhã do dia 21 de agosto de 2019, partindo do ponto da balsa de passagem a montante da foz do Rio Vacacaí até a eclusa de Fandango, na cidade de Cachoeira do Sul, com 65 pontos de controle levantados além dos registros entre eles.

No dia seguinte, 22 de agosto, a equipe partiu pela manhã desde um acesso de embarcação próximo à Rua da Aldeia, na margem esquerda, e logo a jusante da eclusa de Fandango, até a sede municipal de Rio Pardo, transpondo a eclusa do Anel de Dom Marco (Figura 7.16), totalizando 84 pontos de controle. E no dia 23 a navegação iniciou na cidade de Rio Pardo (Figura 7.17) até a eclusa de Amarópolis, na localidade de Santo Amaro do Sul, município de General Câmara, totalizando mais 57 pontos de mapeamento.

No dia 12 de outubro de 2019, o levantamento começou a partir da jusante da eclusa de Amarópolis até o Delta do Jacuí, totalizando 56 pontos de controle.



Figura 7.16 – Eclusa do Anel de Dom Marco.



Figura 7.17 – Saída da cidade de Rio Pardo.

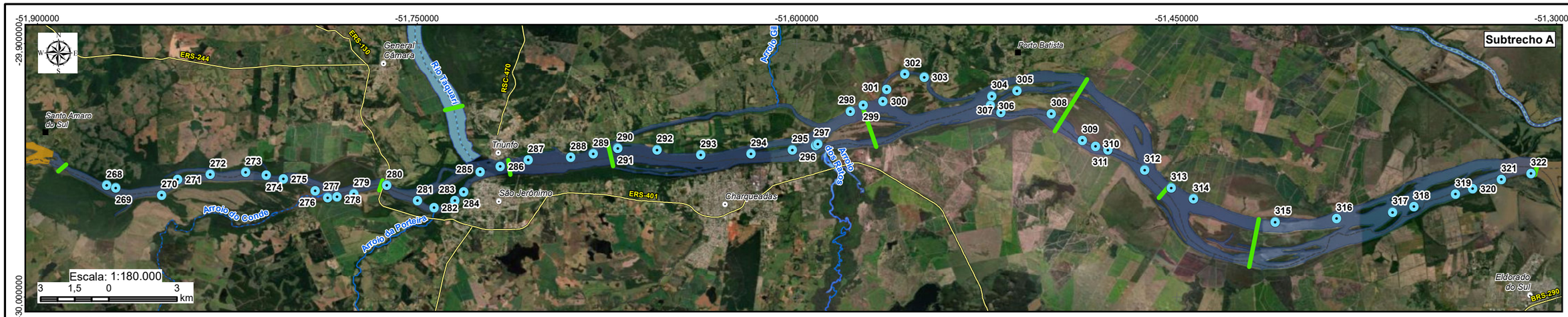
Ao total, foram registrados 262 pontos de controle para o levantamento de campo e para a caracterização da fisiologia da paisagem (Mapa 7.4), distribuídos por subtrecho conforme descrito a seguir:

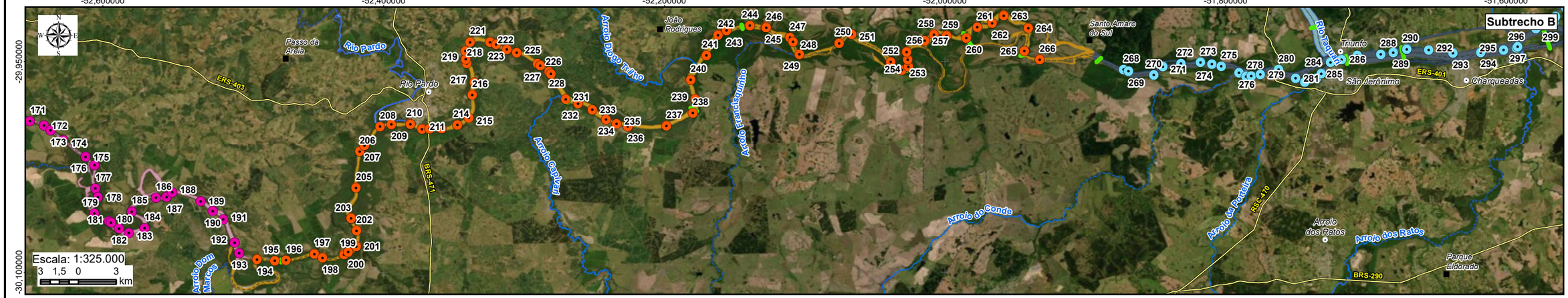
O Subtrecho C 2 inicia na Barra do Rio Vacacaí e termina na eclusa do Fandango (Mapa 7.4). Nesse trecho foram realizadas duas Seções de Referência (S24 e S25) e cadastrados 65 pontos de controle.

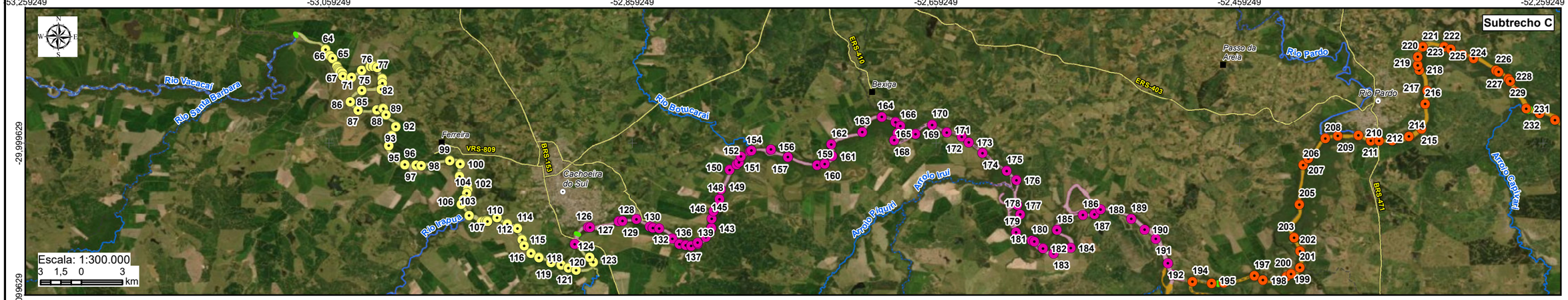
O Subtrecho C 1 se inicia na Barragem e Eclusa do Fandango e termina na Barragem e Eclusa de Dom Marco. Nesse trecho, de aproximadamente 37 quilômetros de estirão, foram realizadas quatro Seções de Referência (S20, S21, S22 e S23) e catalogados 67 pontos de controle (Mapa 7.4).

O Subtrecho B inicia na Barragem e Eclusa de Dom Marco e termina na Barragem e Eclusa de Amarópolis. Neste trecho, de aproximadamente 78 km de estirão, foram realizadas dez Seções de Referência (S11 à S19), e catalogados 72 pontos de controle (Mapa 7.4).

O Subtrecho A se inicia a jusante da Barragem e Eclusa de Amarópolis e se estende até o início do Delta do Jacuí. Sendo que o segmento que começa na Barragem de Amarópolis e se estende até a foz do Rio Taquari possui canal sinuoso da calha menor e meandros abandonados na calha maior, identificando-o como um sistema meandrante que se extinguiu, do ponto de vista de evolução da calha, a partir da instalação da Barragem e Eclusa de Amarópolis. Nesse trecho, de aproximadamente 37 quilômetros de estirão, foram realizadas dez Seções de Referência (S01 à S10) e catalogados 58 pontos de controle (Mapa 7.4).







LEGENDA

- Sede municipal
- Vila
- Seções de referência
- Rodovia
- Rios principais
- Limite municipal

Pontos de caracterização da fisiologia da paisagem

- A
- B
- C1
- C2

Compartimentação da Fisiologia da Paisagem

- Subtrecho A
- Subtrecho B
- Segmento C1
- Segmento C2



Elaboração: PROFILL

RELATÓRIO FINAL

ZONEAMENTO AMBIENTAL PARA A ATIVIDADE DE MINERAÇÃO DE AREIA NOS CURSOS MÉDIO E BAIXO DO RIO JACUÍ

Contratação e fiscalização: Fepam

Sistema de Coordenadas Geodésicas
Sistema Geodésico de Referência
SIRGAS2000
Escala: Indicada

Mapa 7.4 - Localização dos pontos de controle do levantamento de campo e caracterização da fisiologia da paisagem

Fonte de dados:
- Sede municipal: SEMARS (2018)
- Limite municipal: SEMARS (2018)
- Limite estadual: IBGE (2019)
- Rodovia: SEMARS (2018)
- Hidrografia: DRH/SEMA (2015)
- Subtrechos: Adaptado de DRH/SEMA (2015)
- Seções, pontos de controle: Profill (2019)

7.2 Meio Biótico

7.2.1 Limnologia: Macroinvertebrados bentônicos, Plâncton e Perifíton

A coleta de amostras destes grupos biológicos teve como objetivo principal estabelecer critérios para o zoneamento da atividade de extração de areia Rio Jacuí com base em estrutura da biota aquática (perifíton, plâncton e macroinvertebrados aquáticos). Para isso, também se buscou:

- Diagnosticar a estrutura da comunidade perifítica, planctônica e da fauna de macroinvertebrados em habitats de área de interesse de mineração no Rio Jacuí.
- Identificar critérios ecológicos para subsidiar o zoneamento da atividade de extração de areia no Rio Jacuí.
- Identificar padrões de Zonação longitudinal e transversal no Rio Jacuí com base nas comunidades bióticas
- Identificar padrões de Zonação longitudinal e transversal no Rio Jacuí com base nas variáveis limnológicas
- Verificar efeitos da dragagem sobre a comunidade fitoplanctônica.

7.2.1.1 Área de estudo

Foram realizadas amostragens na área de estudo no Rio Jacuí, a qual compreende 4 classes de trechos de rio, com feições distintas quanto às unidades geológicas, ambiente de sedimentação, sistema de sedimentação, tipo de sedimentação, regime de fluxo e geomorfologia fluvial. Em termos gerais, as classes 1 (entrelaçado), 2 (retilíneo) e 3 (anastomosado) e classes 4 (meandrante) (Tabela 7.1).

Tabela 7.1 – Classificação dos trechos do Rio Jacuí com base na geologia e geomorfologia. O regime de fluxo em cada classe pode ser predominante lótico ou lêntico dependendo das eclusas ou da influência do Guaíba.

Classes	Unidade Geológica	Ambiente de Sedimentação	Sistema de Sedimentação	Tipo de Sedimentação	Geomorfologia Fluvial
1	Rio do Rastro	Continental, Marinho	Lacustre, Leque deltaico, Rampa carbonática	Barras arenosas, face de praia, tempestitos	Entrelaçado
2					Retilíneo
3	Sanga do Cabral	Continental	Desértico, Fluvial Entrelaçado	Barras arenosas/Barras conglomeráticas	Anastomosado
4					Meandrante

Segundo Pillar *et al.* (2004), a seleção de unidades amostrais em estudos limnológicos pode ser realizada por meio da amostragem estratificada, onde um rio ou uma lagoa são divididos por estratos e com base por exemplo na profundidade (por exemplo: superfície, meio e fundo). Ou no caso de ecossistemas lóticos, um rio estratificado por mesohabitats, definidos

com base na sua morfologia fluvial e condições hidráulicas. Nestes são amostrados os micro-habitats existentes. A amostragem sistemática pode ser realizada dentro de cada estrato. A abordagem de delineamento amostral em rios e riachos é a mais aceita na literatura atualmente, sendo preconizada por importantes protocolos de monitoramento ambiental. Segundo Norris *et al.* (1999), a estratificação de habitat em estudos de biota de rios é extremamente necessária para reduzir a variabilidade das amostras e facilitar a comparação entre estações de coleta.

Para o presente trabalho foi adotada a amostragem sistemática estratificada, considerando o critério mesohabitat. Esta abordagem é mais eficaz, pois retrata com maior fidelidade aspectos estruturais e funcionais do ecossistema e de suas comunidades.

Com a finalidade de subsidiar o delineamento amostral estratificado, em cada classe de segmento foram reconhecidos os mesohabitats do Rio Jacuí, com base em imagens de satélites (Figura 7.18), adotando-se a terminologia Moring *et al.* (2014) com adaptações:

1) *Rapid*: mesohabitat caracterizado por um canal profundo, com águas muito turbulentas e velozes. Apresenta muita instabilidade à fauna bentônica.
2) *Riffle*: mesohabitat caracterizado por um canal raso, caracterizado por água moderadamente turbulenta, com velocidade variando entre baixa à moderada.
3) *Run* ou *Glide*: neste mesohabitat a velocidade é relativamente alta com fluxo laminar, sendo que na superfície não é verificada turbulência.
4) *Pool* (piscina ou poção): função de velocidade relativamente baixa, o que é atribuído ao canal mais profundo. Apresenta pouca instabilidade à fauna bentônica.
    a) Piscina de canal: esta piscina se estende por toda a largura do canal principal, em região mais profunda dele.
    b) Piscina *Eddy*: tipo de piscina localizada associada aos processos erosivos, onde a corrente se move na direção oposta em relação ao fluxo no canal principal.
    c) Piscina isolada: tipo de piscina que está separada do canal principal. Frequentemente se trata de uma porção de um remanso anterior, ou meandro abandonado, ou um *forewater*, o qual perdeu a conectividade com o canal principal em decorrência de processos de deposição, mas que pode se conectar ao rio novamente com a elevação do nível do próprio rio em épocas de pulso de cheia. Por se tratar de áreas de menor velocidade, estes mesohabitats podem ser colonizados por macrófitas aquáticas, as quais servem de habitat para macroinvertebrados epifíticos e perifíton.
5) *Forewater* – mesohabitat que constitui uma piscina relativamente rasa, com baixa velocidade da água, conectada ao canal principal, orientada para a

direção principal de fluxo. Por se tratar de áreas de menor velocidade, estes mesohabitats podem ser colonizados por distintas taxocenoses aquáticas.

6) *Backwater* – piscina relativamente rasa e conectada ao canal principal, caracterizada por baixa velocidade, orientada em uma direção oposta à direção do fluxo. Por se tratar de áreas de menor velocidade, estes mesohabitats podem ser colonizados por distintas taxocenoses aquáticas.

7) *Embaiamento* – piscina em formação, relativamente rasa e situada junto à margem do canal principal perpendicularmente ao fluxo, com baixa velocidade. Por se tratar de áreas de menor velocidade, estes mesohabitats podem ser colonizados por distintas taxocenoses aquáticas.

8) *Barra de canal submersa*: barra muito rasa, tipicamente localizada na periferia de um ponto exposto existente ou barra de canal, em área de menor energia, onde ocorre deposição.

9) *Barra exposta em pontal:* este tipo de barra em pontal não é citado pelo autor com um mesohabitat e sim como uma característica morfológica do rio, formada por deposição e áreas de menor velocidade da seção transversal junto à margem. No entanto, essas barras formam um declive gradual junto à margem, de substrato molhado, no qual se enterram organismos escavadores, especialmente bivalves de água-doce, sobretudo nos rios tropicais sul-americanos. Por se tratar de áreas de menor velocidade, estes mesohabitats podem ser colonizados por distintas taxocenoses aquáticas.

10) *Barra exposta no canal ou ilha fluvial*: também não é considerada um habitat pelo autor (Moring *et al.*, 2014). No entanto, essas barras formam um declive gradual junto à margem, de substrato molhado, no qual se enterram organismos escavadores, especialmente bivalves de água-doce, sobretudo nos rios tropicais sul-americanos. Por se tratar de áreas de menor velocidade, estes mesohabitats podem ser colonizados por distintas taxocenoses aquáticas.

11) *Foz de arroio*: confluência de tributário com o Rio Jacuí. Habitat adicional adotado para este trabalho.

12) *Foz de rio*: confluência de tributário com o Rio Jacuí. Habitat adicional adotado para este trabalho.

Alguns mesohabitats identificados no Rio Jacuí (Quadro 7.5) foram selecionados, sendo que 2 deles não ocorrem no rio (*rifle* e *rapid*), no curso que percorre a depressão central. Em cada tipologia de trecho foram selecionados alguns mesohabitats representativos da tipologia, para a realização da amostragem de organismos sesseis.

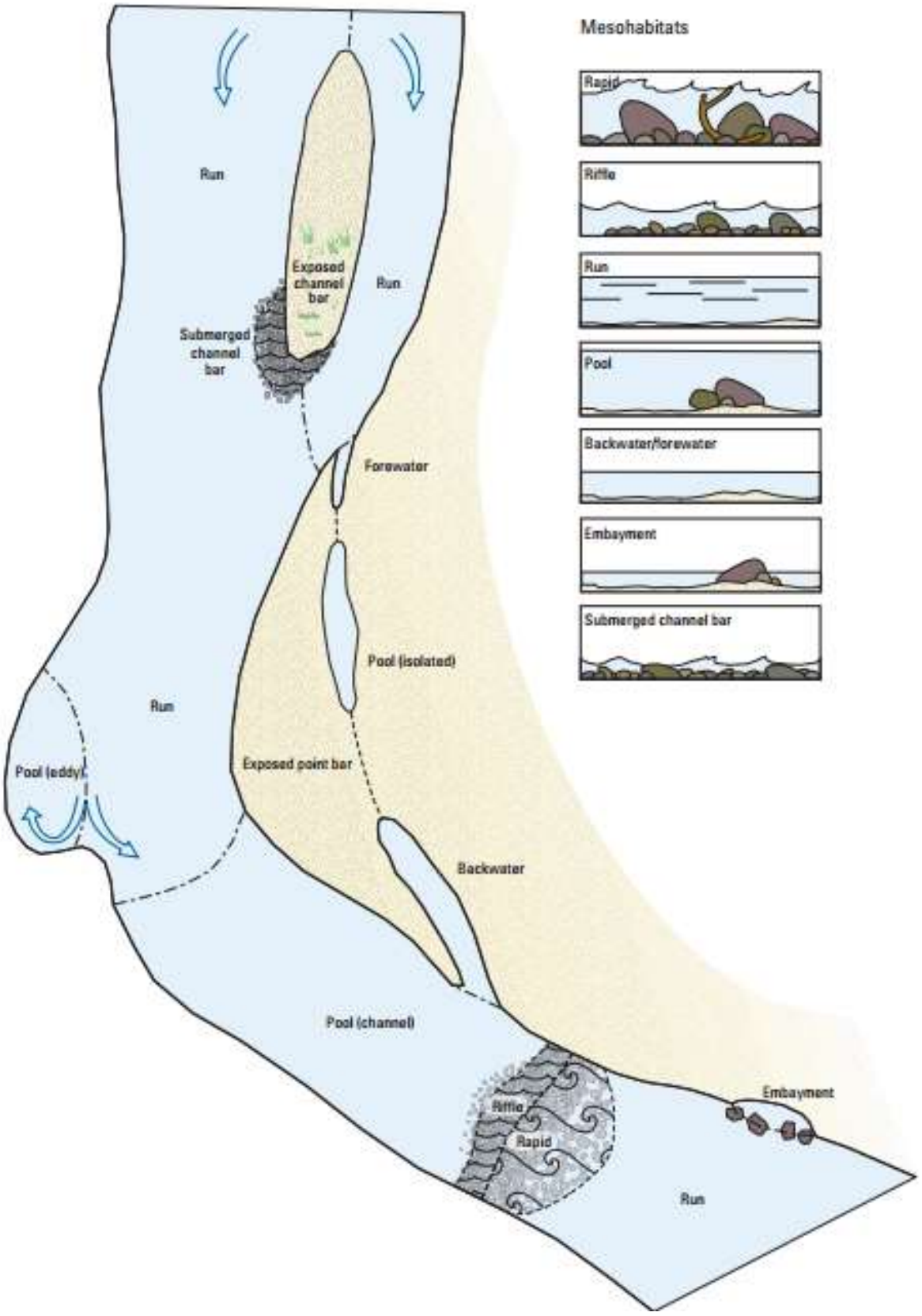


Figura 7.18 – Mesohabitats de rios modificado para o Rio Grande/Rio Bravo del Norte (USA).
Fonte: Moring (2014) modificado de Platania (1993).

Quadro 7.5 – Alguns mesohabitats do Baixo Rio Jacuí visualizados mediante imagens do Google Earth de acordo com a terminologia de MORING (2014) modificado de Platania (1993).

Categoria	Visualização em Imagem de Satélite
Piscina isolada: sequência de piscinas (lagoas) isoladas em várzea localizada na margem esquerda (coordenadas se refere à piscina central: long.: -52,26162222º; lat.: -29,97280556º).	
Backwater: em várzea localizada na margem esquerda (coordenadas se referem à conexão com o canal principal: long.: -52,16443889º; lat.:29,92919722º).	
Barra exposta em pontal: situada na margem esquerda (coordenadas se referem à área central da barra: long.: -52,49949167º; lat.: -30,11128889º).	
Barra exposta no canal: barra com vegetação pontual (long.: -52,73590000º; lat.: -30,01295556º).	
Embaiamento: situado na margem esquerda (coordenadas se referem à conexão com o canal: long.: -52,72902500º; lat.: -30,00122778º).	

A primeira campanha foi realizada entre os dias 28 de março e 5 de abril de 2019. As coletas ocorreram em águas baixas. A segunda campanha foi realizada em dezembro de 2019. Foram amostrados 32 mesohabitats na área de estudo no Rio Jacuí (Tabela 7.1, Quadro 7.6, Figura 7.19, Figura 7.20, Figura 7.21 e Figura 7.22), distribuídos quatro classes de trechos de rio, os quais compreendem feições distintas quanto às unidades geológicas, ambiente de sedimentação, sistema de sedimentação, tipo de sedimentação, regime de fluxo e geomorfologia fluvial. O habitat 18 não apresentava coluna d´água na primeira campanha, devido ao período de estiagem, sendo amostrado apenas na segunda.

Quadro 7.6 – Habitats amostrados no Rio Jacuí.

Habitat	Classe	Tipo de mesohabitat
H1	Classe 4	*Run*
H2	Classe 4	Barra exposta no canal
H3	Classe 4	Piscina isolada
H4	Classe 4	Embaiamento
H5	Classe 4	*Backwater*
H7	Classe 4	*Run*
H8	Classe 4	Foz de arroio
H9	Classe 4	*Backwater*
H10	Classe 4	Barra exposta no canal
H11	Classe 3	Piscina isolada
H12	Classe 3	*Backwater*
H13	Classe 3	*Run*
H14	Classe 3	Foz de arroio
H15	Classe 3	Barra exposta em pontal
H16	Classe 3	Piscina isolada
H17	Classe 3	Ilha vegetada
H18	Classe 3	*Backwater*
H19	Classe 2	*Run*
H20	Classe 2	Piscina isolada
H21	Classe 2	*Backwater*
H22	Classe 2	Ilha vegetada
H23	Classe 2	Foz de arroio
H24	Classe 2	*Backwater*
H25	Classe 2	Foz de rio
H26	Classe 1	*Backwater*
H27	Classe 1	Piscina isolada
H28	Classe 1	Foz de rio
H29	Classe 1	Barra em pontal
H30	Classe 1	*Run*
H31	Classe 1	Ilha vegetada
H32	Classe 1	Ilha vegetada



Figura 7.19 – Habitats amostrados no trecho de Classe 4: unidade geológica Sanga do Cabral; em ambiente de sedimentação Continental; em sistema de sedimentação Desértico, Fluvial Entrelaçado, sedimentação do tipo Barras arenosas/Barras conglomeráticas, tempestitos, com canal anastomosado.

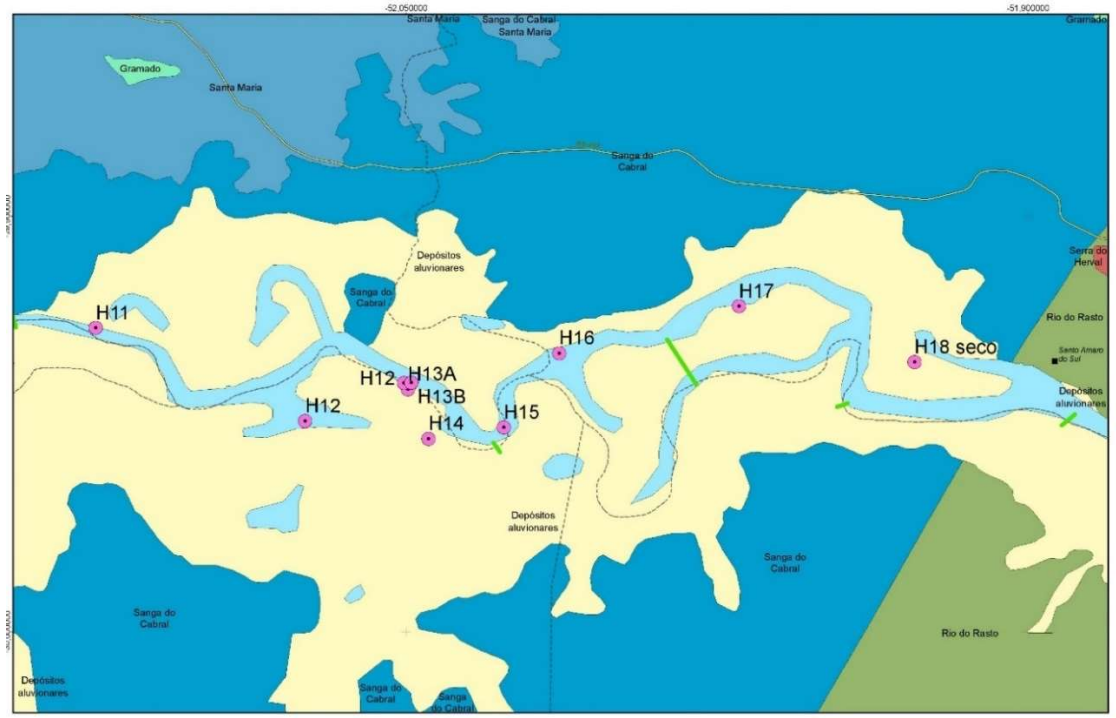


Figura 7.20 – Habitats amostrados no trecho de Classe 3: unidade geológica Sanga do Cabral; em ambiente de sedimentação Continental; em sistema de sedimentação Desértico, Fluvial Entrelaçado, sedimentação do tipo Barras arenosas/Barras conglomeráticas, tempestitos, com canal meandrante.

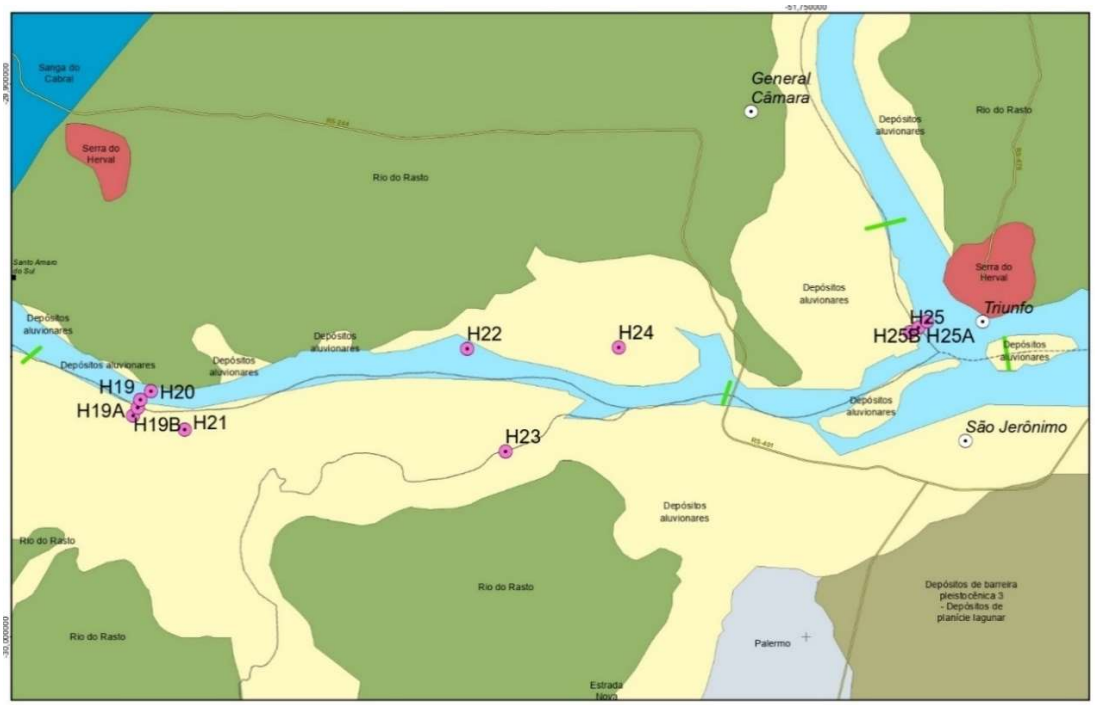


Figura 7.21 – Habitats amostrados no trecho de Classe 2: unidade geológica Rio do Rastro; em ambiente de sedimentação Continental; em sistema de sedimentação leque deltaico, rampa carbonática, sedimentação do tipo barras arenosas, face de praia, tempestitos, com canal entrelaçado.

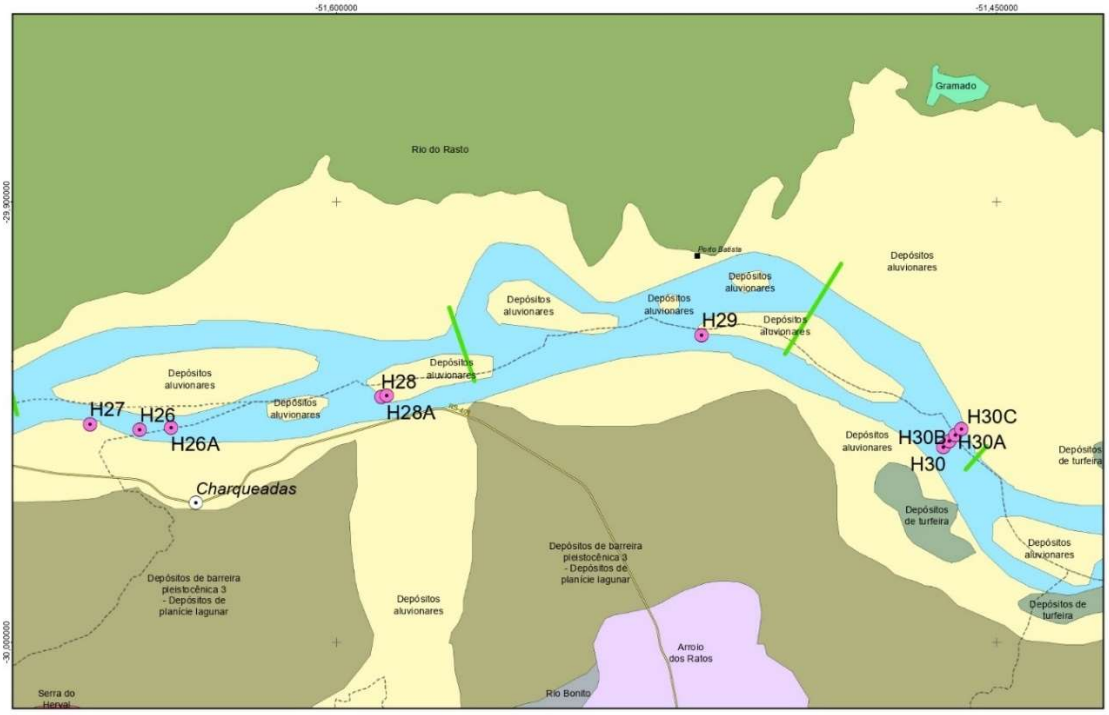


Figura 7.22 – Habitats amostrados no trecho de Classe 1: unidade geológica Rio do Rastro; em ambiente de sedimentação Continental Marinho Lacustre; em sistema de sedimentação leque deltaico, rampa carbonática, sedimentação do tipo barras arenosas, face de praia, tempestitos, com canal retilíneo.

7.2.1.2 Amostragem

As amostragens seguiram metodologia previamente aprovada pela FEPAM, assim como autorização para coleta e transporte de material emitido pelo mesmo órgão.

7.2.1.2.1 Perifíton

7.2.1.2.1.1 Algas Epifíticas

Para a amostragem de algas epifíticas foram recolhidas amostras de macrófitas aquáticas (talos e folhas) fixadas às margens de cada mesohabitat selecionado. Elas representam as tipologias de trechos, (quando) presentes em cada classe de trecho, no Rio Jacuí, e foram lavadas em laboratório para a remoção dos organismos. A amostra foi acondicionada em frascos âmbar de 250 mL e preservados com adição de formalina a 5 %, para posterior análise laboratorial. Na primeira campanha, algumas amostras foram também colhidas de espécies arbóreas com galhos pendentes sobre a lâmina d´água, devido à escassez de macrófitas na maioria dos locais amostrados, com a finalidade de ampliar registros sobre esta comunidade pouco conhecida. Na segunda campanha, apenas macrófitas flutuantes foram amostradas, com o objetivo de padronizar a amostragem.

7.2.1.2.1.2 Algas Epipélicas

Para a amostragem de algas epipélicas foram recolhidas amostras de substrato rochoso, quando presente, junto às margens de cada mesohabitat selecionado. O mesohabitat representa as tipologias de trechos, no Rio Jacuí, quando presentes, as quais foram lavadas em laboratório para a remoção dos organismos. A amostra foi acondicionada em frascos âmbar de 250 mL e preservados com adição de formalina a 5 %, para posterior análise laboratorial. Esta amostragem só foi possível e efetiva em cenários de águas baixas na maioria dos pontos, o que ocorreu na primeira campanha.

7.2.1.2.2 Fitoplâncton

Duas abordagens foram adotadas para a avaliação da comunidade fitoplanctônica:

a) Levantamento de amostragens exploratórias para avaliação do gradiente espacial em duas campanhas de campo. As amostras foram colhidas em distintas faixas de profundidade (superfície, meio e fundo) por meio de coleta utilizando garrafa de *Van Dorn*, no centro do canal em cada tipologia de trecho, uma vez que estas comunidades não têm relação estreita com mesohabitats e sua estrutura está sob influência da corrente. Na superfície foi ainda realizada uma coleta por meio de filtração, com a utilização de uma rede de plâncton com malha de 20 µm e uma bomba de sucção calibrada para concentrar 1.000 L de água. As amostras foram conservadas em formalina a 5 % até a realização da triagem.

b) Avaliação de situação estática e dinâmica de dragagem, abordagem experimental: amostragens de plâncton foram obtidas em três profundidades distintas com garrafa de *Van Dorn*: superfície, meio e fundo, a montante e a jusante de uma draga em operação. Ainda foi obtida uma amostragem de superfície por filtração, conforme mencionado anteriormente. Na primeira campanha, as amostragens se deram a 50 e 100 m da draga em operação, a montante e a jusante, assim como na margem esquerda e direita. No entanto, devido às grandes dimensões do canal no trecho, onde a draga operava, às amostragens de margem se situaram muito distantes do raio de efeito da extração, não permitindo estabelecer relações de causa e efeito com a atividade minerária. Além disso, o tempo necessário de deslocamento até às margens, provavelmente resultou em amostragem não relacionada à operação. Desta forma, na segunda campanha, apenas foram realizadas três amostragens de plâncton à jusante e montante da draga, nas três profundidades distintas: superfície, meio e fundo, cerca de 50 m de uma draga em operação.



Figura 7.23 – Procedimentos de coleta no Rio Jacuí. A, Coleta de amostras de plâncton com garrafa de Vand Dorn; B e C, coleta de plâncton com rede de 30 µm e bomba de porão; D, coleta de sedimento com *rock island*, seguido de lavagem em rede de 250 µm.

7.2.1.2.3 Zooplâncton

Duas abordagens foram adotadas para a avaliação da comunidade zooplanctônica:

a) Amostragens exploratórias para avaliação do gradiente espacial em duas campanhas de campo. As amostras foram colhidas em distintas faixas de profundidade (superfície, meio e fundo) por meio de coleta utilizando garrafa de *Van Dorn*, no centro do canal em cada tipologia de trecho, uma vez que estas comunidades não têm relação estreita com mesohabitats e sua estrutura está sob influência da corrente. Na superfície foi ainda realizada uma coleta por meio de filtração, com a utilização de rede de plâncton com malha de 20 µm, e uma bomba de sucção calibrada para concentrar 1.000 L de água. As amostras foram conservadas em formalina a 5 % até a realização da triagem. As comunidades não têm relação estreita com mesohabitats e sua estrutura está sob influência da corrente.

b) Avaliação de situação estática e dinâmica de dragagem, abordagem experimental: amostragens de plâncton foram obtidas em três profundidades distintas com garrafa de *Van Dorn*: superfície, meio e fundo, a montante e a jusante de uma draga em operação. Ainda foi obtida uma amostragem de superfície por filtração, como exposto no item anterior. Na primeira campanha, as amostragens se deram a 50 e 100 m da draga em operação, a montante e a jusante, assim como na margem esquerda e direita. No entanto, pelas mesmas razões expostas para o fitoplâncton, na segunda campanha foram realizadas três amostragens de zooplâncton à jusante e montante da draga, nas três profundidades distintas: superfície, meio e fundo, cerca de 50 m de uma draga em operação.

7.2.1.2.4 Macroinvertebrados aquáticos

Em cada mesohabitat selecionado representativo de uma tipologia de trecho foram obtidas amostras (seis réplicas) de sedimento para obtenção de macroinvertebrados bentônicos. As amostras foram obtidas com a utilização de amostrador *rock island*, uma vez que a utilização de dragas do tipo busca-fundo não permite amostrar a grande variedade de substratos do Rio Jacuí, que variam de lama a seixos e cascalho e assim impedem o completo fechamento da draga dependendo da granulometria. Os métodos de triagem seguiram Pereira *et al.* (2012a) e a determinação das taxas seguiu vasta literatura científica sobre organismos bentônicos.

7.2.1.3 Tratamento de dados

Uma série de procedimentos estatísticos por meio de análises multivariadas (apresentadas detalhadamente no Relatório RT6) e testes de significância foram utilizadas para identificar os padrões espaço temporais das comunidades de fitoplâncton, zooplâncton e macroinvertebrados resumidos neste produto. Como descritores foram considerados apenas os mesohabitats relacionados aos macroinvertebrados bentônicos, devido ao maior número de dados primários e secundários, além da relação mais estreita com o pacote sedimentar.

7.2.2 Ictiofauna

O levantamento de dados secundários permitiu a identificação de registros de mais de uma centena de espécies de peixes no trecho em apreço da bacia do Rio Jacuí. O caráter pontual dos estudos, via de regra adotado nos processos de licenciamento ambiental, não permitiu que se identificassem zonas que representassem situações diferenciadas com maior ou menor relevância para a conservação da fauna de peixes, e que permitissem apontar diretrizes para adoção de medidas de controle ambiental nos futuros processos de licenciamento ambiental de atividades de mineração de areia.

A partir deste ponto se promoveu uma discussão entre componentes da equipe, à semelhança da aplicação de consagrado método de avaliação de impactos ambientais baseado na experiência e na integração dos conhecimentos dos técnicos (*ad hoc*). Este procedimento foi apoiado por uma análise da cartografia e de imagens de satélite do sistema *Google Earth*. Como o objetivo precípuo deste estudo é a definição de zonas que devam receber atenção diferenciada em função de sua importância para a ictiofauna, são apresentadas as seguintes considerações que basearam a abordagem metodológica deste estudo:

- Muitas espécies de peixes apresentam preferência por determinados biótopos, algumas têm sua ocorrência estritamente relacionada à existência de determinado microambiente e outras conseguem se estabelecer indiscriminadamente ao longo do gradiente fisionômico do rio. Portanto, todos os microambientes do rio são potencialmente ocupados pela fauna íctica. A extensão do Rio Jacuí definida como área de estudo envolve grande heterogeneidade de ambientes aquáticos e as interações entre a calha principal do rio, afluentes, lagoas marginais, braços e áreas de transição multiplicam a variabilidade ambiental de habitats ocupados pela ictiofauna;
- A carência de estudos de autoecologia (reprodução, crescimento e alimentação das espécies) na bacia hidrográfica constatada na revisão de dados secundários para a ampla maioria das mais de cem espécies ocorrentes ilustra a complexidade deste tipo de estudo que exige, por exemplo, a realização de campanhas mensais por no mínimo um ciclo anual completo (Vazzoler, 1981), situação que extrapola o escopo deste zoneamento;

- Além dos aspectos populacionais (autoecologia), a relevância ecológica para a ictiofauna dos mais variados ambientes ao longo da área de estudo, ferramenta fundamental para um zoneamento, deve considerar a estrutura da taxocenose dos peixes, ou seja, composição específica das comunidades e suas relações de abundância. A abordagem para tal, considerando as dimensões da área de estudo e a complexidade de habitats existente, demandaria densa malha de pontos de amostragem, os quais deveriam ser replicados em cada tipo de ambientes até a suficiência amostral e a significância estatística (Tomanova *et al*, 2013, Ferraz, 2012, Schloesser, 2008, Lapointe & Corkum, 2006), o que mais uma vez extrapola o escopo deste zoneamento.

Com base nas considerações acima, adotou-se a seguinte abordagem metodológica:

1) Revisão bibliográfica de dados secundários

A revisão da literatura foi focada nos temas: impactos de mineração de areia; reprodução (processos em rios); tipologias de habitat da ictiofauna de rios; sendo desdobrada em subtemas sempre que sugerido pela análise do material compilado. As consultas foram realizadas junto a artigos científicos, trabalhos técnicos e coleções científicas.

2) Análise exploratória em imagens de satélite identificando ambientes reconhecidamente importantes para a ictiofauna:
   a. Ambientes aquáticos marginais (lagoas com e sem conexão aparente, braços de rio isolados ou conectados);
   b. Foz de afluentes (rios e riachos);
   c. Praias;
   d. Conexões entre ambientes aquáticos e a calha do rio.
3) Formulação de um protocolo de avaliação de ambientes aquáticos incluindo critérios de qualificação de trechos de rio:
   a. Mata ciliar presente ou não;
   b. Macrófitas aquáticas presentes ou não;
   c. Presença de ambientes marginais colonizáveis pela ictiofauna;
   d. Informações sobre espécies comerciais junto a pescadores.
4) Execução de vistorias embarcadas ao longo de trechos pré-estabelecidos considerando a presença dos ambientes mapeados e locais de acesso ao rio, para aplicação do protocolo de avaliação;
5) Execução de amostragens direcionadas às diferentes tipologias de ambientes avaliados, para ratificação da análise ambiental, utilizando artes de pesca consagradas em levantamentos ictiofaunísticos (Malabarba & Reis, 1987);

6) Avaliação da distribuição dos ambientes ao longo da área de estudo de maneira a compor um mosaico de classificação de importância ambiental para a taxocenose dos peixes de toda a área de estudo;

7) Uma vez qualificados e georreferenciados os ambientes, foi elaborado o mapa de classificação de importância ambiental para a ictiofauna de toda a área de estudo com base em informações bibliográficas para as espécies potencialmente ocorrentes no Rio Jacuí ou similares que já tenham sua autoecologia estudada em outras bacias hidrográficas e também nos resultados das amostragens. A partir desse mapeamento foi possível definir as zonas de maior ou menor importância para a fauna de peixes.

7.2.2.1 Áreas de amostragem

A definição das áreas de amostragem voltadas ao diagnóstico da fauna de peixes realizada a partir da análise exploratória em imagens de satélite e considerando a geomorfologia do rio, identificando ambientes reconhecidamente importantes para a ictiofauna. A realização das amostragens foi direcionada às tipologias de ambientes com as seguintes características:

1) Barras arenosas – porções de margem com deposição de sedimentos arenosos em margens ou ilhas, geralmente, expostas à correnteza do rio.

2) Ambientes aquáticos marginais – acúmulos de água fora do leito principal, podendo ser:

    - Lagoas marginais – corpos de água permanentemente ou sazonalmente isolados;
    - *Backwaters* – corpos de água com clara conexão com o rio, localizada na sua porção mais a jusante;
    - *Forewaters* – corpos de água com clara conexão com o rio, localizada na sua porção mais a montante;
    - Outras áreas úmidas – porções visíveis nas imagens de satélite geralmente associadas a antigos trechos do leito do rio.

3) Foz de arroios – correspondem a curso de água de pequeno porte e que nas imagens de satélite não possuem espelho d'água visível, Via de regra, possuem extensão relativamente pequena em relação aos rios.

4) Foz de rios – correspondem a cursos de água de maior porte e de grandes extensões. Distinguem-se dos arroios por apresentarem espelho d'água visível (descoberto de mata ciliar) na sua zona próxima à foz, característica de região potamal, segundo o conceito de River Continuum (VANNOTE *et al.*).

O Quadro 7.7 apresenta exemplos dos tipos de ambientes identificados no Rio Jacuí como importantes para a ictiofauna.

Uma vez mapeados os ambientes, procedeu-se à análise da logística para acesso a locais com concentrações desses pontos de interesse e que apresentassem maior diversidade de tipologias, favorecendo a representatividade das amostragens. O resultado da combinação desses fatores foi a identificação de quatro trechos do rio que se constituíram em zonas de amostragem e vistorias, baseados nos seguintes municípios:

- Cachoeira do Sul;
- General Câmara (localidade de Santo Amaro do Sul);
- Rio Pardo;
- Triunfo.

Quadro 7.7 – Exemplos de ambientes mapeados como relevantes para a ictiofauna no Rio Jacuí.

Lagoa marginal (Lat.:-30,048º / Long.:-52,802º)	***Backwater* (Lat.:-29,982º / Long.:-51,417º)**
	
***Forewater* (Lat.:-30,015º / Long.:-52,998º)**	**Foz de arroio (Lat.:-30,083º / Long.:-52,889º) Foz de rio (Lat.:-30,081º / Long.:-52,885º)**
	
Barras arenosas (Lat.:-30,061º / Long.:-52,811º)	**Foz de rio (Lat.:-29,994º / Long.:-52,384º) Barra arenosa (Lat.:-29,996º / Long.:-52,390º)**
	

Quadro 7.7 – Exemplos de ambientes mapeados como relevantes para a ictiofauna no Rio Jacuí.

Foz de rio (Lat.:-30,048º / Long.:-52,967º)	Lagoa marginal (Lat.:-30,055º / Long.:-52,961º)
	

No mês de maio/2019 foram realizadas duas expedições a campo, nas áreas de Triunfo (Figura 7.24) e Rio Pardo (Figura 7.25), quando foram realizadas amostragens em 12 locais. Já no mês de junho/2019 foi realizada a terceira expedição a campo, abrangendo a área do Distrito de Santo Amaro do Sul em General Câmara (Figura 7.26), contemplando outros 10 locais. Em setembro/2019 a área de Cachoeira do Sul foi alvo das amostragens realizadas em 14 locais (Figura 7.27 e Figura 7.28). Sendo assim, as amostragens para este zoneamento foram realizadas em 36 locais distintos ao longo da área de estudo.



Figura 7.24 – Localização dos pontos de referência para amostragem na região de Triunfo.

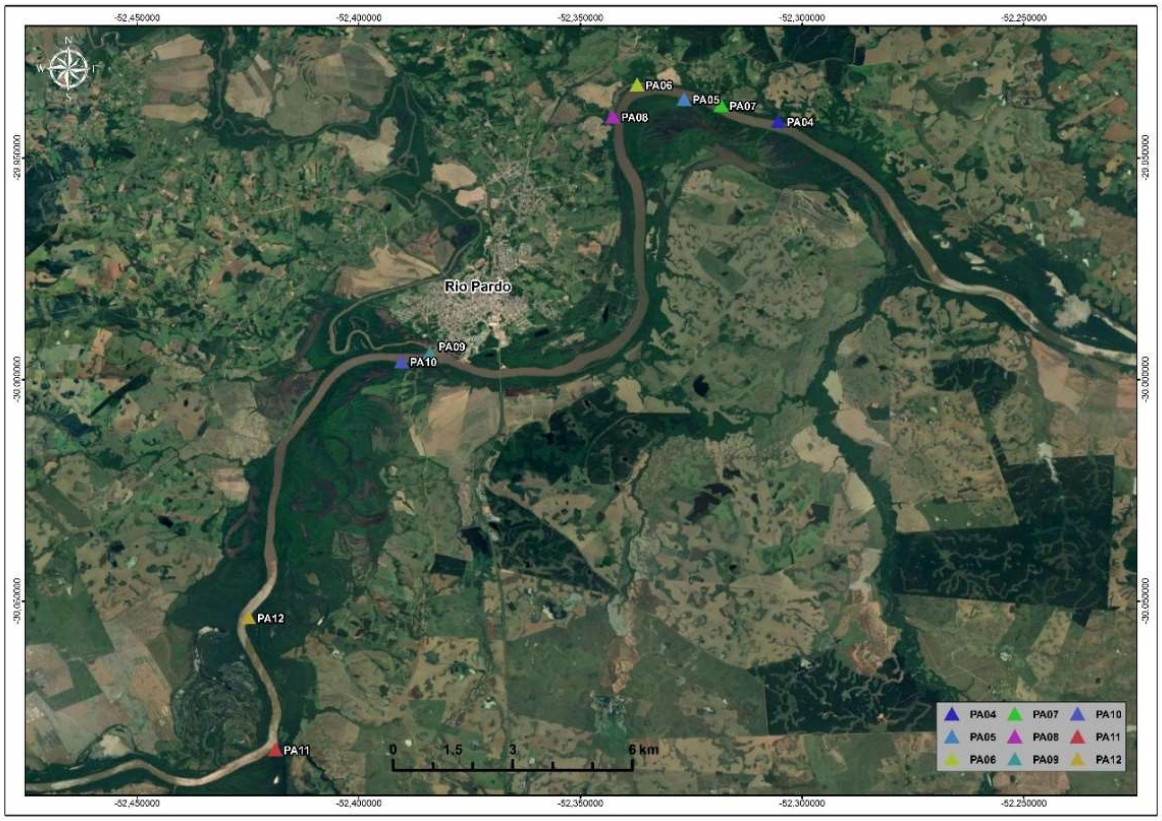


Figura 7.25 – Localização dos pontos de referência para amostragem na região de Rio Pardo.

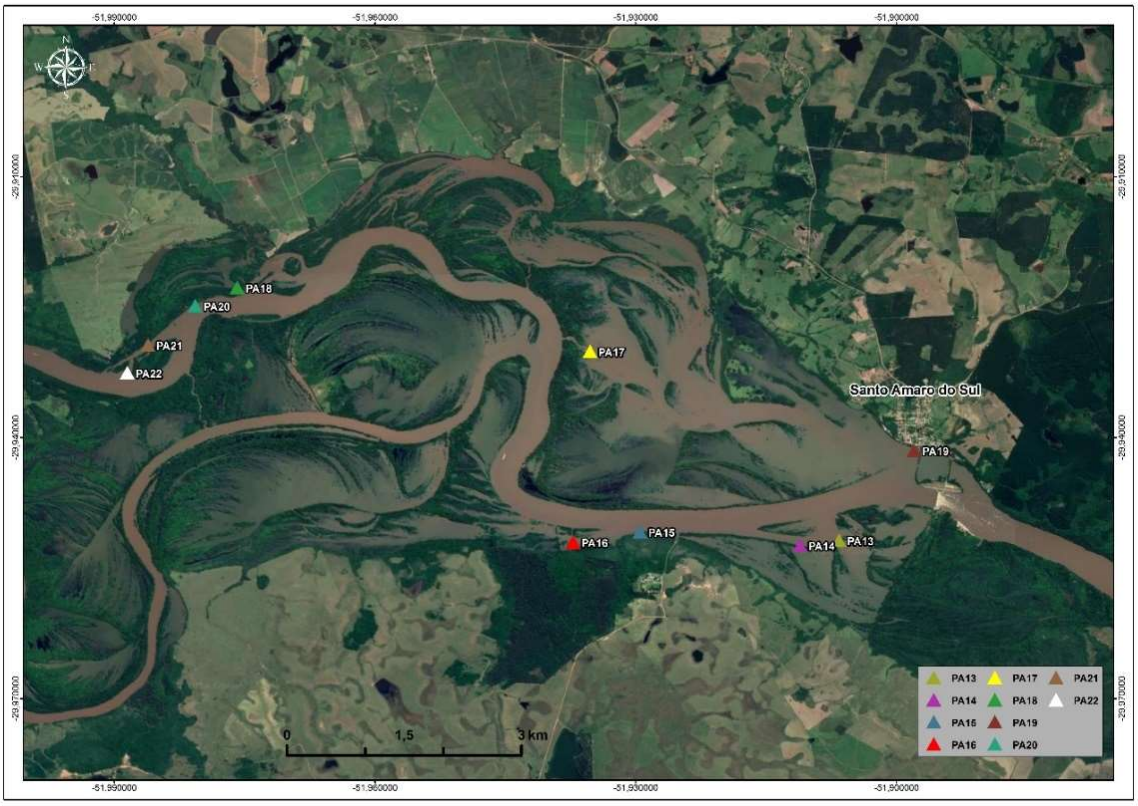


Figura 7.26 – Localização dos pontos de referência para amostragem na região de General Câmara (Santo Amaro do Sul).



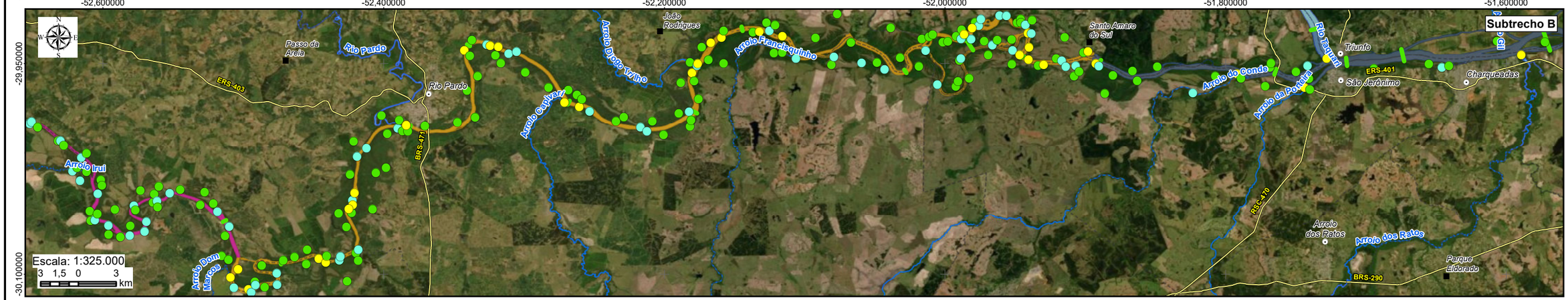
Figura 7.27 – Localização dos pontos de referência para amostragem na região de Cachoeira do Sul – montante da cidade.

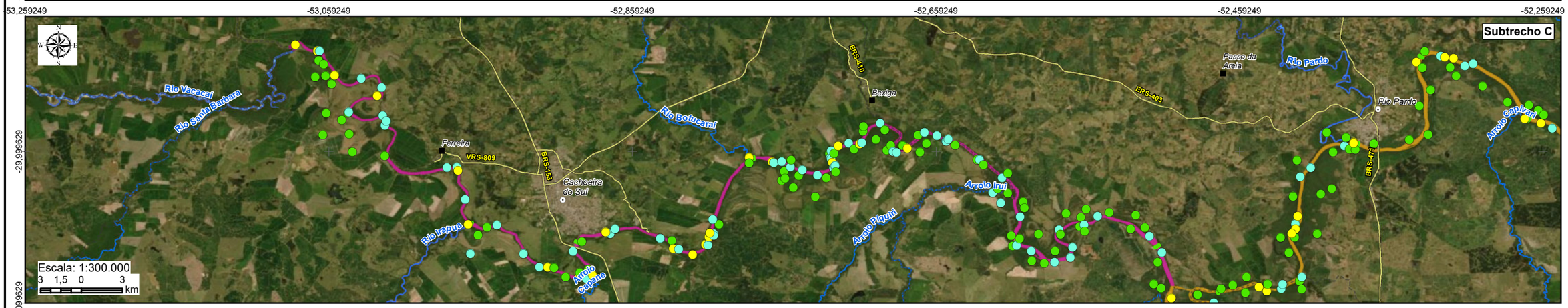


Figura 7.28 – Imagem de satélite ilustrando os pontos de referência para as áreas de amostragem na região de Cachoeira do Sul – jusante da cidade.

No Mapa 7.5 é apresentada a distribuição dos ambientes importantes para a ictiofauna identificados ao longo da área de estudo.







LEGENDA

- Sede municipal
- Vila
- Rodovia
- Rios principais
- Limite municipal

Rio Jacuí

- Subtrecho A
- Subtrecho B
- Subtrecho C

- Seções de referência

Tipo de ambiente

- Foz de Rios, arroios e conexões
- Ambientes Marginais
- Praias



Elaboração: PROFILL

RELATÓRIO FINAL

ZONEAMENTO AMBIENTAL PARA A ATIVIDADE DE MINERAÇÃO DE AREIA NOS CURSOS MÉDIO E BAIXO DO RIO JACUÍ

Contratação e fiscalização: Fepam

Sistema de Coordenadas Geodésicas Sistema Geodésico de Referência SIRGAS2000 Escala: Indicada	**Mapa 7.5 - Ambientes Importantes para Ictiofauna**	Fonte de dados: - Sede municipal: SEMARS (2018) - Limite municipal: SEMARS (2018) - Rodovia: SEMARS (2018) - Hidrografia: DRH/SEMA (2015) - Subtrechos: Adaptado de DRH/SEMA (2015) - Seções, sondagens: Profill (2019) - Tipos de ambiente: Profill (2019)

7.2.2.2 Artes de pesca e amostragem da ictiofauna

A amostragem da ictiofauna foi baseada na aplicação de três artes de pesca de utilização consagrada para levantamentos expeditos, a saber: redes de espera, tarrafas e redes de arrasto de margem (doravante nominadas picarés).

- **Redes de espera**: foram utilizadas baterias compostas de quatro redes de espera simples com malhas 15 mm, 25 mm, 35 mm e 55 mm entre nós adjacentes, e 20 m de comprimento cada. As redes de espera permaneceram ativas pelo período aproximado de 12 horas em cada ponto onde foram aplicadas (Figura 7.29).



Figura 7.29 – Biólogos revisando rede de espera instalada em afluente do Rio Jacuí (PA17).

- **Tarrafa**: consiste em uma rede circular de arremesso manual. Foram utilizadas duas tarrafas com tamanhos de malha distintos. Uma com 2,5 m de altura, 12 m de circunferência e malha com 12 mm de espaçamento entre nós adjacentes; e outra com 3,0 m de altura, 20 m de circunferência e 25 mm de espaçamento entre nós adjacentes (Figura 7.30).



Figura 7.30 – Biólogo executando arremesso de tarrafa no Rio Jacuí (PA05).

- **Rede de arrasto do tipo picaré:** consiste em uma rede de malha simples e muito fina (5 mm de espaçamento entre nós adjacentes), em formato retangular (10 m x 2 m), equipada com boias de isopor na porção superior e pesos de chumbos na porção inferior (Figura 7.31).



Figura 7.31 – Equipe de biólogos realizando arrasto de margem no Rio Jacuí (PA10).

Cabe ressaltar que inicialmente também estava prevista a utilização de puçá, o qual consiste em uma rede de malha muito fina (0,5 mm entre nós adjacentes) costurada em forma de saco, com a abertura presa a uma armação de ferro de tamanho variável e geralmente retangular, ligada a uma haste com aproximadamente 1,2 m de comprimento. Contudo, ao encerramento da primeira campanha de amostragem já foi possível concluir que arte de pesca não se aplica à área de estudo devido à fisionomia do Rio Jacuí. O Quadro 7.8 resume as artes de pesca e respectivos esforços amostrais aplicados em cada ponto de amostragem.

Quadro 7.8 – Lista dos pontos de amostragem da ictiofauna estabelecidos no Rio Jacuí, incluindo artes de pesca e esforço amostral aplicado nas três campanhas realizadas.

PA	Metodologia/Esforço			PA	Metodologia/Esforço		
	Arrastos	Lanços de Tarrafa	Redes de espera		Arrastos	Lanços de Tarrafa	Redes de espera
PA01	5	-	-	PA19	2	-	-
PA02	-	10	-	PA20	-	15	-
PA03	3	-	12 h	PA21	-	15	-
PA04	3	-	-	PA22	2	15	
PA05	2	-	-	PA23	-	-	12h
PA06	-	20	-	PA24	-	15	12h
PA07	2	10	-	PA25	2	3	-
PA08	-	-	12 h	PA26	-	-	12h
PA09	2	-	-	PA27	-	-	12h
PA10	3	-	-	PA28	-	15	-
PA11	-	10	-	PA29	5	30	-
PA12	3	-	-	PA30	3	-	-
PA13	-	-	12 h	PA31	-	-	12

PA	Metodologia/Esforço			PA	Metodologia/Esforço		
	Arrastos	Lanços de Tarrafa	Redes de espera		Arrastos	Lanços de Tarrafa	Redes de espera
PA14	-	15	-	PA32	2	10	-
PA15	4	-	-	PA33	2	30	-
PA16	2	-	-	PA34	-	10	-
PA17	-	-	12 h	PA35	-	10	12
PA18	-	10	12 h	PA36	-	-	12

7.2.2.3 Análise de dados

Os resultados obtidos através das campanhas de amostragem foram analisados sob os seguintes aspectos: riqueza, abundância, similaridade e curva de acúmulo de espécies. As análises numéricas foram realizadas com auxílio do programa estatístico PAST 3.10 (HAMMER e HARPER, 2001).

A riqueza de espécies foi abordada através do número total de espécies registradas em cada ponto e para a área de estudo como um todo, constituindo-se em um parâmetro puramente qualitativo.

A abundância de exemplares foi abordada de duas maneiras: Abundância Absoluta e Abundância Relativa. Abundância Absoluta corresponde ao número absoluto de exemplares capturados em cada ponto e na área de estudo como um todo. A Abundância Relativa foi calculada a partir da divisão do número de exemplares de determinada espécie pelo número total de exemplares (abundância absoluta) do respectivo ponto de amostragem e na área de estudo como um todo. Portanto, ambos os parâmetros de abundância utilizados neste estudo são puramente quantitativos.

A similaridade entre as taxocenoses de peixes encontradas em cada ponto de amostragem foi aferida através do Índice de Similaridade de Bray-Curtis, escolhido por incorporar as abundâncias relativas das espécies em sua fórmula (além da presença ou ausência de espécies), constituindo-se em um índice quali-quantitativo e desta forma mais completo. A partir de uma matriz de abundancias de espécies o programa utilizado realiza uma análise por agrupamento (*clustering*) por áreas de trabalho através do método de ligação completa (KREBS, 1999), o que permite analisar inclusive graficamente o quanto se assemelham às comunidades das diferentes áreas de trabalho em termos de composição de espécies.

Cabe ressaltar que durante a realização das campanhas de monitoramento foi conferida especial atenção às espécies ameaçadas de extinção, consultadas em nível internacional de acordo com o banco de dados da União Internacional para Conservação da Natureza (IUCN, 2019), em nível nacional de acordo com a Portaria nº 445, de 17 de dezembro de 2014 (MMA, 2014), e em nível estadual de acordo com Decreto Estadual nº 51.797, de 8 de Setembro de 2014 (RIO GRANDE DO SUL, 2014).

7.2.3 Fauna Terrestre

Além do levantamento das informações bibliográficas apresentadas no Item 5.2 Estudos da fauna terrestre (margens e app), também foram realizadas expedições de vistoria voltadas para avaliação da fauna terrestre e do estado de conservação da mata ciliar, nas mesmas áreas de avaliação da ictiofauna. Em cada local foi preenchida uma ficha de campo que continha os seguintes itens observados:

- Data
- Hora
- Margem
- Erosão em margem
- Mata ciliar:
  - Altura (B=baixa: 0-5 m; M=média: 5-10 m; A=alta: mais de 1 0m)
  - Sub-bosque (A=aberto; F=fechado)
  - Presença de construções
  - Presença de acampamento
- Vestígios de fauna

Quanto aos aspectos de largura e conectividade da mata ciliar, os locais foram avaliados em imagem de satélite através do sistema Google Earth e foram classificados conforme os critérios abaixo.

Largura (Figura 7.32**)**:

0 – mata ciliar inexistente
1 – estreita – até aproximadamente 30 m
2 – intermediária – de 30 m até aproximadamente o limite da área de estudo
3 – larga – extrapola a área de estudo

Conectividade (Figura 7.33**)**:

0 – mancha isolada
1 – conexão com ou através de mata ciliar de largura tipo 1
2 – conexão limitada à área de estudo
3 – conexão que extrapola a área de estudo e/ou conexão com mata ciliar de afluentes

É importante ressaltar que os aspectos relacionados à identificação de locais de refúgio, reprodução e alimentação, considerando margens e áreas de preservação permanente estão incorporados na análise dos atributos da paisagem (largura e conectividade da mata ciliar) como indicativos de integridade biótica dos locais avaliados. Essa assertiva encontra respaldo no fato de que quanto mais íntegros os remanescentes de mata ciliar maior será sua efetividade como habitat contemplando locais de refúgio, reprodução e alimentação para elementos da fauna terrestre.

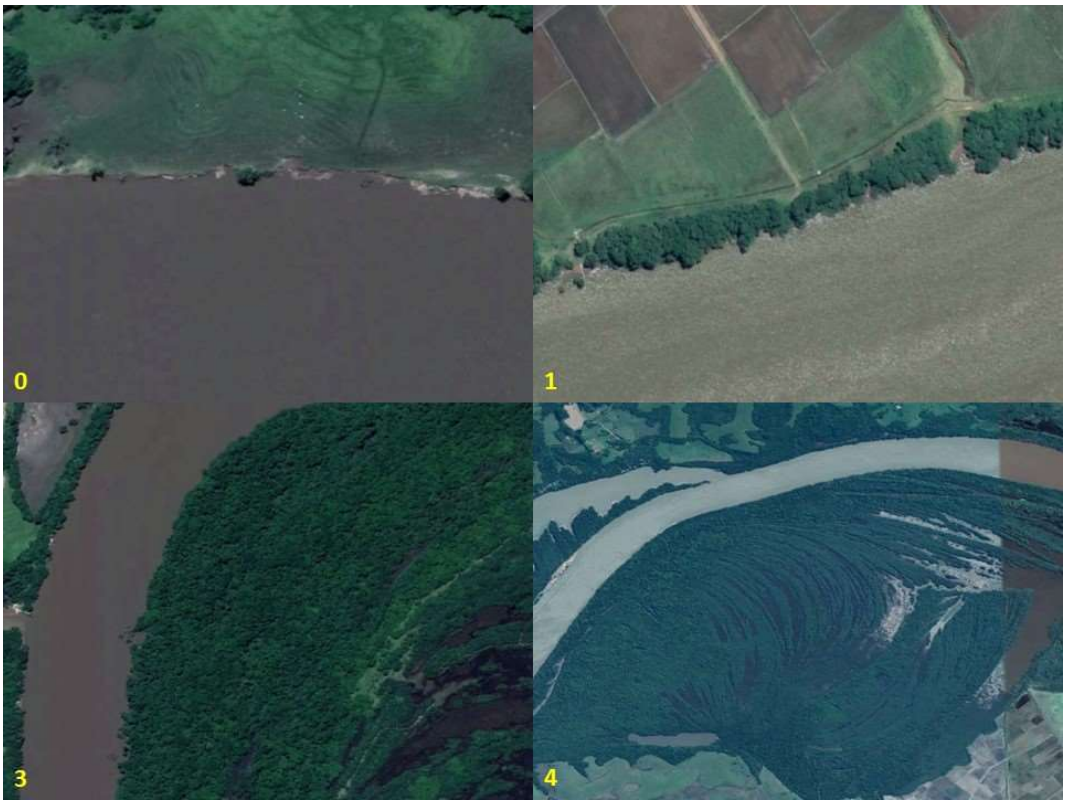


Figura 7.32 – Exemplos de avaliações de largura de mata ciliar.
Fonte: Adaptado de Google Earth (2019).



Figura 7.33 – Exemplos de avaliações de conectividade de mata ciliar.
Fonte: Adaptado de Google Earth (2019).

7.3 Meio Socioeconômico

7.3.1 Inspeções de campo, Vistorias, Aplicação de entrevistas e Pesquisas com os atores ou Instituições Sociais de interesse

7.3.1.1 Introdução e objetivos

O levantamento de dados socioeconômicos objetivou, através da análise dos dados quantitativos e qualitativos, técnica da triangulação de informações, o conhecimento da dinâmica de usos e interações socioambientais e da dinâmica de usos dos recursos hídricos e ambientais na área de estudo.

A abordagem, por conta dos objetivos do projeto - Zoneamento ambiental para a Atividade de Mineração de Areia nos Cursos Médios do Rio Jacuí - é do tipo descritiva com base no levantamento de dados junto às prefeituras da área de estudo, levantamento de usos e ocupações às margens do rio, entrevistas com lideranças sociais, pescadores. Para as entrevistas optou-se em dar foco nas comunidades que vivem da pesca, bem como organizações sociais e com responsáveis por atividades econômicas em interação com o rio.

O trabalho realizado possibilita tanto uma abordagem geral como espacializada pelas frações (área de estudo) dos territórios municipais às margens do rio. Assim, é possível destacar, município a município, os aspectos mais relevantes de cada município (ao longo da área em estudo) que apresentam interesse objetivo a realização do respectivo zoneamento socioambiental em curso.

Por fim, cabe ressaltar que neste item é apresentado um resumo da metodologia envolvida na coleta e análise dos dados socioeconômicos primários, sendo que a análise integrada das diversas fontes de informação consideradas no âmbito deste zoneamento ambiental está apresentada a seguir no Capítulo 9. Diagnóstico Consolidado.

7.3.1.2 Metodologia de Pesquisa

A primeira fase da pesquisa de campo foi realizada entre os dias 15 a 19 de julho de 2019, nos municípios de Cachoeira do Sul, Rio Pardo, Vale Verde, General Câmara e São Jerônimo. A segunda fase foi realizada entre os dias 30 de agosto e 2 de setembro de 2019 nos municípios de Triunfo e Charqueadas.

Interessante ressaltar que os municípios de Minas do Leão, Butiá e Eldorado do Sul não apresentam dados primários, visto que, por meio da análise de imagens de satélite, não exibem aspectos relevantes para o meio socioeconômico como edificações nem aglomerados urbanos na área em estudo, fato que, até mesmo, impossibilita a aplicação de entrevistas. Tal constatação ainda será confirmada em contatos com as instituições locais. No caso de Pantano Grande, também sem aspectos relevantes na área em estudo, foi informado pelo Secretário Municipal de Agricultura (em visita a secretaria) que a área territorial do município, inclusive, não se estendia até o Rio Jacuí, o que, segundo dados do IBGE, não se confirma. Com essa informação se observa ao menos uma baixa relação do poder público com o rio.

O método de pesquisa é o de triangulação de dados é uma técnica que permite ao pesquisador trabalhar com fontes de informações primárias coletadas através de questionários semiestruturados, observações de campo com georreferenciamento dos aspectos notáveis e relevantes para a segunda fase do projeto, o zoneamento. Dada as especificidades dos segmentos pesquisados foram aplicados questionários específicos por segmentos.

No tocante à atividade pesqueira, dada a dinâmica de deslocamento e, notadamente, a possibilidade de identificação de áreas de pesca (mapa da pesca) se necessário será aplicado em um segundo momento pesquisa com grupos focais. A identificação da dinâmica de uso dessa atividade, pela sua mobilidade ao longo do rio, é um dos pontos relevantes para os procedimentos de zoneamento.

Desta forma, o diagnóstico do meio socioeconômico foi estruturado em 8 temas apresentados por subtrechos da área de estudo:

- Estrutura Econômica e Organização Social;
- Usos da Água;
- Pesca;
- Captação de Água para Consumo Humano;
- Mineração de Areia e demais Atividades de Mineração;
- Inventário de Estruturas, Balneários, Obras Civis e Ocupação das Margens;
- Áreas Legalmente Protegidas;
- Áreas Prioritárias para Compensação Ambiental.

Lembrando que a área de estudo está dividida, no sentido longitudinal, em 3 (três) subtrechos:

- Subtrecho A: da foz do Rio Jacuí até a eclusa de Amarópolis (em General Câmara);
- Subtrecho B: da Eclusa de Amarópolis até a eclusa do Anel de Dom Marco (no município de Rio Pardo);
- Subtrecho C: da eclusa do Anel de Dom Marco até a Barra do Rio Vacacaí (em Cachoeira do Sul).

Já no sentido transversal, foi utilizada a área correspondente a uma faixa de 500m ao longo de cada margem do Rio Jacuí.

A divisão da área de estudo em três subtrechos objetiva, na fase posterior (zoneamento), o estabelecimento de “pesos” diferentes para um mesmo critério/tema utilizado para a realização do zoneamento. Um critério “X” poderá ter peso “X1” e um trecho “X2” em

outro critério. O Quadro 7.9 e Quadro 7.10, encontra-se à disposição dos municípios conforme os subtrechos para cada margem do Rio Jacuí.

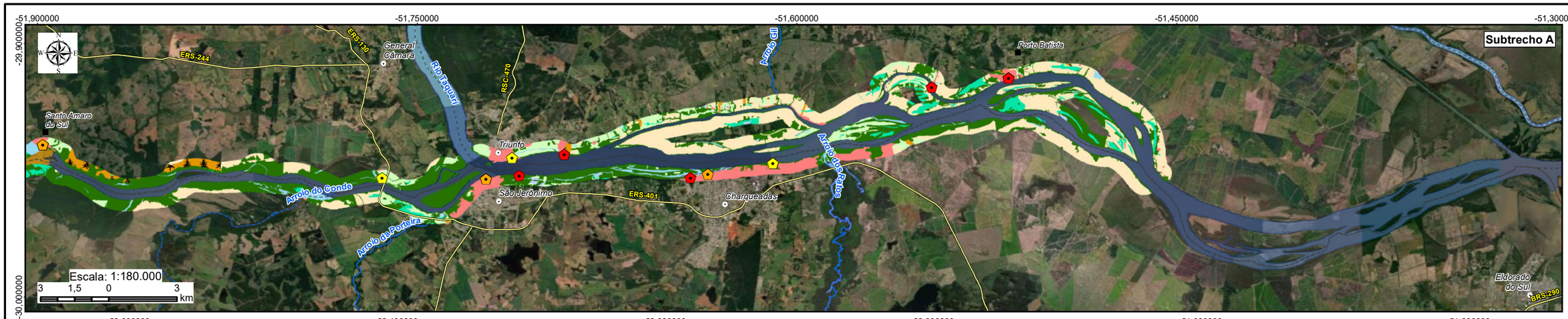
Quadro 7.9 – Disposição dos municípios conforme os subtrechos – margem esquerda.

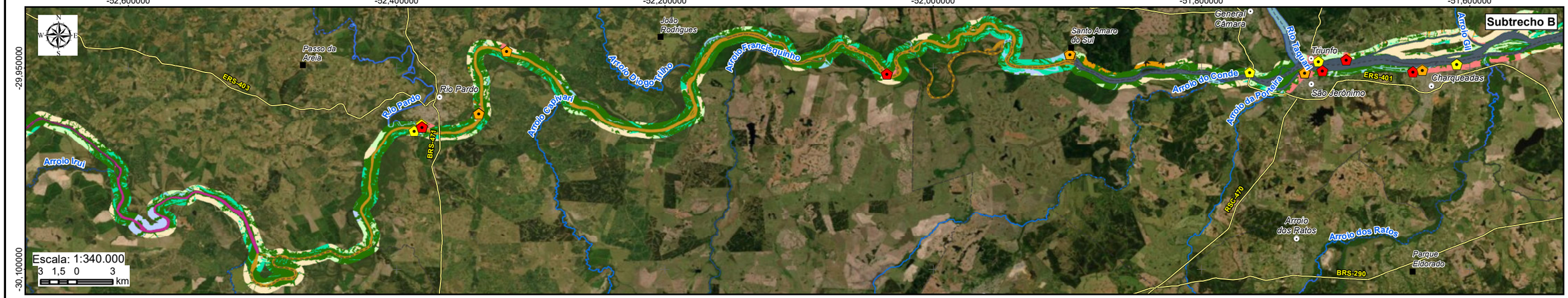
Jusante <-- Montante	Município	Subtrecho
	Cachoeira do Sul	Subtrecho C
	Rio Pardo	
	Vale Verde	Subtrecho B
	General Câmara	
	Triunfo	Subtrecho A

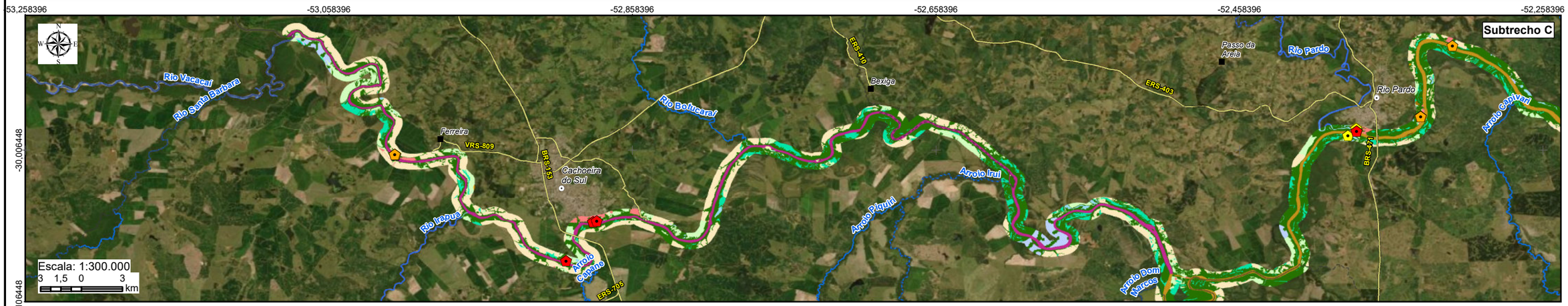
Quadro 7.10 – Disposição dos municípios conforme os subtrechos – margem direita.

Jusante <-- Montante	Município	Subtrecho
	Cachoeira do Sul	Subtrecho C
	Rio Pardo	
	Pantano Grande	Subtrecho B
	Rio Pardo	
	Minas do Leão	
	Butiá	
	São Jerônimo	Subtrecho A
	Charqueadas	
	Eldorado do Sul	

Os segmentos pesquisados foram: a) atividades pesqueiras, b) atividades econômicas na área de estudo, C) organizações sociais com interesse no estudo em curso e órgão públicos. A representatividade estatística não é foco desse estudo e sim a compreensão da dinâmica dos usos múltiplos dos recursos hídricos e, especialmente, a geolocalização de pontos notáveis, quer sejam de instalações físicas, quer sejam de práticas de lazer e do patrimônio histórico material e imaterial. Foram aplicadas 12 entrevistas junto às Prefeituras e Emater, 6 entrevistas com organizações sociais, 19 entrevistas em atividades comerciais e de lazer e 34 entrevistas com pescadores. A seguir, o Mapa 7.6 apresenta a espacialização das entrevistas realizadas.







LEGENDA

- Sede municipal
- Vila
- Rodovia
- Rios principais
- Massa d'água

Rio Jacuí

- Subtrecho
- Subtrecho B
- Subtrecho C
- Limite municipal

Localização e Tipo das Entrevistas Socioeconômicas

- Atividade Produtiva
- Organização Social
- Pescador

Uso do Solo

- Agricultura
- Areia
- Campos/Pastagem
- Corpos d'água
- Florestas
- Mineração
- Mosaico Florestas/Áreas Úmidas
- Silvicultura
- Área Urbana
- Áreas Úmidas



Elaboração: PROFILL

RELATÓRIO FINAL

ZONEAMENTO AMBIENTAL PARA A ATIVIDADE DE MINERAÇÃO DE AREIA NOS CURSOS MÉDIO E BAIXO DO RIO JACUÍ

Contratação e fiscalização: Fepam

Sistema de Coordenadas Geodésicas
Sistema Geodésico de Referência SIRGAS2000
Escala: Indicada

Mapa 7.6 - Espacialização das entrevistas com atores e instituições sociais de interesse

Fonte de dados:
- Sede municipal: SEMARS (2018)
- Limite municipal: SEMARS (2018)
- Rodovia: SEMARS (2018)
- Hidrografia: DRH/SEMA (2015)
- Subtrechos: Adaptado de DRH/SEMA (2015)
- Uso do Solo: FZB (2019)
- Entrevistas: Profill (2019)

8 HIDROLOGIA

Neste item é apresentada a caracterização da bacia, as condições hidrológicas levantadas e a regionalização das vazões que foram empregadas no modelo hidrossedimentométrico.

O Rio Jacuí possui cerca de 710 km de extensão e corresponde ao maior rio do Rio Grande do Sul. As principais nascentes estão nos municípios de Passo Fundo e Marau no Planalto norte do RS, onde o rio corre inicialmente para a direção sudoeste até a Depressão Central quando recebe as águas dos rios Vacacaí-mirim e Vacacaí na margem direita. Daí toma a direção oeste-leste quando recebe a contribuição do Rio Taquari na margem esquerda percorrendo cerca de 300 km até sua foz, quando forma o Delta do Jacuí, onde desembocam também os rios Gravataí, Sinos e Caí (FEPAM, 2014).

A delimitação das sub-bacias e da caracterização da rede hidrográfica e altimetria da área de estudo, referente ao trecho de aproximadamente 246 km do Rio Jacuí, entre a Barra do Rio Vacacaí e a foz do Rio Jacuí foi realizada a partir de trabalhos já consolidados na base cartográfica disponível para o Estado. Dentre esses trabalhos, pode-se citar o Plano da Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí, cujos cursos médio e baixo do Rio Jacuí, objeto deste estudo, já se encontram integralmente inseridos nesta bacia, o Zoneamento Ambiental da Silvicultura – Diretrizes da Silvicultura por Unidade de Paisagem e Bacia Hidrográfica (SEMA, 2010), a Base Cartográfica Vetorial Contínua do Rio Grande do Sul (Hasenack, H.; Weber, 2010) e o Projeto de Estruturação do Desenvolvimento Hidroviário no Rio Grande do Sul (Hidrovia Brasil – Uruguai) SEINFRA/DNIT.

O Mapa 9.15 apresenta a hidrografia das bacias contribuintes do Rio Jacuí, descritas anteriormente, com indicação dos principais formadores. Este mapa foi elaborado a partir do modelo hidrológico SWAT, tendo como base o modelo digital de elevação para o estado do Rio Grande do Sul fornecido por Weber *et al.* (2004).

De acordo com a delimitação das sub-bacias e seus principais afluentes, foram definidas 14 sub-bacias com contribuição pontual (Rio Jacuí – trecho montante, Rio Vacacaí, Rio Irapuã, Arroio Capané, Rio Botucaraí, Arroio Iruí, Arroio Dom Marco, Arroio Tabatingai, Rio Pardo, Arroio Capivari, Arroio Francisquinho, Arroio do Conde, Rio Taquari e Arroio dos Ratos e; 6 sub-bacias com contribuição lateral. Com relação as sub-bacias com tipo de contribuição lateral, a delimitação foi adaptada do Plano da Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí, ou seja, foi realizada uma subdivisão destas sub-bacias afim de facilitar a inserção de dados no modelo hidrodinâmico.

As simulações hidrodinâmicas e de sedimentos foram realizadas considerando o escoamento decorrente de condições hidrológicas médias, ou seja, a partir dos dados de vazões médias (no Jacuí e afluentes) e considerando a sazonalidade do regime hidrológico da bacia, foi gerado um hidrograma sintético de vazões médias mensais, com duração de um ano. Mais detalhes sobre este procedimento estão descritos no item 3.3, relativo à Regionalização de Vazões, a seguir.

A escolha por utilizar condições hidrológicas médias se deu em função da disponibilidade dos dados de granulometria, que foram levantados nas campanhas de campo deste trabalho. Trata-se de um parâmetro bastante sensível na simulação do transporte de sedimentos, e não há disponibilidade de informações granulométricas para eventos extremos (máximos e mínimos).

Quando comparadas com as duas campanhas de campo (1ª campanha: janeiro – março; 2ª campanha: outubro – dezembro), observa-se que os dados de vazões médias (utilizados nas simulações) são similares aos resultados da 2ª campanha. Na Figura 8.1, apresenta-se tal comparativo, indicando tal semelhança em quase todas as seções de referência, com exceção da seção 1, na qual o valor medido é superior, provavelmente atribuído a efeito de remanso do lago Guaíba próximo a foz do Rio Jacuí.

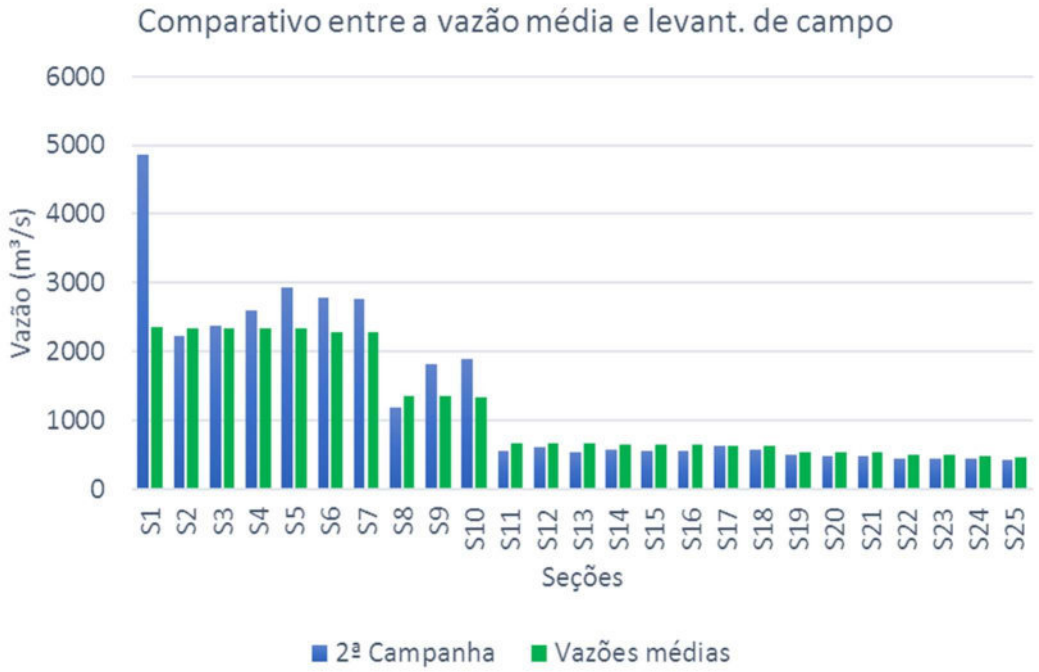


Figura 8.1 – Comparativo entre as vazões do levantamento de campo e as vazões médias

Por outro lado, há a hipótese de que os cenários extremos de cheia e estiagem, geram uma compensação de efeitos, tornando-se semelhantes ao cenário médio, ou seja, as vazões altas ocasionam alto aporte de sedimentos e, ao mesmo tempo, alta capacidade de transporte, já para as vazões baixas, verifica-se baixo aporte de sedimentos e baixa capacidade de transporte.

O estudo de zoneamento ambiental de ocorrência de areia para mineração nas calhas baixa e média do Rio Jacuí envolveu a modelagem numérica hidrossedimentométrica do rio. Tais simulações podem obter tão satisfatórios resultados quão confiáveis forem os dados de entrada e condições de contorno. A disposição média de sedimentos em quantidade e granulometria, ao longo do tempo e espaço na calha do rio, pode ser modelada a partir de leis hidrodinâmicas ao submeter-se o rio a sua vazão média de longo termo (Qmlt).

A fim de adquirir a Qmlt do Rio Jacuí e de seus tributários ao longo da extensão de interesse, foram inventariadas as estações fluviométricas presentes na Bacia Hidrográfica do

Rio Jacuí. A partir dessas estações foram determinadas as vazões Qmlt para cada estação e de posse desses dados pode-se ter uma razoável noção da Qmlt na calha principal do rio, bem como de sua variação ao longo do ano.

A regionalização da vazão média de longo termo (Qmlt) foi realizada através de duas metodologias, verificando-se qual gerava os resultados mais consistentes para as sub-bacias afluentes ao Rio Jacuí: regionalização por vazão específica e regionalização por regressão múltipla.

A escolha dos métodos empregados no estudo de regionalização foi realizada a partir da classificação das sub-bacias em dois grupos: as sub-bacias com monitoramento de vazão e as sub-bacias sem monitoramento, isto porque nos trechos dos cursos médio e baixo do Rio Jacuí, a densidade de monitoramento é visivelmente mais expressivo na região norte do que na região sul.

A regionalização por vazão específica foi aplicada para a sub-bacia do Rio Taquari e para as sub-bacias de contribuição lateral, e de contribuição a montante do Rio Jacuí. Já para as sub-bacias sem monitoramento foi escolhida a regionalização por regressão múltipla das variáveis explicativas, tais como: área de contribuição, comprimento do rio principal, a diferença de altitudes da nascente até a foz do rio principal, comprimento total de drenagem na bacia, o perímetro da bacia e a circularidade (razão entre a área e o perímetro da bacia).

Além desses métodos escolhidos, foi aplicado também o conceito de vazão sazonal adimensional, ou seja, a razão entre a vazão média referente a cada mês e a Qmlt da estação, que é variável ao longo do ano, a fim de estimar o comportamento sazonal da Qmlt da bacia do Rio Jacuí.

A base de dados para o procedimento de regionalização, utilizou os dados disponíveis nos postos fluviométricos selecionados para o estudo, nos quais foram calculadas as vazões Qmlt e sua variação sazonal, de forma adimensional.

O Quadro 8.1 apresenta o resumo das vazões Qmlt e das vazões médias das sub-bacias analisadas no âmbito deste estudo de zoneamento ambiental.

Quadro 8.1 – Resumo das vazões Qmlt e das vazões mensais para todas as sub-bacias analisadas.

Sub-bacias	Qmlt	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Rio Taquari	699.41	358.78	415.33	385.12	430.77	571.12	810.80	1017.06	1062.52	1250.33	923.39	669.36	467.34
Rio Pardo	136.13	69.74	85.96	70.70	114.42	135.41	176.63	213.96	182.57	204.24	166.96	134.46	81.40
Rio Botucaraí	22.92	9.00	10.59	12.92	18.54	27.05	35.68	40.03	42.13	29.00	20.82	22.69	10.10
Rio Jacuí (montante)	453.16	326.84	299.59	282.85	335.01	420.70	514.58	582.03	555.47	633.31	634.88	474.31	377.95
Rio Vacacaí	153.69	73.40	69.70	75.55	120.18	143.36	197.35	252.44	204.50	229.45	255.84	139.37	87.32
Rio Irapuá	36.80	15.11	16.70	14.22	15.71	31.70	50.07	59.96	57.21	63.56	73.83	27.91	17.51
Arroio Capané	7.62	2.99	3.52	4.30	6.17	9.00	11.87	13.31	14.01	9.64	6.92	7.55	3.36
Arroio Iruí	33.36	13.10	15.41	18.81	26.99	39.38	51.94	58.26	61.31	42.20	30.30	33.03	14.69
Arroio Dom Marcos	5.43	2.51	2.94	3.16	3.24	4.93	7.43	8.39	8.79	8.55	6.87	5.00	3.90
Arroio Tabatingaí	4.91	2.27	2.66	2.86	2.93	4.46	6.71	7.58	7.95	7.73	6.21	4.52	3.52
Arroio Capivari	20.63	9.53	11.17	12.01	12.30	18.73	28.20	31.85	33.38	32.47	26.09	19.00	14.79
Arroio Francisquinho	10.50	4.85	5.68	6.11	6.26	9.53	14.35	16.21	16.98	16.52	13.27	9.66	7.53
Arroio do Conde	7.14	3.30	3.87	4.16	4.26	6.49	9.76	11.03	11.56	11.24	9.03	6.58	5.12
Arroio dos Ratos	13.86	6.40	7.50	8.07	8.26	12.58	18.94	21.39	22.42	21.80	17.52	12.76	9.93
Sub-bacias laterais	66.84	34.25	42.21	34.72	56.19	66.49	86.73	105.06	89.65	100.29	81.98	66.02	39.97

8.1 Caracterização Granulométrica dos Sedimentos

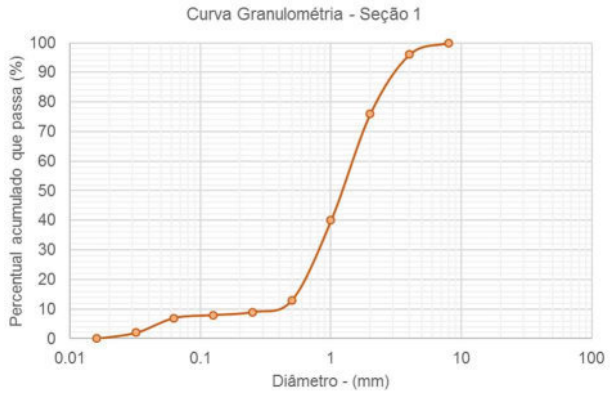
A caracterização da granulometria dos sedimentos do leito é essencial a estudos desta natureza, uma vez que diferentes métodos de estimativa de descarga sólida utilizam esses dados no equacionamento. Além disso, o entendimento da distribuição granulométrica das partículas é importante para o entendimento do carreamento de sedimentos e da movimentação do leito. Para isso foram utilizadas a granulometria das seções e também as curvas-chave de sedimento.

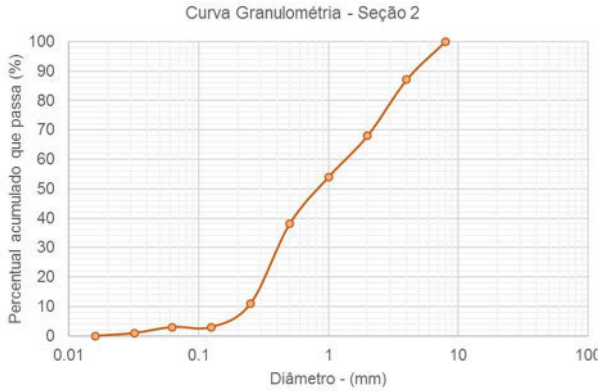
8.1.1 Granulometria das Seções

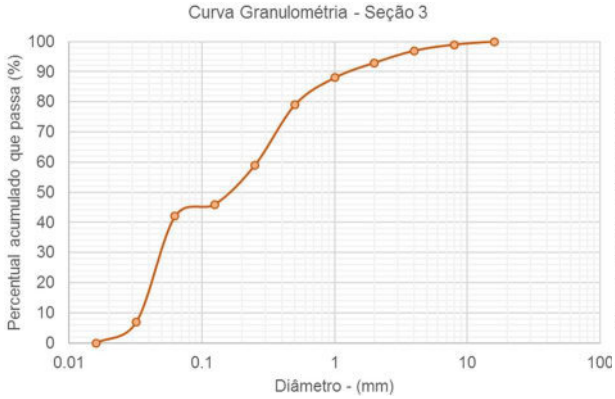
A análise granulométrica do leito do Rio Jacuí foi realizada para todas as seções de referências, com exceção das seções 13 e 19, as quais não foram possíveis caracterizar devido a problemas no processo de coleta das amostras. Para cada seção, as amostras de sedimento foram coletadas, quando viável tecnicamente, em três pontos diferentes do Rio Jacuí (próximo às margens direita e esquerda e no eixo do rio).

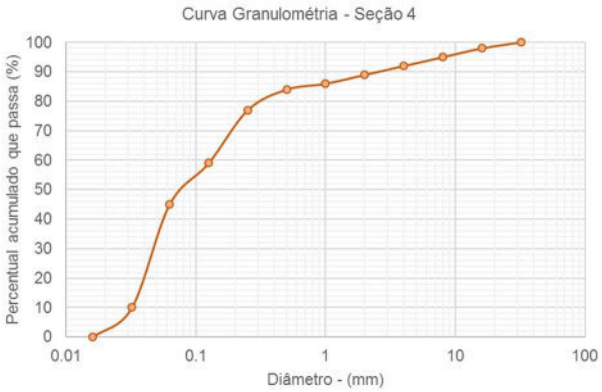
Desta forma, nesse item são apresentadas as curvas granulométricas do sedimento utilizadas como dados de entrada para o modelo HEC-RAS, conforme apresentam as figuras a seguir.

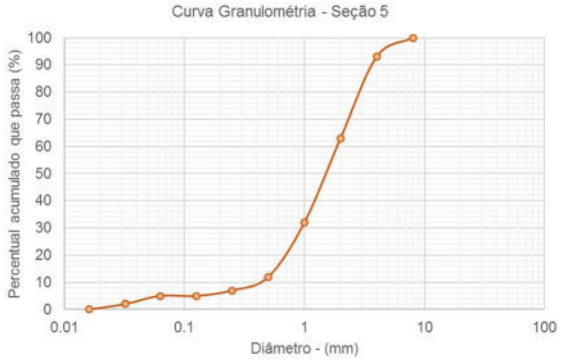
De acordo com a classificação textural pelo método de Shepard, a maioria das 25 seções de referência apresentam a textura de areia e cascalho, e em algumas delas uma mistura de areia e lama.

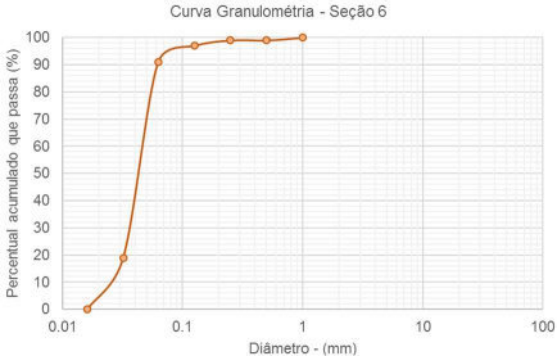

Curva Granulométria - Seção 1
Percentual acumulado que passa (%)
Diâmetro - (mm)

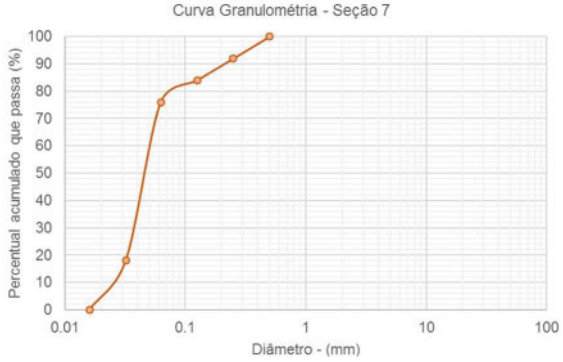

Curva Granulométria - Seção 2
Percentual acumulado que passa (%)
Diâmetro - (mm)

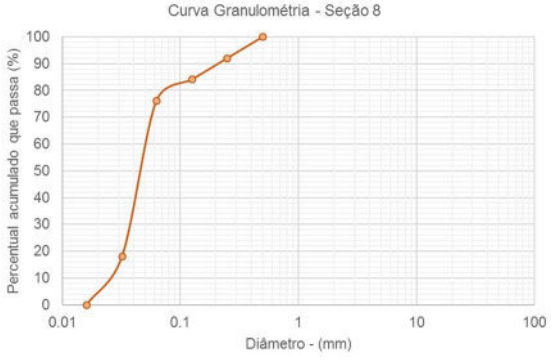

Curva Granulométria - Seção 3
Percentual acumulado que passa (%)
Diâmetro - (mm)

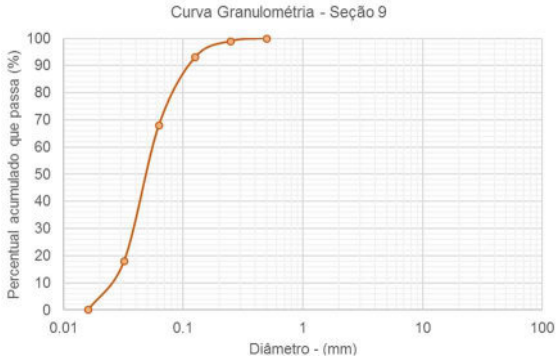

Curva Granulométria - Seção 4
Percentual acumulado que passa (%)
Diâmetro - (mm)

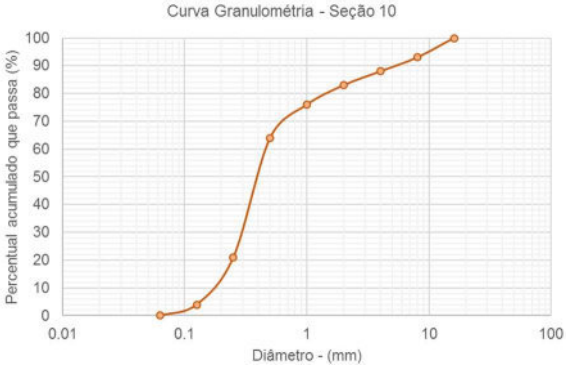

Curva Granulométria - Seção 5
Percentual acumulado que passa (%)
Diâmetro - (mm)

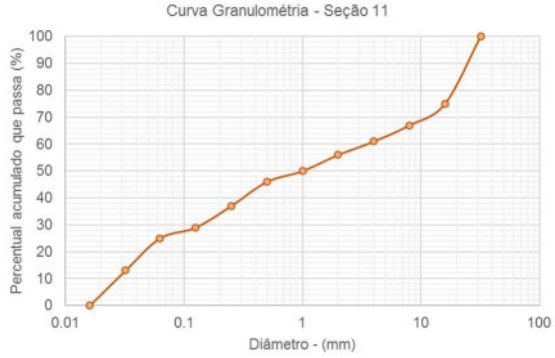

Curva Granulométria - Seção 6
Percentual acumulado que passa (%)
Diâmetro - (mm)

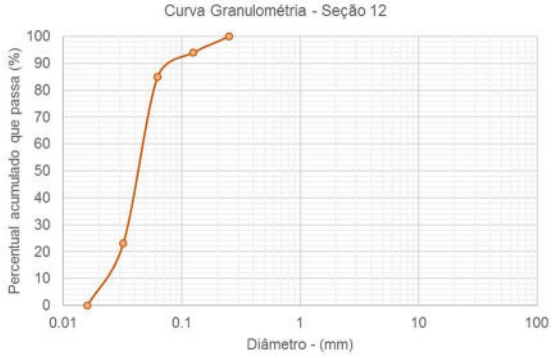

Curva Granulométria - Seção 7
Percentual acumulado que passa (%)
Diâmetro - (mm)

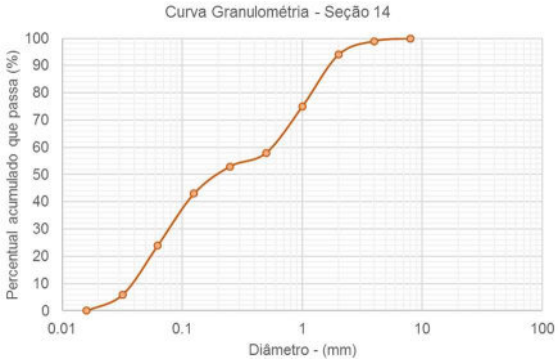

Curva Granulométria - Seção 8
Percentual acumulado que passa (%)
Diâmetro - (mm)

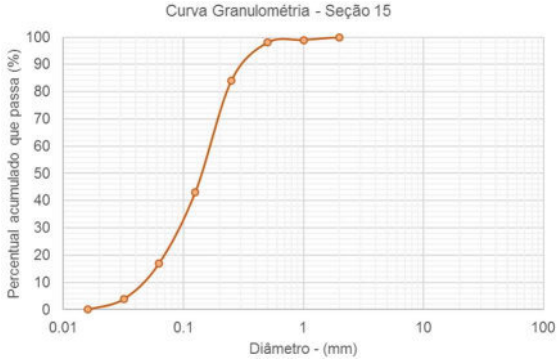

Curva Granulométria - Seção 9
Percentual acumulado que passa (%)
Diâmetro - (mm)

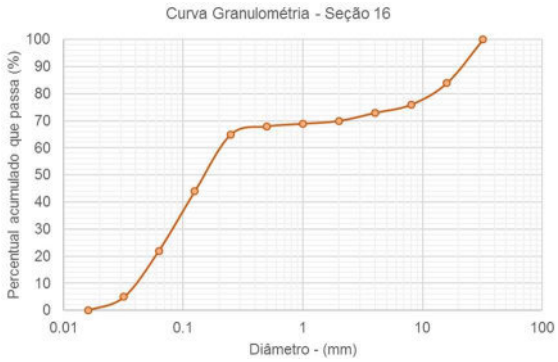

Curva Granulométria - Seção 10
Percentual acumulado que passa (%)
Diâmetro - (mm)

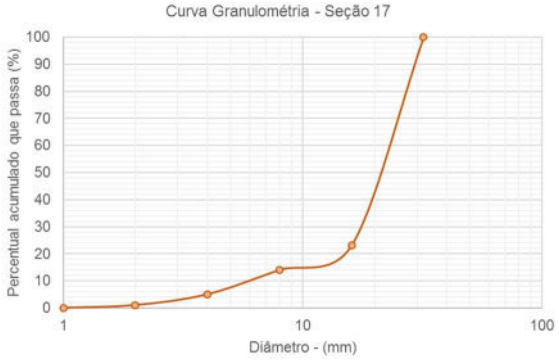

Curva Granulométria - Seção 11
Percentual acumulado que passa (%)
Diâmetro - (mm)


Curva Granulométria - Seção 12
Percentual acumulado que passa (%)
Diâmetro - (mm)


Curva Granulométria - Seção 14
Percentual acumulado que passa (%)
Diâmetro - (mm)


Curva Granulométria - Seção 15
Percentual acumulado que passa (%)
Diâmetro - (mm)


Curva Granulométria - Seção 16
Percentual acumulado que passa (%)
Diâmetro - (mm)


Curva Granulométria - Seção 17
Percentual acumulado que passa (%)
Diâmetro - (mm)

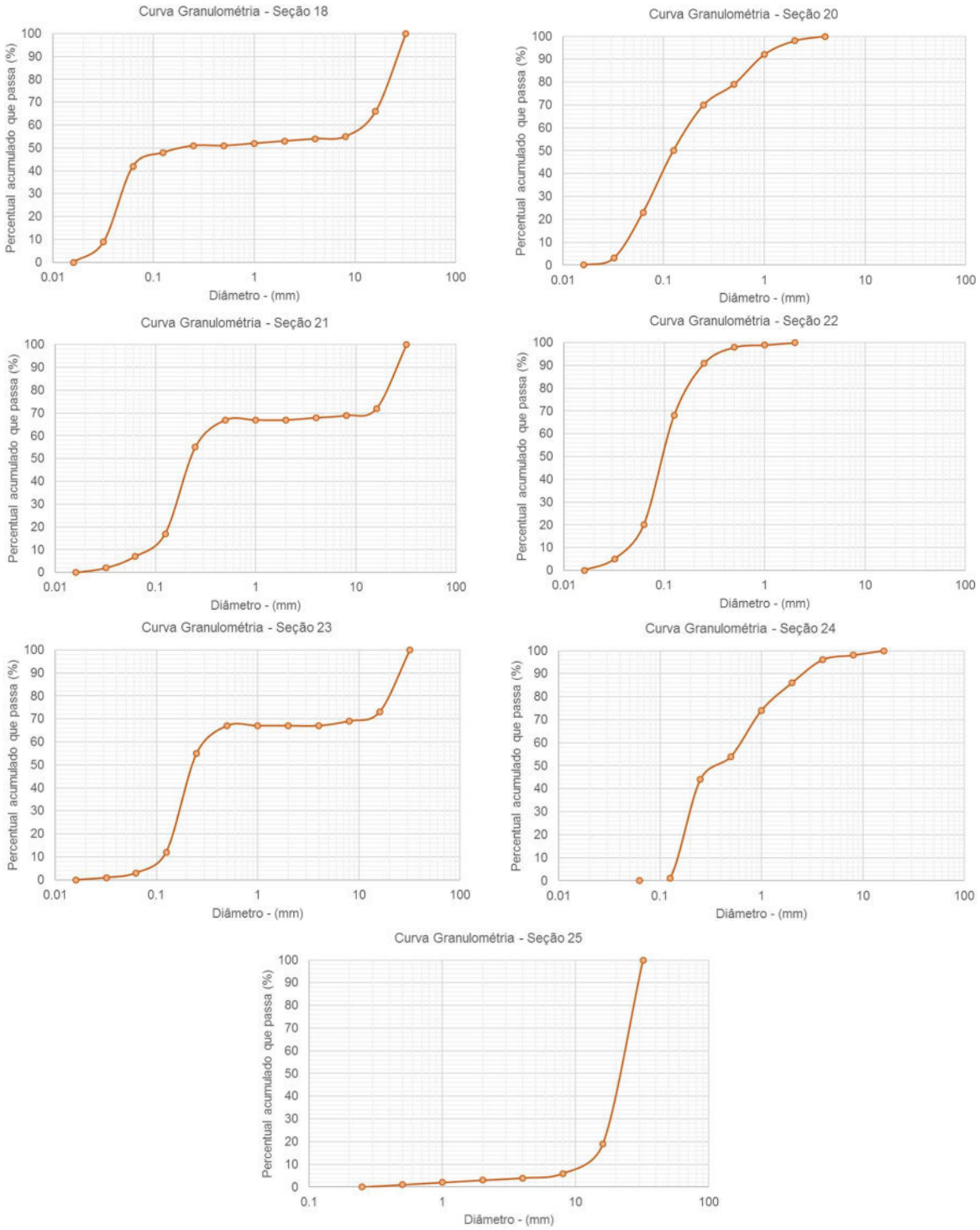


Figura 8.2 – Curvas granulométricas do material do leito nas 25 seções de referência.

8.1.2 Curvas-chave de sedimento

As curvas-chave de sedimento foram utilizadas para determinar a descarga sólida total, as quais relacionam a descarga sólida em suspensão e a vazão líquida. Nesse estudo essas curvas foram utilizadas para condição de contorno do modelo e também para validação do método da capacidade de transporte.

A metodologia utilizada para a estimativa da descarga sólida total (Qst) foi o método modificado de Einstein (ou método de Colby). Segundo Carvalho (2008), para o cálculo da Qst, Colby desenvolveu três métodos, baseados no método de Einstein e em várias medições no campo. Um dos métodos usa basicamente três ábacos, dados de descarga líquida (m³/s), velocidade média (m/s), profundidade média do rio (m), largura da seção do rio (m) e a concentração medida de sedimentos em suspensão (mg/L), sendo a Qst obtida pela soma da vazão sólida em suspensão (Qss, ton/dia) com a descarga sólida não medida (Qnm, ton/dia), conforme a equação abaixo:

$$Q_{st} = Q_{ss} + Q_{nm}$$

A descarga sólida em suspensão (Qss) pode ser obtida pela seguinte expressão:

$$Q_{ss} = 0.0864 \cdot Q \cdot C_{ss}$$

Onde, Q é a descarga líquida (m³/s) e Css é a concentração de sedimento em suspensão (mg/L).

A Qnm é calculada a partir do produto da descarga sólida não medida aproximada pelo fator de correção e pela largura da seção, dado pela equação a seguir:

$$Q_{nm} = q_{nm} \cdot K \cdot L$$

Onde, Qnm é a descarga sólida não medida (ton/dia), qnm é a descarga sólida não medida aproximada (ton/dia.m), K é o fator de correção (adimensional) e L é o comprimento (m).

As estações selecionadas foram aquelas que possuem dados de sedimentos e que estivessem mais próximas do Rio Jacuí (início do trecho simulado e foz). Dentre as estações selecionadas foram escolhidas as seguintes:

i). *Rio Jacuí*: 85400000 (Est. Dona Francisca), 85900000 (Est. Rio Pardo) e 87035000 (*Est. São Jerônimo - jusante*). A estação São Jerônimo foi descartada devido à pouca quantidade de dados de sedimentos;

ii). Afluentes: 85600000 (Est. Passo das Tunas – Rio Vacacaí), 85735000 (Est. Candelária – Rio Pardo), 86510000 (Est. Muçum – Rio Taquari) e 85623000 (Est. São Sepé – Rio São Sepé, afluente do Vacacaí-Vacacaí Mirim).

A Figura 8.3 a seguir apresenta as curvas-chave de sedimento para as estações escolhidas neste estudo.

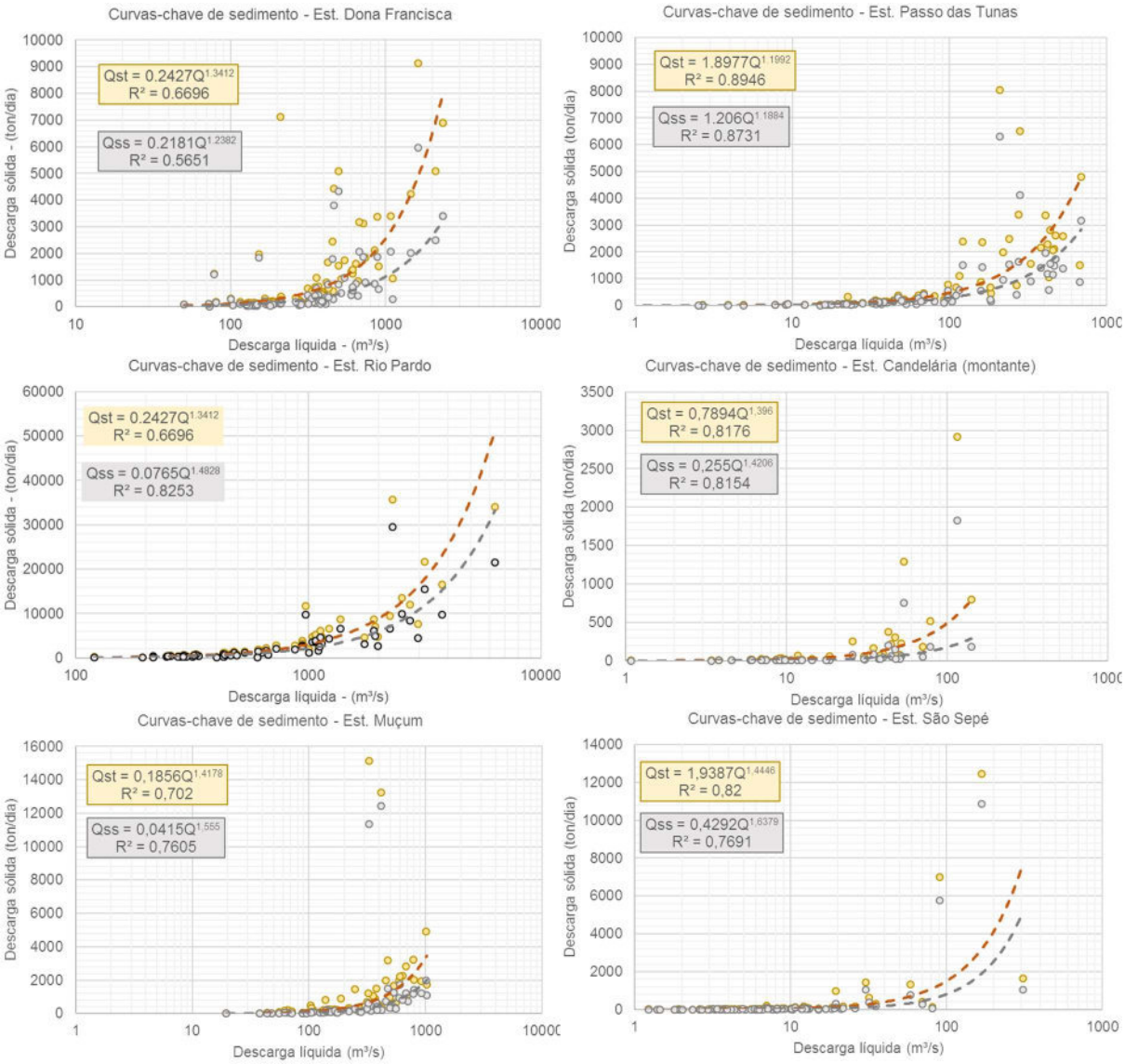


Figura 8.3 - Curvas de Sedimento nas estações de monitoramento selecionadas.

O aporte de sedimentos utilizados no modelo foi obtido a partir das curvas de sedimento das estações mencionadas no item anterior, tanto para a condição de montante (Rio Jacuí) quanto para a condição lateral (afluentes) e sua distribuição foi realizada com base na área de drenagem mais próxima da estação fluviométrica. No Quadro 8.2 é apresentada a distribuição das curvas de sedimentos (estações fluviométricas) para cada sub-bacia.

Quadro 8.2 – Distribuição das curvas de sedimento (estações) nas sub-bacias.

Sub-bacias	Curvas de Sedimento (estações fluviométricas)	Sub-bacias	Curvas de Sedimento (estações fluviométricas)
Rio Jacuí (trecho de montante)	Est. Dona Francisca e Passo das Tunas	Arroio Tabatingai	Est. São Sepé
		Rio Pardo	Est. Candelária (montante)
Rio Irapuã	Est. Candelária (montante)	Arroio Capivari	Est. Candelária (montante)
Arroio Capané	Est. São Sepé	Arroio Francisquinho	Est. São Sepé
Rio Botucaraí	Est. São Sepé	Arroio do Conde	Est. São Sepé
Rio Iruí	Est. Candelária (montante)	Rio Taquari	Est. Muçum
Arroio Dom Marco	Est. São Sepé	Arroio dos Ratos	Est. Candelária (montante)

8.2 Modelo Hidrossedimentométrico

A modelagem hidrossedimentométrica teve como principais objetivos:

i). Mostrar os padrões de escoamento (velocidades e nível d'água) no trecho do Rio Jacuí em estudo, quando submetido às condições hidrológicas simuladas;

ii). Estimar o aporte de sedimentos ao trecho de interesse (Rio Jacuí), considerando as contribuições de montante e dos afluentes;

iii). Avaliar o comportamento das seções topobatimétricas, ao longo da simulação, com relação às variações do leito, classificando os trechos como "deposição", "erosão" ou "sem alteração";

iv). Avaliar as alterações nos padrões de escoamento e no comportamento das seções, resultantes de um cenário quando alteradas pela mineração.

Para caracterizar a região de estudo referente ao trecho de aproximadamente 246 km do Rio Jacuí, entre a Barra do Rio Vacacaí e a foz do Rio Jacuí, foram delimitadas 14 sub-bacias com base em trabalhos já consolidados na base cartográficas disponível para o Estado. As sub-bacias consideradas no estudo foram delimitadas para os seguintes afluentes: Rio Jacuí (trecho montante), Rio Vacacaí, Rio Irapuã, Arroio Capané, Rio Botucaraí, Arroio Iruí, Arroio Dom Marco, Arroio Tabatingai, Rio Pardo, Arroio Capivari, Arroio Francisquinho, Arroio do Conde, Rio Taquari e Arroio dos Ratos. A delimitação dessas sub-bacias e seus principais afluentes é apresentada no Mapa 9.15.

A modelagem numérica do trecho em estudo do Rio Jacuí foi realizada utilizando o modelo HEC-RAS, o qual foi desenvolvido para simular cálculos hidráulicos unidimensionais em sistemas fluviais naturais ou canais artificiais. Trata-se de um programa computacional gratuito e vem sendo continuamente desenvolvido, possui uma boa interatividade com o usuário e interface gráfica (*Graphical User Interface* - GUI), ainda mantém alta eficiência e agilidade nos cálculos solicitados (USACE, 2016). Esse modelo contém quatro componentes básicos de análise: (1) escoamento permanente com determinação de perfis de linha de água; (2) escoamento não-permanente; (3) cálculo de transporte de sedimentos e, (4) análise de qualidade de água. Todos esses ferramentais utilizam-se da mesma representação geométrica do sistema físico e rotinas hidráulicas computacionais, o que proporciona facilidade de troca de informações entre os diferentes componentes.

A simulação foi realizada em duas etapas: a simulação hidráulica (regime de escoamento permanente) e a simulação de sedimentos (regime de escoamento quase-permanente), conforme descrito com mais detalhes nos próximos itens.

8.2.1.1 Simulação Hidráulica

Essa simulação tem como objetivo principal estimar o perfil da linha d'água do canal, nas condições de escoamento adotada, e sendo resolvida pela expressão da conservação da energia, na qual é representada pelo programa HEC-RAS pela seguinte equação:

$$Y_2 + Z_2 + \frac{\alpha_2 \cdot V_2^2}{2 \cdot g} = Y_1 + Z_1 + \frac{\alpha_1 \cdot V_1^2}{2 \cdot g} + h_e$$

Em que: Y_1 e Y_2 são as profundidades da água nas seções transversais; Z_1 e Z_2 são as cotas de fundo no canal principal; V_1 e V_2 são as velocidades médias (vazão total / área total de escoamento); α_1 e α_2 são os coeficientes de ponderação da velocidade; g é aceleração gravitacional e he é a perda de energia.

Para essa simulação foi adotado o regime de escoamento permanente, utilizando como condição de contorno os dados de entrada vazão média de longo termo e níveis médios (condição de jusante). Esse ajuste do perfil da linha d'água é obtido a partir da calibração do coeficiente de Manning e da comparação visual de níveis observados e calculados. Os valores do coeficiente de Manning resultantes da simulação variam de 0.040 a 0.045 para as margens e 0.022 a 0.033 para a calha do Rio.

8.2.1.2 Simulação do Transporte de Sedimentos

A simulação do transporte de sedimentos aborda uma série de equações e funções dentre as quais se destacam: A equação da continuidade de sedimento, capacidade de transporte, funções de capacidade de transporte, velocidade de queda e o método de classificação ou mistura do leito. Essas equações e funções são descritas com mais detalhes no relatório RT5.

Para simulação do transporte de sedimentos foi adotado o regime de escoamento quase permanente, o qual é uma simplificação que consiste em aproximar um hidrograma de escoamento não permanente em uma série de trechos de escoamento permanente. Neste estudo, a vazão inserida foi obtida através do hidrograma sintético para um ano hidrológico utilizando as médias mensais e sua sazonalidade. Além dos dados de vazão, é necessário definir também outros dados tais como:

- Granulometria: obtida a partir das curvas granulométricas das 25 seções de referência no levantamento de campo;
- Curva de descarga: opção adotada para condição de contorno a montante do Rio Jacuí, obtida a partir das curvas-chaves de sedimentos das estações a montante;
- Profundidade máxima de erosão: representa a camada máxima em que pode ocorrer alteração do leito da seção (erosão). Essa profundidade foi obtida a partir

dos perfis de sondagem das seções de referência, através do cálculo da diferença entre a cota do "*bedrock*" e o fundo da seção.

O ajuste do leito móvel (calibração para simulação de sedimentos) foi realizado a partir da escolha do método da capacidade de transporte de sedimento, sendo validado a escolha do método pela comparação entre os resultados das descargas de sedimentos calculadas pelas funções e os resultados das descargas de sedimentos medidas de estações localizadas no Rio Jacuí.

A avaliação da qualidade do ajuste dos métodos de transporte de sedimentos foi realizada a partir de dois critérios: a razão entre a descarga de sedimento calculada e medida (r), ou seja, quando mais próximo de 1 for o valor de r melhor será o ajuste e; o índice de dispersão (ID), ou seja, quanto mais próximo de zero for o valor do ID melhor é a eficiência.

Dentre todos os métodos avaliados, o que melhor se ajustou aos critérios foi o método de Meyer-Peter e Müller. Para todas as simulações foram adotados o método de Rubey para equação da velocidade de queda e o método Copeland para a classificação do leito.

Também foi utilizado o método de classificação / mistura do leito com o objetivo de calcular a espessura do leito móvel, ou seja, ele mantém um registro da gradação utilizado para calcular a capacidade de transporte de sedimento e simula processos que regulam o processo de erosão.

Essa gradação do leito é coberta por uma camada de material mais grosseiro, chamada de camada de blindagem ou encouraçamento do leito. Essa camada é formada por uma blindagem estática ou pela diferença de transporte de materiais finos. Segundo Elsayed (2013), a maioria dos fluxos transportam partículas finas, enquanto o material grosso é estático e protege o material mais profundo do transporte.

O modelo hidrossedimentométrico demanda ainda um Modelo Numérico do Terreno (MNT) que represente de maneira adequada a calha do curso d'água na qual a vazão será propagada, assim como também as regiões de entorno (margens). O MNT utilizado neste zoneamento ambiental se baseou em quatro fontes de dados: dados secundários, dados primários, Projeto de Estruturação do Desenvolvimento Hidroviário no Rio Grande do Sul e a base cartográfica vetorial contínua do Estado do Rio Grande do Sul.

O MNT foi obtido a partir das informações vetoriais (pontos e curvas de nível) conforme descrito nos itens anteriores. Para sua construção foram utilizadas as ferramentas do software ArcGIS, ou seja, a partir dos arquivos de pontos e curvas de nível em formato shapefile foi gerado um arquivo TIN (barra de ferramentas: *3D Analyst / Create TIN from features*) utilizando como variável de interpolação as cotas dos pontos e das curvas de nível. Esta ferramenta do ArcGIS utiliza como metodologia para geração da malha a "Triangulação de Delaunay", cujo critério para sua triangulação é o de maximização dos ângulos mínimos de cada triângulo, ou seja, a malha final deve conter triângulos o mais próximo de equiláteros possível evitando-se a criação de triângulos com ângulos internos muito agudos. O arquivo TIN resultante foi utilizado como subsídio para elaboração do modelo hidrossedimentométrico. O Resultado do Modelo Numérico do Terreno é apresentado no Mapa 8.1

Já a análise dos resultados do Modelo Hidrossedimentométrico é apresentada no Capítulo 9.1.8 Modelo Hidrossedimentométrico.



53°0'0"W

52°0'0"W

30°0'0"S

Lagoa Bonita
Sinimbu
Vale do Sol
Candelária
Vera Cruz
Santa Cruz do Sul
Passo do Sobrado
Vale Verde
Venâncio Aires
Mato Leitão
Cruzeiro do Sul
Estrela
Teutônia
Bom Retiro do Sul
Fazenda Vilanova
Paverama
Brochier
Maratá
São José do Sul
Harmonia
São Sebastião do Caí
Pareci Novo
Capela de Santana
Portão
Montenegro
Tabaí
Taquari
General Câmara
Triunfo
São Jerônimo
Charqueadas
Eldorado do Sul
Nova Santa Rita
Guaíba
Barra do Ribeiro
Mariana Pimentel
Barão do Triunfo
Sertão Santana
Arroio Castelhano
Arroio Francisco Alves
Rio Pardinho
Rio Taquari-Mirim
Arroio Santa Cruz
Arroio Diogo Trilho
Arroio Gil
Rio Jacuí
Arroio da Porteira
Rio Pardo
Cachoeira do Sul
Arroio Francisquinho
Arroio do Conde
Arroio dos Ratos
Butiá
Minas do Leão
Pantano Grande
Arroio Cabanezinho
Arroio Capané
Arroio Piquiri
Arroio Dom Marcos
Arroio Ibicuara
Arroio Capivari
Encruzilhada do Sul
10 5 0 10 km

LEGENDA

- Sede municipal
- Rios principais
- Espelho d'água
- Limite municipal

Altimetria (m)

- Máximo: 153,98
- Mínimo: -16,5388

Elaboração: PROFILL

RELATÓRIO FINAL

ZONEAMENTO AMBIENTAL PARA A ATIVIDADE DE MINERAÇÃO DE AREIA NOS CURSOS MÉDIO E BAIXO DO RIO JACUÍ

Contratação e fiscalização: Fepam

Sistema de Coordenadas Geodésicas
Sistema Geodésico de Referência
SIRGAS2000
Escala: 1:575.000

Mapa 8.1 - Modelo Numérico do Terreno (MNT) para o trecho em estudo do Rio Jacuí

Fonte de dados:
- Sede municipal: SEMARS (2018)
- Limite municipal: SEMARS (2018)
- Limite estadual: IBGE (2019)
- Hidrografia: DRH/SEMA (2015)
- Modelo de terreno: Profill, 2019

9 DIAGNÓSTICO CONSOLIDADO

9.1 Meio Físico

9.1.1 Clima

Os estudos referentes às condições climatológicas apresentados a seguir têm por objetivo caracterizar a situação nos cursos médio e baixo do Rio Jacuí em relação às condições meteorológicas atuantes, com especial atenção aos dados de precipitação, pois eles influenciam a dinâmica do rio e consequentemente os processos de transporte e deposição de volumes de sedimentos, associados à sazonalidade.

9.1.1.1 Caracterização climática regional

Segundo a classificação climática de Köppen, apresentada no Plano da Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí (DRH/SEMA, 2015a), a maior parte do leito do Rio Jacuí está inserida na subdivisão regional CfaII2b (Figura 9.1), predominante na bacia, cuja temperatura média anual é superior a 18°C, e pertencente à região morfoclimática da Peneplanície Sedimentar Periférica, com altitudes inferiores a 400 m. Na região localizada no centro-sul da bacia, à margem direita do Rio Jacuí, encontra-se a subdivisão regional tipo CfaII1c, pertencente ao Escudo Sul-rio-grandense Uruguaio, com altitudes inferiores a 400 m e temperatura média anual inferior a 18°C.

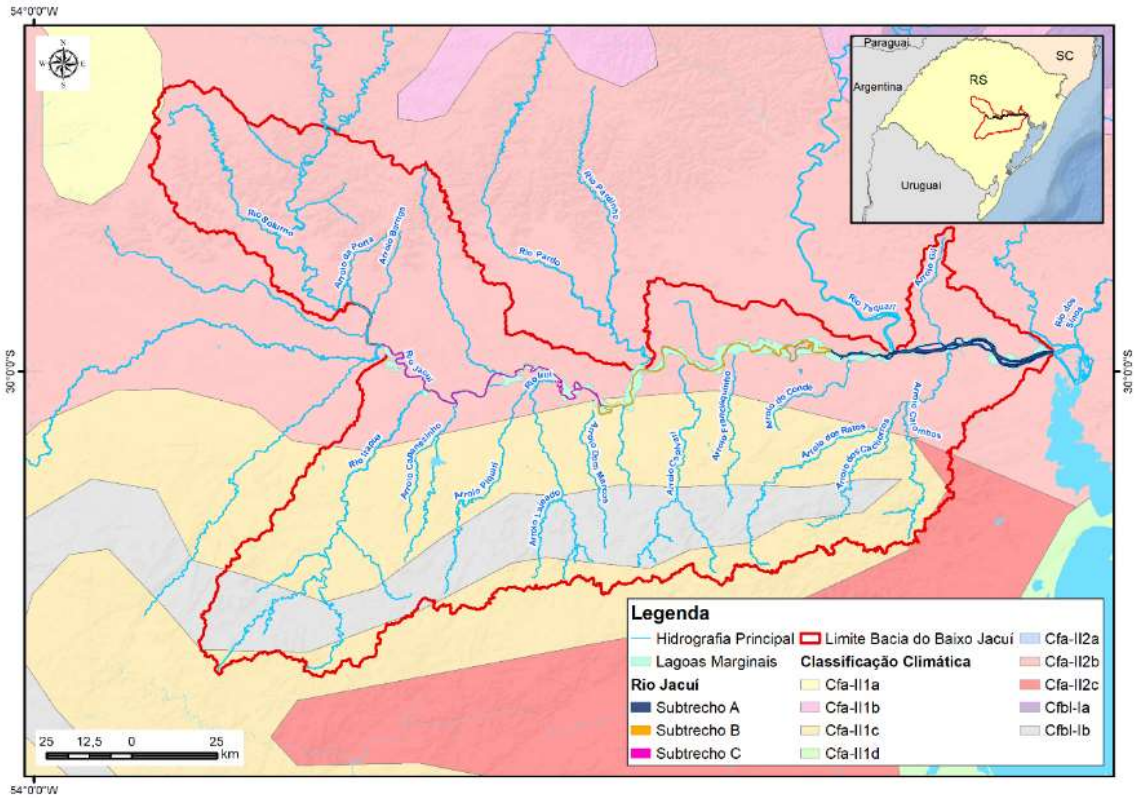
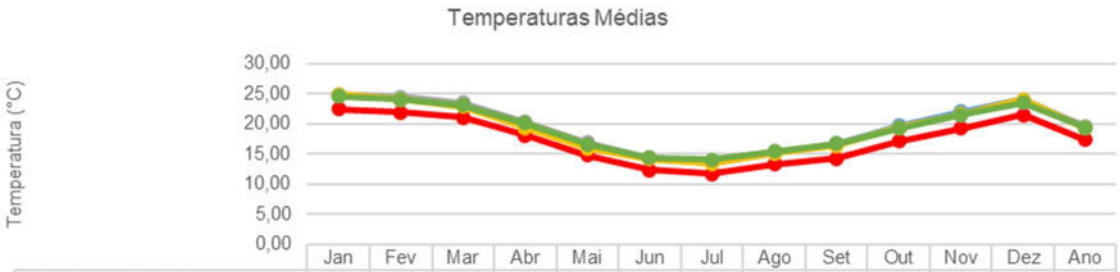


Figura 9.1 – Classificação climática segundo Köppen.
Fonte: Adaptado de MORENO (1961).

9.1.1.2 Temperatura

A análise dos dados de temperatura mostrou que as menores temperaturas ocorrem no mês de julho e as maiores temperaturas ocorrem em janeiro. Sendo a temperatura máxima de 32,2°C, e a temperatura mínima de 8,4°C. Já a temperatura média anual varia entre 17,3°C e 19,5°C (Figura 9.2). O Mapa 9.1 apresenta as isotermas de temperatura média anual.

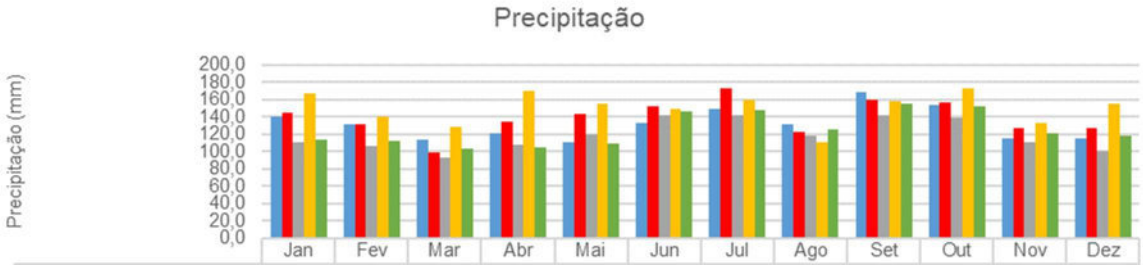


	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano
CAMPO BOM	24,90	24,30	23,30	20,10	16,10	14,30	13,50	15,20	16,70	19,70	22,00	24,00	19,50
ENCRUZILHADA DO SUL	22,50	21,90	21,10	18,10	14,80	12,40	11,70	13,30	14,30	17,10	19,30	21,50	17,30
PORTO ALEGRE	24,70	24,50	23,50	20,30	16,90	14,40	13,80	15,30	16,70	19,40	21,50	23,60	19,60
SANTA MARIA	24,90	24,00	22,90	19,40	16,00	14,20	13,40	15,10	16,40	19,40	21,60	24,10	19,30
TRIUNFO	24,60	24,10	23,10	20,10	16,60	14,40	14,00	15,40	16,70	19,30	21,50	23,50	19,40

Figura 9.2 – Temperaturas médias.
Fonte: INMET (2014).

9.1.1.3 Precipitação

A precipitação total anual da área de estudo varia entre 1.425,2 mm (Estação de Porto Alegre) e 1.796,2 mm (Estação de Santa Maria). A precipitação é bem distribuída ao longo do ano, sendo dezembro o mês menos chuvoso e julho o mais chuvoso (Figura 9.3). Os registros das médias evidenciam a existência de um período mais chuvoso no inverno, que tem nas perturbações frontais, pré-frontais as suas origens. O Mapa 9.2 apresenta as Isolinhas de precipitação média anual.



	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
CAMPO BOM	139,5	130,7	113,7	121,5	110,7	132,6	149,4	131,9	168,0	154,2	115,5	114,5
ENCRUZILHADA DO SUL	145,0	131,7	98,1	134,2	143,8	152,6	172,8	121,8	158,8	156,5	127,0	126,3
PORTO ALEGRE	110,1	106,5	92,2	107,3	118,8	141,3	141,3	117,4	141,5	138,3	110,9	99,6
SANTA MARIA	166,3	139,6	127,7	170,1	154,4	149,1	159,0	111,2	158,5	173,3	132,7	154,3
TRIUNFO	114,1	112,7	103,1	104,6	109,1	145,5	147,7	125,8	154,9	152,2	120,3	117,3

Figura 9.3 – Precipitação média.
Fonte: INMET (2014).

-53,69999 -53,09293 -52,48588 -51,87882 -51,27177

-29,34605 -29,6941 -30,04215 -30,3902 -30,73825

Júlio de Castilhos
Estrela Velha
Pinhal Grande
Ibarama
Sobradinho
Passa Sete
Nova Palma
São Martinho da Serra
Ivorá
Faxinal do Soturno
Lagoa Bonita do Sul
Itaara
São João do Polêsine
Dona Francisca
Agudo
Silveira Martins
Cerro Branco
Candelária
Paraíso do Sul
Novo Cabrais
Santa Cruz do Sul
Passo do Sobrado
Vale Verde
Montenegro
Restinga Seca
General Câmara
Triunfo
Charqueadas
São Jerônimo
Rio Pardo
Cachoeira do Sul
Eldorado do Sul
Porto Alegre
Arroio dos Ratos
Butiá
Minas do Leão
Guaíba
Pantano Grande
Barão do Triunfo
Mariana Pimentel
Sertão Santana
Caçapava do Sul
Encruzilhada do Sul
Cerro Grande do Sul
Dom Feliciano
Santana da Boa Vista

19°C
18°C
19°C

Paraguay
Argentina
Uruguay
SC
RS

10 5 0 10 km

LEGENDA

- Sede municipal
- Limite municipal
- Limite Bacia do Baixo Jacuí
- Ilhas
- Ambientes marginais
- Raio de 500 m do canal principal

Rio Jacuí

- Subtrecho A
- Subtrecho B
- Subtrecho C
- Isotermas de Temperatura (ºC)

Temperatura Média Anual (ºC)

- 16,6 - 17
- 17,1 - 17,3
- 17,4 - 17,7
- 17,8 - 18
- 18,1 - 18,2
- 18,3 - 18,5
- 18,6 - 18,7
- 18,8 - 19
- 19,1 - 19,3
- 19,4 - 19,6
- 19,7 - 19,8
- 19,9 - 20,2
- 20,3 - 20,5
- 20,6 - 20,9
- 21 - 21,4

Elaboração: PROFILL

RELATÓRIO FINAL

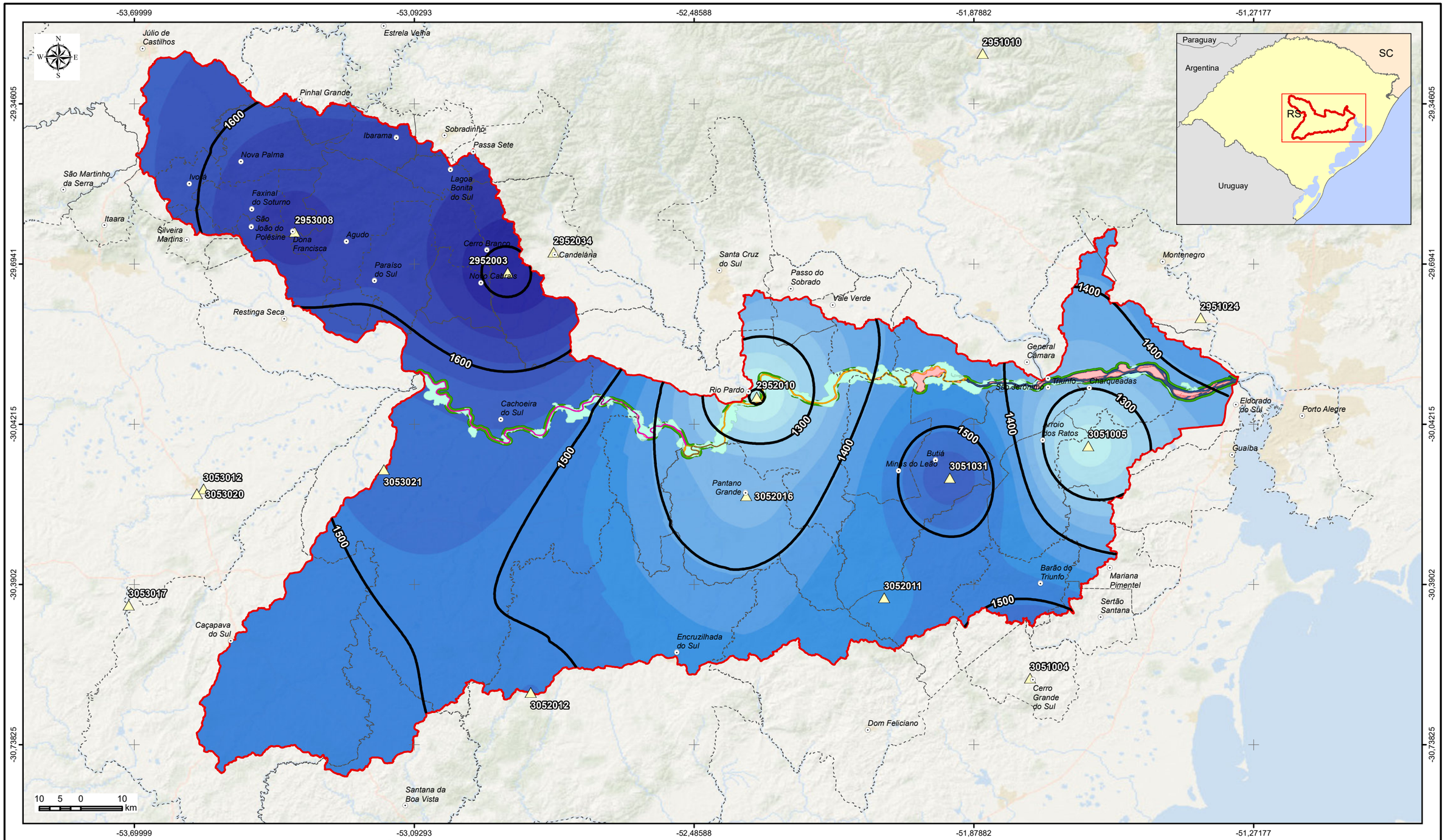
ZONEAMENTO AMBIENTAL PARA A ATIVIDADE DE MINERAÇÃO DE AREIA NOS CURSOS MÉDIO E BAIXO DO RIO JACUÍ

Contratação e fiscalização: Fepam

Sistema de Coordenadas Geodésicas
Sistema Geodésico de Referência
SIRGAS2000
Escala: 1:900.000

Mapa 9.1 – Isotermas de Temperatura Média Anual

Fonte de dados:
- Sede municipal: SEMARS (2018)
- Limite municipal: SEMARS (2018)
- Limite estadual: IBGE (2019)
- Subtrechos: Adaptado de DRH/SEMA (2015)
- Temperatura Média: INMET, 2019



LEGENDA

- Sede municipal
- Limite municipal
- Limite Bacia do Baixo Jacuí
- Ilhas
- Ambientes marginais
- Raio de 500 m do canal principal

Rio Jacuí

- Subtrecho A
- Subtrecho B
- Subtrecho C

- Estações Pluviométricas ANA
- Isolinhas de Precipitação (mm/ano)

Precipitação (mm/ano)

- 1.197 - 1.231
- 1.232 - 1.266
- 1.267 - 1.300
- 1.301 - 1.335
- 1.336 - 1.369
- 1.370 - 1.404
- 1.405 - 1.438
- 1.439 - 1.473
- 1.474 - 1.507
- 1.508 - 1.542
- 1.543 - 1.577
- 1.578 - 1.611
- 1.612 - 1.646
- 1.647 - 1.680
- 1.681 - 1.715

Elaboração: PROFILL

RELATÓRIO FINAL

ZONEAMENTO AMBIENTAL PARA A ATIVIDADE DE MINERAÇÃO DE AREIA NOS CURSOS MÉDIO E BAIXO DO RIO JACUÍ

Contratação e fiscalização: Fepam

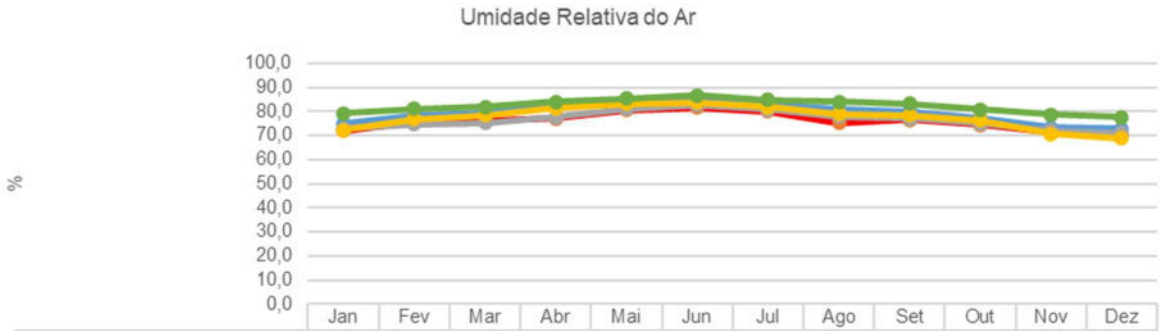
Sistema de Coordenadas Geodésicas
Sistema Geodésico de Referência
SIRGAS2000
Escala: 1:900.000

Mapa 9.2 – Mapa de Isolinhas de Precipitação Média Anual

Fonte de dados:
- Sede municipal: SEMARS (2018)
- Limite municipal: SEMARS (2018)
- Limite estadual: IBGE (2019)
- Subtrechos: Adaptado de DRH/SEMA (2015)
- Precipitação: ANA, 2019.

9.1.1.4 Umidade Relativa do ar

A umidade relativa mantém-se alta o ano inteiro para todas as estações, variando entre 68,7 % e 86,6 %. Esses valores elevados de umidade ocorrem em consequência da influência das massas de ar marítimo tropical que são deslocadas do oceano Atlântico em direção ao continente por ação do Anticiclone do Atlântico Sul (Figura 9.4).

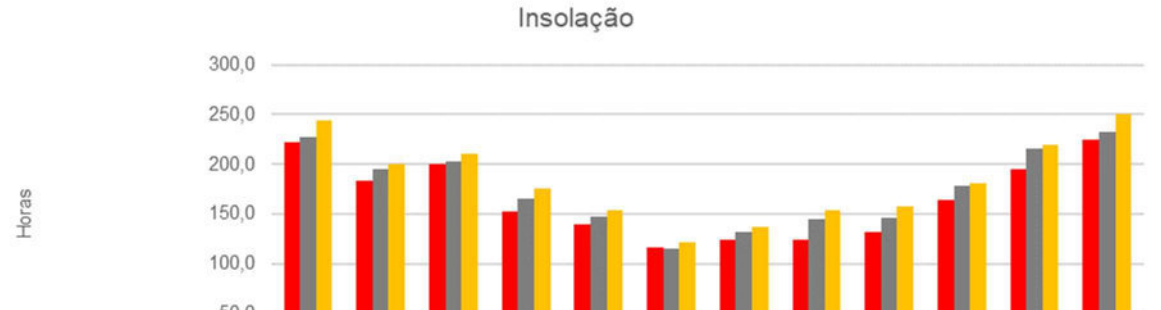


	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
CAMPO BOM	75,0	78,2	79,5	82,3	84,0	84,9	82,9	80,8	79,9	77,2	73,4	72,9
ENCRUZILHADA DO SUL	71,9	75,8	75,9	77,1	80,5	81,7	80,1	75,3	76,5	74,5	71,4	70,0
PORTO ALEGRE	72,9	74,8	75,3	77,6	81,0	82,7	80,7	77,8	77,0	75,0	72,1	70,9
SANTA MARIA	72,3	76,8	78,5	81,3	83,3	83,7	81,8	78,9	78,5	76,3	70,6	68,7
TRIUNFO	79,1	81,2	82,0	83,9	85,3	86,6	84,9	84,0	83,3	80,7	78,7	77,6

Figura 9.4 – Umidade Relativa do ar.
Fonte INMET (2014).

9.1.1.5 Insolação

O mês de maior insolação é o mês de dezembro com 250 horas e o de menor é junho com 115,6 horas (Figura 9.5).

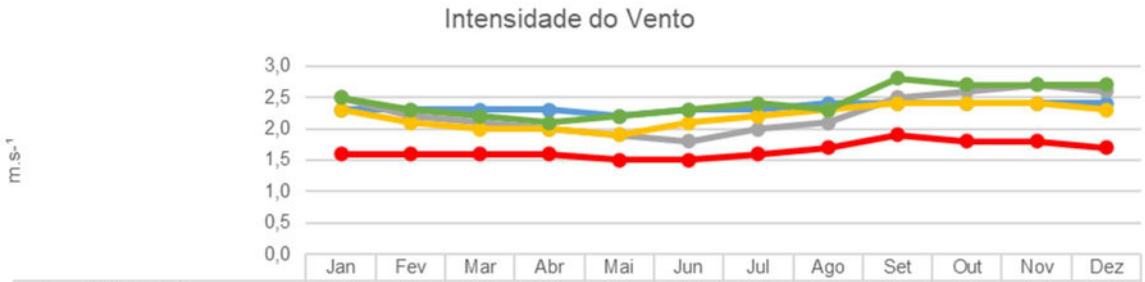


	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
ENCRUZILHADA DO SUL	222,2	182,9	200,2	152,1	139,0	116,0	124,4	124,1	132,2	164,0	195,4	224,3
PORTO ALEGRE	227,2	195,2	202,4	166,0	146,9	115,6	131,4	145,3	145,8	178,0	215,2	232,4
SANTA MARIA	244,3	199,8	210,3	175,2	154,1	121,8	136,6	154,0	158,1	180,5	219,2	250,0

Figura 9.5 – Insolação.
Fonte INMET (2014).

9.1.1.6 Velocidade e direção dos ventos

De acordo com o Atlas Eólico do Rio Grande do Sul (RIO GRANDE DO SUL, 2014), na área de estudo, predominam ventos da direção leste. Já as médias mensais de intensidade dos ventos revelam uma amplitude reduzida, variando de 1,5 m/s a 2,8 m/s (Figura 9.6).



	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
CAMPO BOM	2,3	2,3	2,3	2,3	2,2	2,3	2,3	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4
ENCRUZILHADA DO SUL	1,6	1,6	1,6	1,6	1,5	1,5	1,6	1,7	1,9	1,8	1,8	1,7
PORTO ALEGRE	2,5	2,2	2,1	2,0	1,9	1,8	2,0	2,1	2,5	2,6	2,7	2,6
SANTA MARIA	2,3	2,1	2,0	2,0	1,9	2,1	2,2	2,3	2,4	2,4	2,4	2,3
TRIUNFO	2,5	2,3	2,2	2,1	2,2	2,3	2,4	2,3	2,8	2,7	2,7	2,7

Figura 9.6 – Intensidade do vento.
Fonte INMET (2014).

9.1.1.7 Eventos extremos

O Atlas Brasileiro de Desastres Naturais (UFSC/CEPED, 2013) apresenta uma análise dos principais desastres naturais ocorridos entre 1991 e 2012. A partir destes dados foi identificada a ocorrência de eventos de estiagens e secas, enxurradas, inundações e vendavais na área de estudo. O Quadro 9.1 apresenta a síntese de ocorrências nos municípios que interceptam os trechos médio e baixo do Rio Jacuí entre 1991 e 2012.

Quadro 9.1 – Síntese de ocorrências entre 1991 e 2012 nos municípios que interceptam os trechos médio e baixo do Rio Jacuí.

Município	Estiagem e seca	Enxurrada	Inundação	Vendaval	Total
Butiá	1	-	-	3	4
Cachoeira do Sul	6	1	5	1	14
Charqueadas	2	1	4	2	10
Eldorado do Sul	-	-	2	-	2
General Câmara	10	2	5	2	22
Minas do Leão	1	-	4	-	5
Pantano Grande	3	2	2	1	10
Rio Pardo	8	3	2	5	19
São Jerônimo	3	4	6	4	19
Triunfo	1	1	4	3	12
Vale Verde	3	1	1	1	6
Total	**38**	**15**	**35**	**22**	**123**

Fonte: UFSC/CEPED (2013).

9.1.2 Geologia

9.1.2.1 Unidades geológicas

As Unidades Geológicas (CPRM, 2014) que constituem o arcabouço geológico da área de estudo representam, indiretamente, as Formações Geológicas do Estado do Rio Grande do Sul. Ao longo do leito, de suas margens e da faixa transversal ocorre rocha granítica, representando o Escudo Sul Rio Grandense, rochas hipoabissais e sedimentares, representando a Bacia do Paraná, e formações sedimentares Pleistocênicas que representam a evolução da Planície Costeira em conjunto com os depósitos Holocênicos que além da Planície Costeira, também representam os ambientes sedimentares da calha atual do Rio Jacuí e sua planície de inundação.

Seguindo a evolução geológica do Estado, o Sienogranito Serra do Herval é a Unidade Litoestratigráfica mais antiga da área de estudo, sendo um Fácies da Suíte Granítica Dom Feliciano que ocorre na forma de Stocks grosseiramente alinhados com orientação NE-SW e idade aproximada de 550 Ma. O mesmo está localizado no município de Triunfo e constitui a "ombreira" leste do Rio Taquari na foz do mesmo, e consequentemente, ocorre na margem esquerda do Rio Jacuí. Associado a esta unidade e condicionando a mesma está o Sistema de Falhas Dorsal de Canguçu, representado na área pela Falha do Leão, falha esta que secciona a área de estudo na região de Amarópolis e a formadora do desnível que foi responsável pela instalação da Barragem e Eclusa homônima. Este sistema de falhas NE – SW bem como outros sistemas L-W e NW-SE também ocorrem ao longo da área.

O Domínio Bacia do Paraná ocupa quase todo o substrato do baixo e médio curso do Rio Jacuí. Este domínio é constituído por rochas sedimentares com idades entre o Permiano e o Triássico (290-200 Ma), intrudidas por rochas vulcânicas de idade Juro-Cretácea (125-131 Ma). A sequência Permo-triássica é composta na área pelas Formações Rio do Rastro, Sanga do Cabral e Serra Geral. A primeira ocorre somente no Subtrecho A, logo a jusante da barragem de Amarópolis, em sua margem esquerda. Já as Formações Sanga do Cabral e Serra Geral afloram nos Subtrechos B e C, estando a Formação Sanga do Cabral predominantemente na margem esquerda e a Formação Serra Geral no leito destes subtrechos.

- Formação Rio do Rastro (P3T1rr): argilitos, siltitos e arenitos finos a muito finos em camadas tabulares ou lenticulares alongadas, cores róseas a avermelhada; arenitos de granulação fina, róseos, maciços ou com estratificação planoparalela e cruzada acanalada, camadas tabulares ou lenticulares. Arenitos finos a médios, cinza claro, com estratificação cruzada acanalada de médio a muito grande porte, intercalados com argilitos e siltitos vermelhos.
- Formação Sanga do Cabral (T1sc) - arenitos finos, cor rosa e laranja, lenticulares, maciços e com laminação horizontal e cruzada acanalada de médio e grande portes, associados a canais fluviais e dunas eólicas; conglomerados intraformacionais, cor rosa e laranja, lenticulares, maciços e com laminação cruzada acanalada de médio porte, contendo fragmentos de

ossos, relacionados a canais fluviais efêmeros; lutitos vermelhos laminados depositados em corpos lacustres

- Formação Serra Geral: genericamente esta unidade é constituída por basaltos, andesitos, riodacitos e riolitos intercalados com arenitos intertrápicos Botucatu na base e litarenitos e sedimentos vulcanogênicos da porção mediana ao topo da sequência. Esta Formação foi subdividida em oito Fácies, que para a área em estudo não há como nem porque defini-las, mas sim caracterizar os diques e soleiras de diabásio e/ou riolito como rochas hipoabissais.

Ainda associadas às formações triássicas, foi identificada também a ocorrência da Laterita Formigueiro (N3lf) constituída por crostas lateríticas, cor marrom e amarelo, com padrão de fraturamento esférico, e conglomerado marrom cimentado por óxido/hidróxido de ferro, gerados pela concentração superficial de óxido/hidróxido de ferro induzida pelo clima, no solo e em depósitos cascalhosos de canais fluviais.

O Domínio da Planície Costeira Interna e principalmente da Planície Aluvial, de idade terciária a quaternária é constituída por um espesso pacote de sedimentos inconsolidados depositados no Pleistoceno (entre 1.8 e 0.01 milhões de anos) e no Holoceno (últimos 100.000 anos), respectivamente. Estes sedimentos estão representados por depósitos de lagunas e barreiras marinhas (Barreira Pleistocênica III) e, mais acima por depósitos lacustres e paludiais, sobrepostos por depósitos fluvio-lacustres e eólicos associados ao Rio Jacuí, (Barreira Holocênica). Finalmente erodindo e depositando sobre este ambiente estão os depósitos aluvionares atuais.

A desembocadura dos rios Jacuí, Gravataí, Caí e Sinos quando alcança o Lago Guaíba formam o Delta do Jacuí. Um delta é definido como a transição de um canal fluvial para o corpo d'água onde desemboca, seja este um lago, um estuário ou o mar (Walker, 1992). O Delta do Jacuí é o local onde os rios Jacuí, Gravataí, Caí e Sinos terminam seus cursos. O ambiente deltaico também é um indicador do nível de base de erosão de uma região. Desta maneira, considera-se que abaixo deste nível não ocorrem mais processos erosivos e dominam os processos de deposição. Os rios não se posicionam abaixo desse nível, pois o delta se caracteriza por ser um obstáculo à atuação dos processos erosivos. O Delta do Jacuí é constituído por ilhas e canais distributários que resultam da deposição de sedimentos devida à desaceleração da velocidade das águas provindas dos canais fluviais dos rios Jacuí, Caí, Sinos e Gravataí quando estes desembocam no Lago Guaíba.

9.1.2.2 Geologia local

As Unidades Litoestratigráficas e Sedimentares já foram definidas e descritas no capítulo anterior, sendo agora identificadas pontualmente ao longo da área de estudo Como dito anteriormente, a Falha do Leão é uma estrutura com orientação nordeste que secciona a área nos Subtrechos A e B, na Barragem e Eclusa de Amarópolis, construída justamente para transpor este obstáculo geológico e instalar a hidrovia na região. Assim como esta estrutura tectônica que influencia tanto na navegação quanto nos processos de erosão e sedimentação

a jusante, outras estruturas geológicas foram identificadas na área, tanto em imagens de satélite quanto em campo.

Nos Subtrechos B e C, a oeste da Falha do Leão, tem como substrato e condicionamento geológico a Formação Sanga do Cabral, pertencente à Bacia do Paraná. Tal área é constituída na base por conglomerados intraformacionais e arenitos conglomeráticos, mal selecionados, com estratificação cruzada acanalada e planar de pequeno a médio porte, e no topo por arenitos finos com laminação planoparalela (SCHERER *et al.*, 2000). Já à leste da Falha do Leão, aflora a Formação Rio do Rastro no Ponto 267 e observa-se Ponto 286 a diferença de relevo no município de Triunfo condicionada pelo Sienito Serra do Herval.

As exposições de rochas da Formação Sanga do Cabral são condicionadas pelo sistema de falhamentos regional, e é esse sistema que condiciona e/ou influencia boa parte da dinâmica da calha do Rio Jacuí nestes dois segmentos. Os afloramentos desta Formação ocorrem predominantemente na margem esquerda do Rio Jacuí e foram identificados e catalogados nos pontos 081, 090, 127, 130, 170, 172, 197, 216, 222, 228 e 250.

Ainda em relação ao condicionamento tectônico da área em estudo estão intrudidas rochas hipoabissais, geralmente na forma de diques de diabásio, que condicionam tanto o escoamento no canal quanto os processos erosivos das margens. Eles foram identificados devido a sua exposição acima da linha d'água nos Pontos 084, 085, 114, 143, 229, 238 e 340. Neste último (Figura 9.7), aflora uma soleira de aproximadamente dois hectares de área (Figura 9.8), geralmente submersa. A mesma foi observada em 07 março de 2020, em período de forte estiagem, onde foi possível caminhar sobre o "leito imerso" do Rio Jacuí (Figura 9.9).

Essas ocorrências de intrusões de rochas diabásicas nas formações Triássicas estão associadas ao sistema de falhas e fraturas regional que geraram "degraus" no leito do rio, desníveis naturais que foram praticamente eliminados com as três barragens instaladas neste trecho do Rio Jacuí. Além destes desníveis condicionados pelas estruturas tectônicas existentes que ficaram submersos, também se inferiu algumas lajes de rochas. Há formações conglomeráticas com seixos e ou blocos, com matriz laterítica, observados nos Pontos 113, 158, 159 e 194. Os mesmos podem ser relacionados à Formação Laterita Formigueiro (N3lf).



Figura 9.7 – Localização da Soleira de diabásio com área aproximada de dois hectares, que foi identificada no ponto 340 em março de 2020.
Fonte: Adaptado de Google Earth.



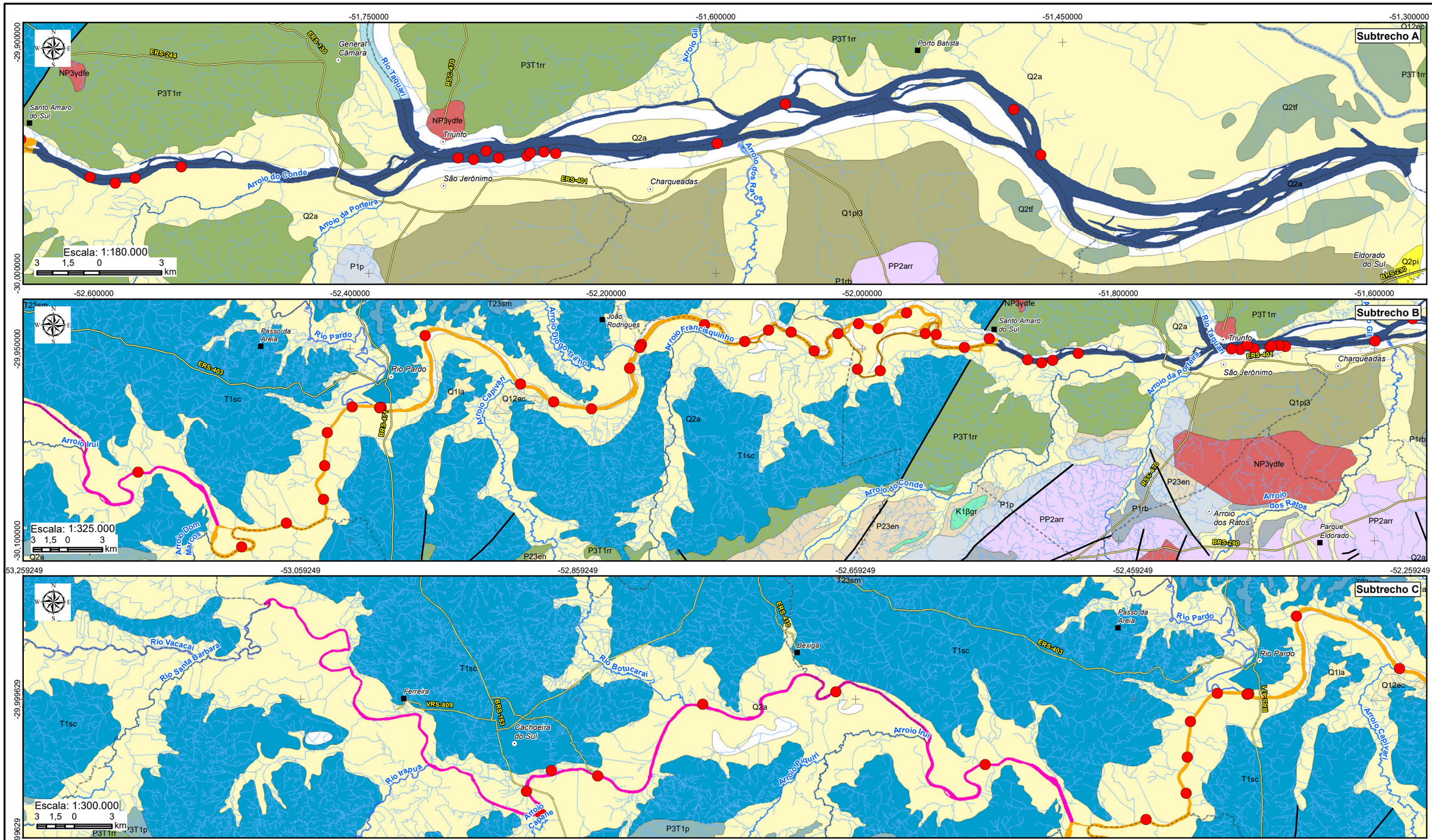
Figura 9.8 – Detalhe da imagem anterior com a localização da Soleira de diabásio e/ou outra rocha hipoabissal, com área aproximada de dois hectares.
Fonte: Adaptado de Google Earth.



Figura 9.9 – Soleira de diabásio ou outra rocha hipoabissal, com área aproximada de dois hectares, que foi identificada no ponto 340 em março de 2020, com o nível do rio abaixo do normal devido à estiagem.

Além das Unidades Litoestratigráficas descritas anteriormente, os sedimentos quaternários recobrem praticamente toda área de estudo, estando os mais antigos associados aos Depósitos da Barreira Pleistocênica III, em específico aos Depósitos de Planície Lagunar. Estes depósitos são constituídos na sua base pela intercalação de pacotes de areias finas a médias e depósitos de argilas plásticas e siltes. Estes depósitos arenosos são imaturos e mal classificados, com areias de formas subarredondadas a arredondadas, compostas a base de quartzo, com ocorrência subordinada de feldspatos e minerais opacos, principalmente, magnetita. A sedimentação destes depósitos está associada à formação do terceiro sistema de laguna e barreira, representando as variações relacionadas a terceira linha de costa desenvolvida no Quaternário (Villwoock e Tomazzelli, 1995).

Acima destes depósitos, ocorrem os depósitos relacionados a Barreiras Holocênicas. Estes depósitos são os mais recentes e constituem três sistemas distintos representados por Depósitos Coluvio-Aluviais, Depósitos de Planície Lagunar e áreas de Turfeiras. Todos estes depósitos estão relacionados com as áreas de extravasamento do curso do Rio Jacuí e associados, bem como depósitos de canais e barras de canais abandonados, constituindo os antigos meandros do mesmo. Os Depósitos Coluvio-Aluviais cobrem a maior da área e estão representados pela acumulação de sedimentos relacionados aos depósitos fluvio-lacustres e eólicos associados aos sistemas deposicionais do Rio Jacuí. Estes depósitos estão representados pela intercalação de espessas camadas de argilas e siltes, com contribuição variável de material turfáceo heterogêneo, e camadas subordinadas de areias finas a grossas.



LEGENDA

- Sede municipal
- Vila
- Rodovia
- Rios principais
- Hidrografia
- Limite municipal

Rio Jacuí

- Subtrecho A
- Subtrecho B
- Subtrecho C

- Localização dos Processos Minerários com Monitoramento Sedimentométrico
- Estruturas

Unidades Geológicas

- Q2pi - Depósito de Barreira Holocênica - Depósitos de Planície de Inundação
- Q2a - Depósito de Barreira Holocênica - Depósitos Aluvionares
- Q1la - Depósito de Barreira Pleistocênica 1 - Depósito de Leque Aluvial
- Q12ec - Depósitos eluviais e coluviais
- K1βgr - Fácies Gramado
- NP3ydfe - Fácies Serra do Herval
- P1p - Formação Palermo
- P1rb - Formação Rio Bonito
- P23en - Subgrupo Estrada Nova
- P3T1p - Formação Pirambóia
- P3T1rr - Formação Rio do Rastro
- Q1pl3 - Depósito de Barreira Pleistocênica 3 - Depósitos de Planície Lagunar
- Q2tf - Depósito de Barreira Holocênica - Depósitos de Turfeira
- T1sc - Formação Sanga do Cabral
- T23sm - Formação Santa Maria
- PP2arr - Complexo gnáissico Arroio dos Ratos

Elaboração: PROFILL

RELATÓRIO FINAL

ZONEAMENTO AMBIENTAL PARA A ATIVIDADE DE MINERAÇÃO DE AREIA NOS CURSOS MÉDIO E BAIXO DO RIO JACUÍ

Contratação e fiscalização: Fepam

Sistema de Coordenadas Geodésicas
Sistema Geodésico de Referência SIRGAS2000
Escala: Indicada

Mapa 9.3 - Arcabouço geológico regional nos cursos médio e baixo do rio Jacuí

Fonte de dados:
- Sede municipal: SEMARS (2018)
- Limite municipal: SEMARS (2018)
- Limite estadual: IBGE (2019)
- Rodovia: SEMARS (2018)
- Hidrografia: SEMARS (2018)
- Subtrechos: Adaptado de DRH/SEMA (2015)
- Geologia: CPRM (2014)

9.1.3 Geomorfologia

A geomorfologia da área de interesse é apresentada neste diagnóstico consolidado em duas escalas de mapeamento, uma regional e outra local. Primeiramente, será apresentado o contexto geomorfológico regional através da caracterização e descrição das unidades e feições geomorfológicas.

Após será apresentado o contexto geomorfológico em nível local, que obtido através da execução de caracterizações locais da área na área de interesse. Tal caracterização ocorreu a partir dos levantamentos de dados primários, com esforço amostral 1:25.000 (Figura 9.10), abrangendo os subtrechos C e B, posteriormente foi visitado o Trecho A, sendo adensados os levantamentos no Subtrecho B, entre Amarópolis e a localidade de Monte Alegre, pelo canal principal, e retornado pelo "Rio Velho" até Amarópolis, aproveitando um evento de estiagem.

A premissa dos levantamentos de campo compreendeu avaliar as condições atuais da calha do rio e suas margens, reconhecendo e caracterizando, quando possível, as formações litoestratigráficas e ou pedológicas, a geomorfologia fluvial, os ambientes de sedimentação e erosão e a cobertura vegetal das margens. Ainda, foram indicados a tipologia (erosiva, construtiva), intensidade dos processos de alteração (alto, baixo, etc.) e alterações da linha de margem nas margens caracterizadas ao longo do levantamento. Os levantamentos de campo geraram um total de 381 pontos. Destes, 63 pontos são de reconhecimento regional fora da área de estudo e 318 na área em estudo, ao longo do leito do Rio Jacuí (Mapa 7.4).



Figura 9.10 – Foz do Rio Vacacaí (acima), e vista de jusante da Eclusa de Amarópolis (abaixo).

9.1.3.1 Unidades geomorfológicas

A área em estudo abrange três Unidades Geomorfológicas de acordo com a classificação regional proposta pelo SEPLAN-IBGE (1986), sendo elas: a) Depressão do Rio Jacuí, b) Planície Lagunar, e principalmente, c) Planície Alúvio-Coluvionar. No Quadro 9.2 pode ser observada a divisão hierárquica a qual pertence estas Unidades.

Quadro 9.2 – Divisão hierárquica da geomorfologia da área de estudo.

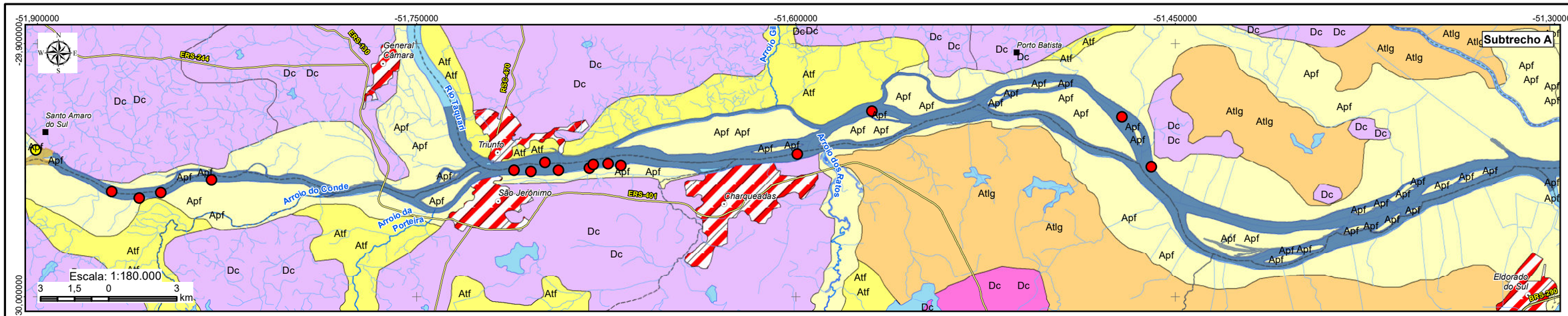
Domínios morfoestruturais	Regiões Geomorfológicas	Unidades Geomorfológicas
Domínio das Bacias e Coberturas Sedimentares	Depressão Central Gaúcha	Depressão do Rio Jacuí
Domínio dos Depósitos Sedimentares	Planície Costeira Interna	Planície Lagunar
	Planície Continental	Planície Alúvio-Coluvionar

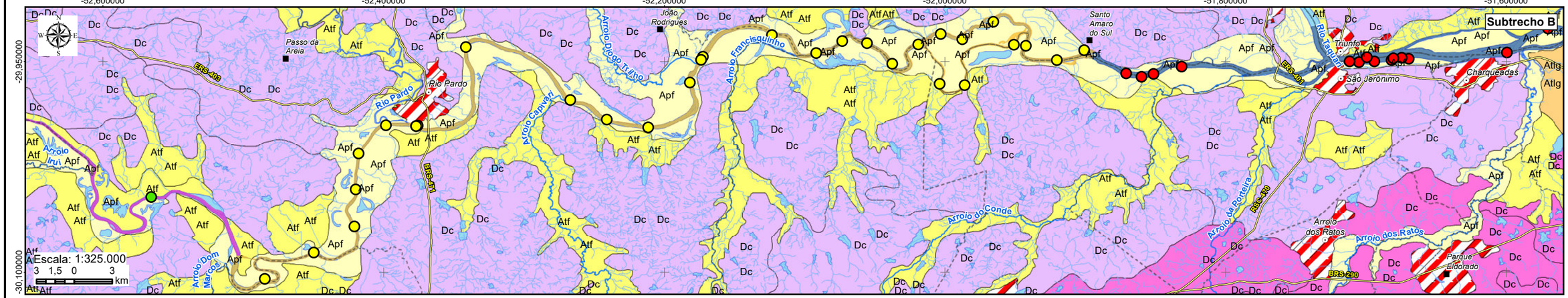
O Rio Jacuí, principal curso d'água da região, comanda uma drenagem de padrão sub-dendrítico, tendo suas cabeceiras na Unidade Geomorfológica Planalto de Santo Ângelo. Das nascentes até entrar na Depressão do Rio Jacuí, o rio tem um direcionamento geral N-S; a partir deste ponto, a direção muda para NO-SE, até a confluência com o Rio Vacacaí, quando então adquire uma direção W-E até a sua foz junto ao Lago Guaíba. Em todo o seu trajeto este rio desenvolve um traçado com amplas sinuosidades, por vezes angulosas, e segmentos retilíneos. Sua planície de inundação registra através de cordões e meandros abandonados, um comportamento do canal antigo, diferente do que se verifica atualmente. A planície do Rio Jacuí no segmento NO-SE apresenta planícies alúvio-coluvionares e terraços, fato igualmente averiguado em seus afluentes.

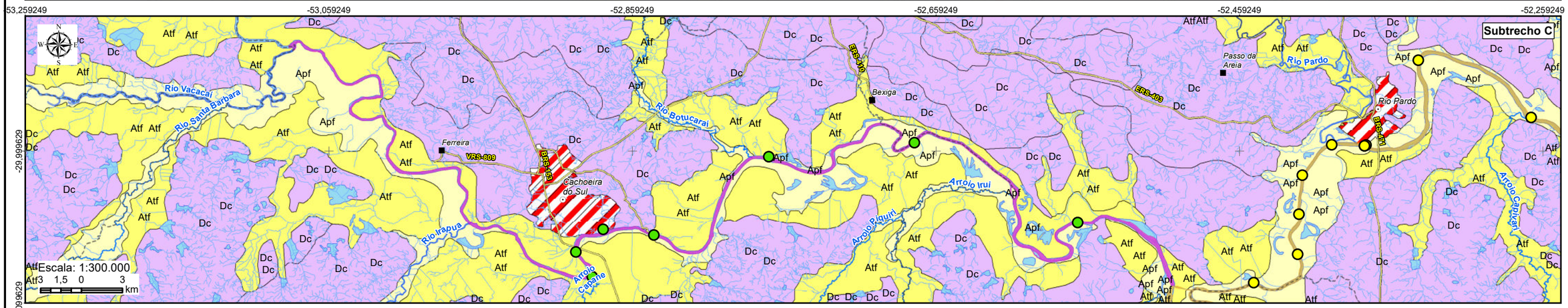
Na área de estudo, a várzea do rio é preenchida pela Unidade Geomorfológica Planície Alúvio-Coluvionar, entalhada nas planícies onduladas da Depressão Periférica do Rio Jacuí. Esta Unidade abrange os sedimentos recentes depositados pelos rios no seu leito maior provenientes dos compartimentos mais elevados, representados pelo Planalto, onde nascem os principais rios que drenam essas unidades. Ainda, muitos tributários do Rio Jacuí têm suas nascentes nas coxilhas sedimentares da própria Depressão Periférica ou Central, daí retirando materiais que são transportados até as várzeas. Os vales dos rios geralmente são largos e de fundo plano, apresentando-se encaixados nas cabeceiras (Mapa 9.4).

O levantamento das licenças ambientais ativas para mineração no Rio Jacuí mostrou que existem 2 processos ativos na unidade Depósitos Sedimentares Quaternários -Terraços Fluviais e 52 processos na unidade Depósitos Sedimentares Quaternários - Planícies Fluviais. Os dados demonstram que nos subtrechos A e B a forma de acumulação predominante é do tipo Planícies Fluviais, com margens mais baixas e suavizadas. No subtrecho C ocorrem dois processos minerários em depósitos sedimentares em Terraços fluviais, com margens mais elevadas e íngremes em relação ao nível médio do rio.

O Mapa 9.4 apresenta o arcabouço geomorfológico regional com as unidades ocorrentes nos cursos médio e baixo do Rio Jacuí, bem como a distribuição espacial dos processos minerários.







LEGENDA

- Sede municipal
- Vila
- Rodovia
- Rios principais
- Hidrografia
- Limite municipal

Rio Jacuí
- Subtrecho A
- Subtrecho B
- Subtrecho C

Localização dos Processos Minerários
- Segmento A
- Segmento B
- Segmento C

- Área urbana
- Massa d'água

Unidade Gemorfológica
- Depósitos Sedimentares Quaternários, Apf
- Depósitos Sedimentares Quaternários, Atf
- Depósitos Sedimentares Quaternários, Atlg
- Bacias e Coberturas Sedimentares Fanerozóicas, Dc
- Crátons Neoproterozóicos, Dc

Elaboração: PROFILL

RELATÓRIO FINAL

ZONEAMENTO AMBIENTAL PARA A ATIVIDADE DE MINERAÇÃO DE AREIA NOS CURSOS MÉDIO E BAIXO DO RIO JACUÍ

Contratação e fiscalização: Fepam

Sistema de Coordenadas Geodésicas
Sistema Geodésico de Referência
SIRGAS2000
Escala: Indicada

Mapa 9.4 - Arcabouço geomorfológico regional com as unidades ocorrentes nos cursos médio e baixo do rio Jacuí

Fonte de dados:
- Sede municipal: SEMARS (2018)
- Limite municipal: SEMARS (2018)
- Rodovia: SEMARS (2018)
- Hidrografia: SEMARS (2018)
- Subtrechos: Adaptado de DRH/SEMA (2015)
- Geomorfologia: RadamBrasil, 1986 apud DRH/SEMA (2015)

A Unidade Geomorfológica Alúvio-Coluvionar próximo a foz do Rio Jacuí se torna mais restrita, ocorrendo uma maior abrangência da Planície Lagunar. A Planície Lagunar corresponde a uma superfície de baixas altitudes que, na bacia do Baixo Jacuí, está situada entre a desembocadura dos rios Taquari, Sinos, Caí, Gravataí com o Rio Jacuí e com o Lago Guaíba. Esta área é dominada por terraços lagunares. Segundo Frank (1989), há algumas feições que se destacam nesta unidade, tais como: a) Terraço Lagunar, b) Terraço Fluvial, c) Diques Marginais, e d) Canais Abandonados.

Os terraços lagunares associados a Unidade Planície Lagunar se desenvolveram durante a terceira grande transgressão-regressão, possui seu maior desenvolvimento ao sul do Rio Jacuí, estendendo-se da cidade de Charqueadas até a cidade de Guaíba, com uma extensa área plana e cotas entre 5 e 7 metros, que aumentam para 12 a 15 metros nas imediações de Charqueadas. Dificilmente atingidas pelas cheias, estas áreas possuem um relevo plano e homogêneo, sendo ocupadas dominantemente por lavouras de arroz. A drenagem é pouco desenvolvida e está muito alterada pelos canais de irrigação antrópicos, não havendo nenhum curso d'água de porte desenvolvendo-se neste terraço.

As Unidades descritas acima na área de estudo são delimitadas tanto a norte quanto a sul pela Unidade Geomorfológica Depressão do Rio Jacuí, correspondendo a uma superfície relativamente baixa em relação ao Planalto Meridional e o Escudo. Nesta Unidade os processos erosivos dissecaram as rochas sedimentares permianas e triássicas gerando uma superfície com amplas colinas de baixa declividade (coxilhas) e deixando relevos residuais na forma de morros testemunhos de considerável valor altimétrico. Esta região caracteriza-se por apresentar relevo homogêneo, com pouca variação altimétrica. A dissecação feita pelos rios forma vales largos com fundo planos sendo estes mais encaixados nas cabeceiras (nascentes), devido ao estágio de evolução da drenagem e do modelado de dissecação. O padrão de drenagem dominante é do tipo dendrítico. A densidade de drenagem é baixa devido à permeabilidade das formações sedimentares presentes na parte central da bacia do Baixo Jacuí.

Além das Unidades Geomorfológicas identificadas e relacionadas, também foi classificada a quarta ordem de grandeza de classificação geomorfológica os Modelados, que na área em estudo são de acumulação e de dissecação. Os modelados de acumulação são de origem fluvial e lagunar, abrangendo os Subtrechos C e B e o Subtrecho A, respectivamente.

O segundo tipo de modelado é o Modelado de Dissecação. Os modelados de dissecação homogênea e estrutural são definidos pela forma dos topos e pela combinação das variáveis densidade e aprofundamento da drenagem. No modelado de dissecação homogênea, observam-se diversos tipos de padrões de drenagem, porém são predominantes os padrões dendríticos, subparalelo, sub-retangular e outros compostos, cujos canais não obedecem a uma direção preferencial.

Os modelos de dissecação homogêneo e estrutural são definidos pela forma dos topos e pela combinação das variáveis densidade e aprofundamento da drenagem. As formas de topos convexos (Dc) são geralmente esculpidas em rochas ígneas e metamórficas e

eventualmente em sedimentos, às vezes denotando controle estrutural. São caracterizadas por vales bem definidos e vertentes de declividades variadas, entalhadas por sulcos e cabeceiras de drenagem de primeira ordem.

9.1.3.2 Morfodinâmica das Margens

Entre os principais parâmetros para se analisar um rio estão suas margens, pois definem o canal e os tipos de depósitos sedimentares formados no canal. As margens de um rio são, geralmente, paralelas e delimitam o canal, cujo padrão é comumente classificado como reto, sinuoso ou meandrante. Quando associado às cargas sedimentares e declividades do leito, incluem-se mais dois tipos de canais fluviais além dos retilíneos/sinuosos e do meandrante: os canais anastomosados e entrelaçados (MIALL, 1977), os quais são também relacionados aos depósitos sedimentares. Esses tipos de canais fluviais são observados no trecho do Rio Jacuí em estudo (Figura 9.11).

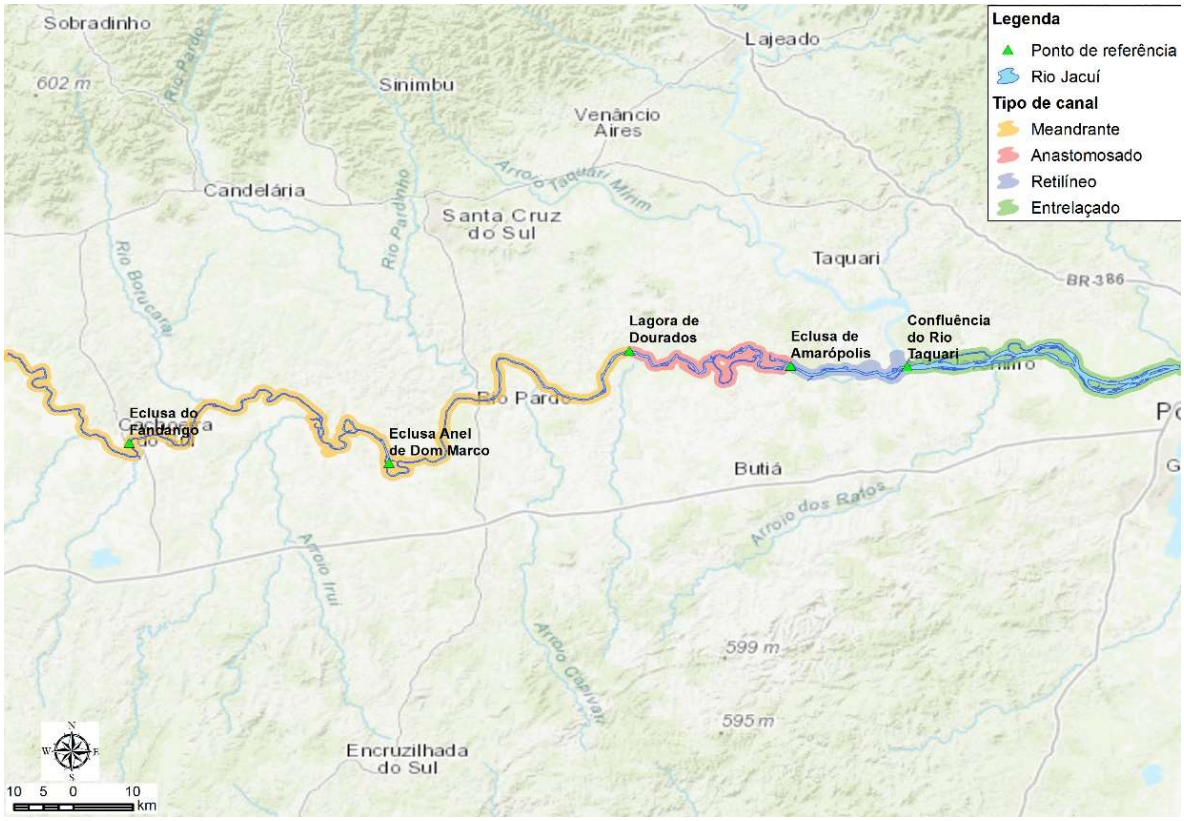


Figura 9.11 – Os quatro tipos de canal fluvial definidos e segmentados na área em estudo: meandrante, anastomosado, retilíneo e entrelaçado.

Um rio, contudo, não se restringe ao seu canal principal e a seus tributários, bem como não é estanque – é, também, parte do processo do ciclo hidrológico em uma bacia hidrográfica, é o reflexo das condições naturais e influências antrópicas de uma bacia, as quais não só condicionam o escoamento superficial, estabelecendo os regimes de vazão, como também na recarga das águas subterrâneas, na captação de nascentes ou nas alterações de vazão delas.

A planície de inundação é uma feição deposicional do vale do rio associada a um regime climático ou hidrológico particular da bacia de drenagem. Os sedimentos são temporariamente estocados na planície de inundação ao longo do vale e, sob condições de equilíbrio, sem aumento ou diminuição por um longo tempo (anos), a taxa de entrada de sedimentos é igual à de saída. Porém, uma alteração das condicionantes do equilíbrio, através de processos tectônicos ou por mudanças no regime hidrológico, naturais ou antrópicas – incluindo mudanças no aporte de sedimentos e de água, bem como no nível de base de erosão –, poderá resultar na alteração da planície de inundação e levar à degradação e formação de terraço, ou, por outro lado, levar à nova agradação (LEOPOLD *et al.*, 1964).

Segundo Goy *et al.* (1991), anomalias geomorfológicas indicadoras de atividades neotectônicas são divididas em cinco grupos, sendo eles: a) relacionados a escarpas de falhas e lineamentos; b) relacionados a depósitos superficiais deformados; c) relacionados a interflúvios e vertentes; d) relacionados a rede de drenagem; e) relacionados à disposição geométrica espacial dos depósitos superficiais. Como veremos a seguir há vários indícios de influência neotectônica no leito, nas margens e na forma de alguns canais do trecho dos cursos médio e baixo do Rio Jacuí.

9.1.3.3 Subtrecho C

O Subtrecho C inicia na Barra do Rio Vacacaí e termina na Eclusa de Anel de Dom Marco. Neste trecho em estudo, o condicionamento estrutural regional (sistema de falhas e fraturas) do Rio Jacuí é significativo. Toma-se como exemplo logo no início da área em estudo onde o canal com direcionamento geral N-S inflete para leste em ângulo de 90 graus, até a confluência com o Rio Vacacaí (Figura 9.12).

A partir desta inflexão, o escoamento principal adquire uma direção principal W-E até a sua foz junto ao Lago Guaíba. Porém da foz do Rio Vacacaí até a Lagoa de Dourados se observa que a extensão norte sul varia aproximadamente em 20 km e que a partir da lagoa até a foz do Rio Jacuí esta amplitude diminui para 8 km.



Figura 9.12 – Início da área em estudo onde o canal com direcionamento geral N-S, a montante do ponto 060, inflete para leste em ângulo de 90 graus, até a confluência com o Rio Vacacaí (ponto 062).

Foi possível observar três tipos de canal no levantamento de campo, sendo eles: o canal reto (pontos 062, 133, 162 e 193), o canal sinuoso (pontos 066, 126, 148 e 176) e o canal meandrante entre os pontos 066 e 125, 156 e 169 e entre os 176 e 188.

A calha menor (leito do rio) possui entre 100 e 300 m de largura e a calha maior (planície de inundação) representada pela cota topográfica de 20 m (primeira linha branca ao lado de ambas as margens, Figura 9.13) pode chegar a cinco quilômetros de largura ou mais. Observa-se como a planície de inundação é ampla até o Ponto 093 e depois fica encaixada até o ponto 154, com exceção do ponto 107, na foz do Arroio Irapuá e entre os pontos 136 e 147. Do ponto 154 até a Eclusa de Anel de Dom Marco, a planície de inundação torna-se mais ampla e contínua, com exceção do ponto 169, onde há um “estrangulamento” da calha maior.

O trecho entre os pontos 176 e 188 pode ser considerado também como um canal anastomosado, porém é apenas reflexo e influência da zona de remanso da Eclusa de Anel de Dom Marco (ponto 193), a qual inunda os meandros abandonados.

Quando se observa mais atentamente as imagens aéreas diversas (imagens extraídas Google Earth e aerofoto do Exército Brasileiro), tanto em datas (1960, 1964, 2019 e 2020) quanto em formatos, é possível que se determine alguns fatores condicionantes da evolução e transformação da geomorfologia fluvial. Tais fatores podem dizer respeito tanto à migração da calha menor, quanto ao condicionamento da calha maior nos últimos 500 anos, inferência esta arbitrada a partir de modelos de ambientes de sedimentação existentes na bibliografia sobre o tema.

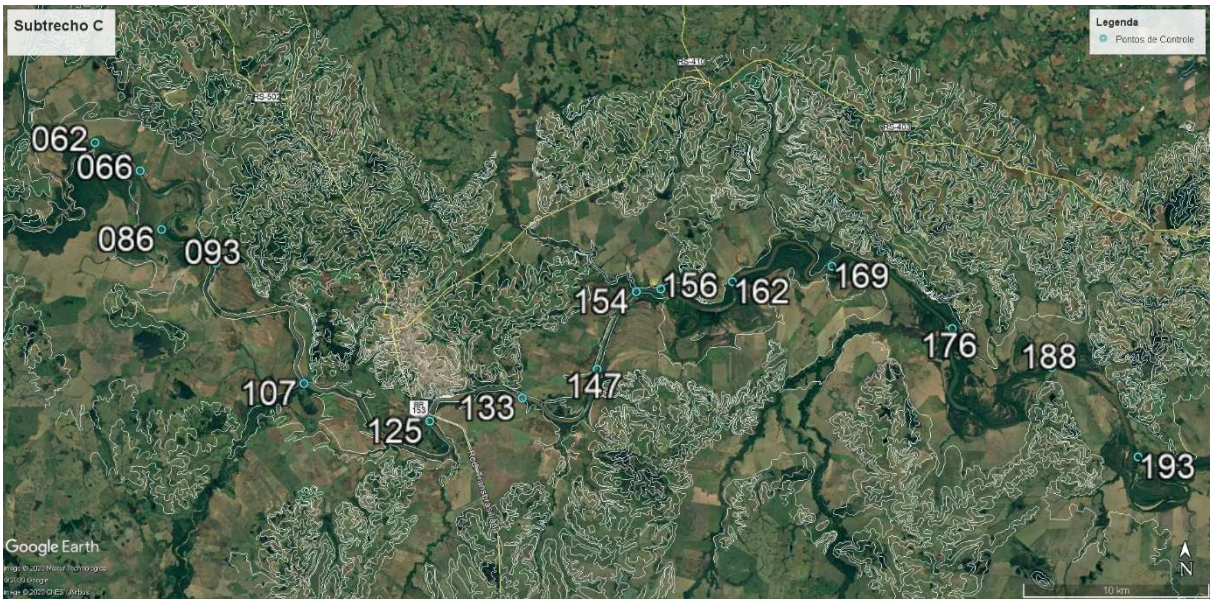


Figura 9.13 – Subtrecho C onde se observa a calha menor (leito do rio) entre 100 e 300 m de largura e a calha maior (planície de inundação) que pode chegar a cinco quilômetros de largura ou mais.
Fonte: Adaptado de Google Earth (2020).









































LEGENDA

- Pontos de Campo - Inverno
- Rio Jacuí

Geomorfologia (RADAM)

- Depressão Rio Jacuí
- Planície Alúvio-coluvionar

RELATÓRIO FINAL

PROFILL

ZONEAMENTO AMBIENTAL PARA A ATIVIDADE DE MINERAÇÃO DE AREIA NOS CURSOS MÉDIO E BAIXO DO RIO JACUI

Fepam

Sistema de Coordenadas Geodésicas
Sistema Geodésico de Referência
SIRGAS2000

ESCALA 1:39000

Mapa 9.5 – Distribuição dos Pontos de Controle de Interesse do Levantamento de Campo das Margens do Rio Jacuí – Subtrecho C

FONTE DE DADOS:
- Hidrografia: DRH/SEMA (2015)
- Geomorfologia: RadamBrasil, 1986 apud DRH/SEMA (2015)
- Pontos e fotos de campo: Profill (2019)

Estruturas tectônicas também são observadas afetando as rochas aflorantes nas margens, com maior ocorrência na margem esquerda. Logo nos primeiros pontos essas estruturas já podem ser observadas, onde, na margem esquerda (Ponto 127), aflora um paredão de arenito com aproximadamente 20 m de altura e mais de 500 m de comprimento, semelhante ao ponto 130, onde também aflora o mesmo arenito na margem esquerda. Além das exposições de rocha nas margens e no leito, as barras em pontal são constantes neste Subtrecho, tanto submersas quanto emersas (Tabela 9.1).

Tabela 9.1 – Intervalo, distância e orientação dos segmentos de canais retilíneos que possuem condicionamento estrutural (fraturas ou falhas) no Subtrecho C.

Intervalo de Referência (Pontos)	Distância (Km)	Azimute (Graus)	Quadrante
064 - 073	2,65	150	SE
075 - 080	1,75	062	NE
081 - 084	1,65	171	SE
084 - 085	1,20	266	SO
089 - 092	1,50	147	SE
093 - 095	1,55	200	SO
096 - 099	3,35	083	NE
102 - 106	1,47	199	SO
114 - 116	1,60	160	SE
117 - 122	3,05	112	SE
130 - 134	2,1	115	SE
135 - 136	1,1	135	SE
141 - 150	5,1	020	NE
150 - 155	2,0	040	NE
156 - 159	3,1	115	SE
161 - 162	1,1	005	NE
162 - 163	1,5	070	NE
163 - 164	1,2	020	NE
168 - 170	2,3	050	NE
170 - 172	2,1	115	SE
172 - 176	4,5	130	SE
176 - 178	1,6	165	SE
188 - 189	1,5	115	SE
189 – 191	2,1	130	SE
191 - 193	3,1	160	SE

Feições erosivas foram observadas em todos os tipos de canais, tanto em meandrantes quanto em canais retilíneos. Essas feições ocorrem nas margens erosivas, nas margens deposicionais e também nas margens sinuosas ou retilíneas. Os fatores naturais que ocasionam os processos erosionais nas distintas margens possuem algumas características diferentes.

Ainda se tratando dos processos erosivos, outro ponto que merece destaque nesse Subtrecho é o ponto 139, que fica na primeira curvatura à esquerda, entre a Cachoeira das

Alminhas e a Cachoeira das Almas, e tem em sua margem direita, margem erosiva, na foz do Arroio São Nicolau.

Finalizando a caracterização deste Subtrecho, no que se refere aos processos de deposição e erosão – típicos de sistemas fluviais meandrantes –, está o segmento do ponto 168. Este meandro é uma feição clássica de sistema de barra em pontal evoluindo para meandro abandonado, uma vez que o ângulo interno de 30 graus permite a aproximação entre os canais de montante e jusante. Essa aproximação leva ao rompimento da barra e cria um novo canal, típico da evolução deste tipo de sistema fluvial. Porém, a partir da instalação da Eclusa de Anel de Dom Marco, esse sistema foi alterado com a estabilização da declividade.

A comparação da imagem de 2018, disponível no aplicativo Google Earth com a aerofoto de 1964 mostra o sistema meandrante original e a interferência gerada pela instalação da Eclusa de Anel de Dom Marco (Figura 9.14). Também é possível observar claramente a barra em pontal existente, submersa. Além disso, observa-se também a extensão da erosão, na margem erosiva, com aproximadamente 600 m de comprimento.

Em ambas as imagens a elipse azul indica o local do canal da ensecadeira enquanto a elipse vermelha indica o canal aberto para navegação. Já a elipse amarela destaca a influência da elevação do nível de base na inundação de áreas marginais.

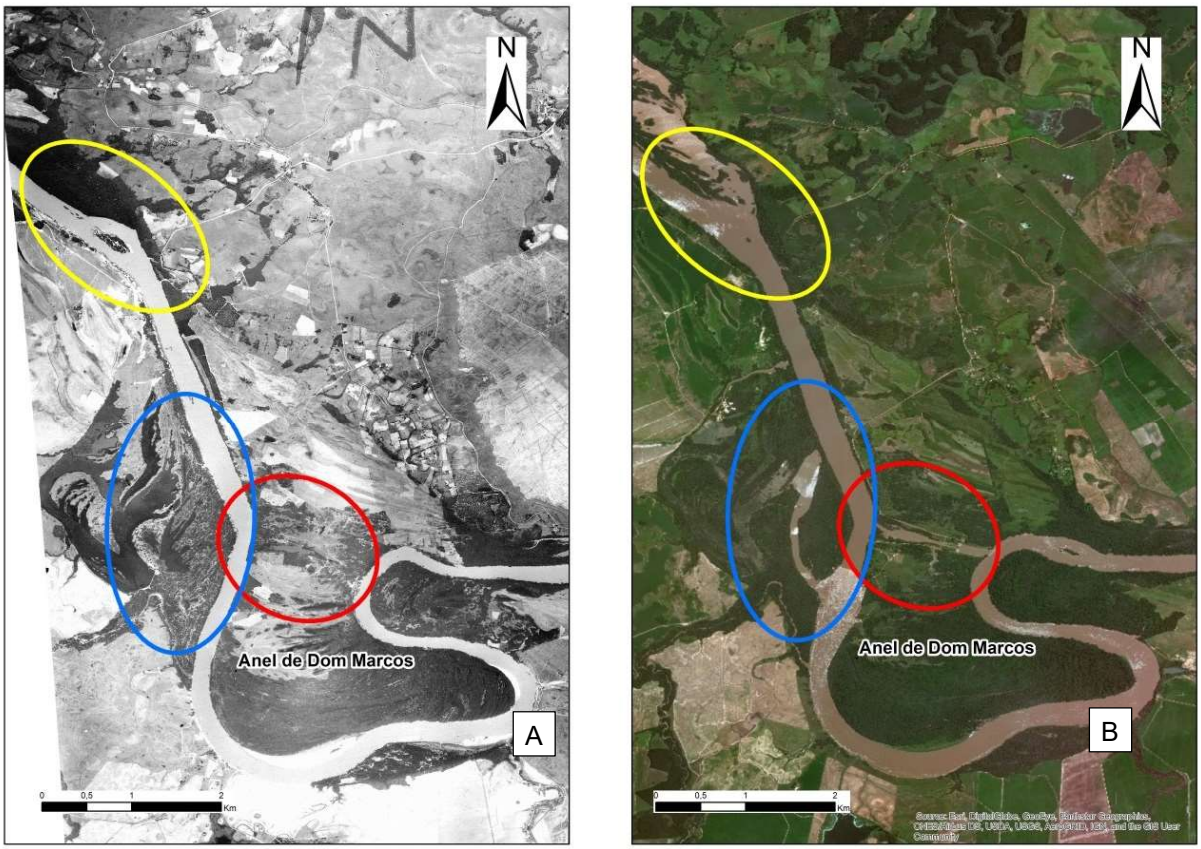


Figura 9.14 – Imagem (A) aerofoto do Exército Brasileiro, escala 1:60.000, da década de 1960, ilustra as condições naturais antes da intervenção antrópica, e (B) imagem Esri atual.

9.1.3.4 Subtrecho B

O subtrecho B (Figura 9.15) inicia na Eclusa de Anel de Dom Marco e termina na Barragem e Eclusa de Amarópolis. Neste trecho, de aproximadamente 78 km, iniciando no Ponto 194 e terminando no Ponto 267 também se observam as 3 classes de um rio com canais simples, sendo canal reto e canal sinuoso entre os Pontos 194 e 244, e canal meandrante entre os pontos 244 e 266. Quando associado às cargas sedimentares e declividades, o canal meandrante pode ser considerado também como um canal anastomosado, porém ele é apenas reflexo e influência da zona de remanso da Barragem e Eclusa de Amarópolis que inunda os meandros abandonados.

A calha menor (o leito do rio) apresenta entre 100 m e 900 m. A calha maior (planície de inundação) não pode mais ser representada pela cota topográfica de 20 m, pois varia entre as cotas topográficas de 15 m a 20 m aproximadamente. A cota topográfica da planície de inundação tem de ter essa variação uma vez que temos a declividade natural do Rio Jacuí, bem como variações na topografia, tanto em cota quanto em largura da planície de inundação.

Este Subtrecho tem algumas características semelhantes ao anterior, uma vez que seu condicionamento geológico estrutural tem maior abrangência e influência na forma e extensão da calha menor. Isso fica evidente seja por meio de qualquer imagem aérea, seja navegando pelo subtrecho, onde as extensões retilíneas são evidenciadas pelo tempo de navegação. As estruturas tectônicas também são observadas nas rochas aflorantes nas margens, com maior ocorrência na margem esquerda. Isso não é observado com tanta evidência como no subtrecho anterior, mas está presente ao longo deles como fica evidente no alinhamento e na extensão de segmentos retilíneos orientados (Tabela 9.2).

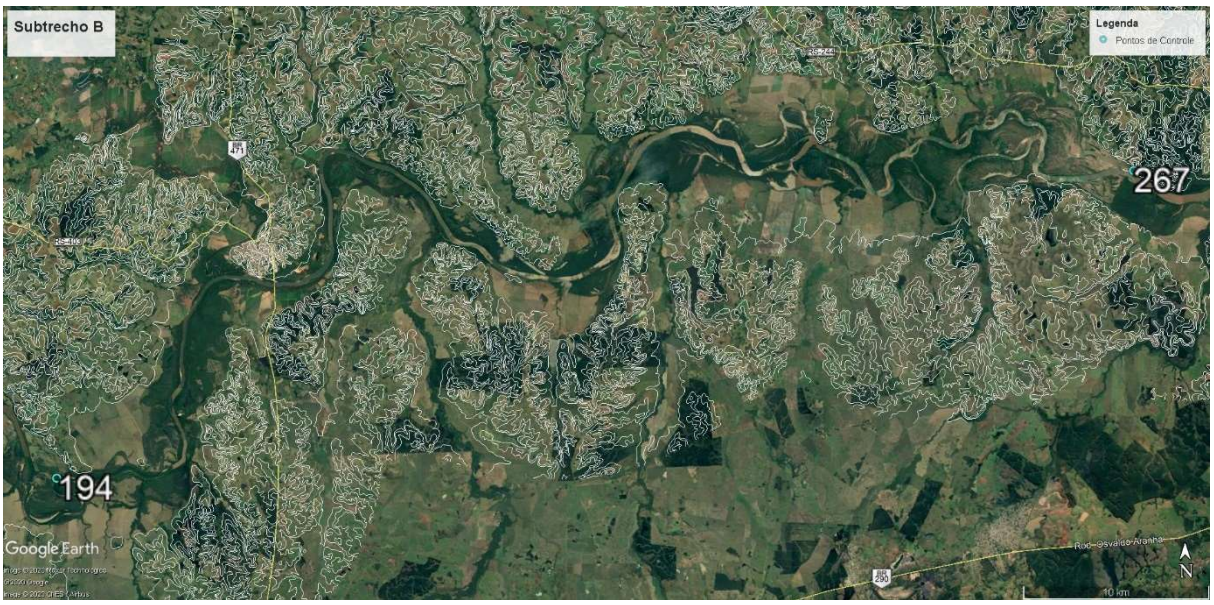


Figura 9.15 – Localização do Subtrecho B, que se inicia no Ponto 194 e termina no Ponto 267.
Fonte: Adaptado de Google Earth (2019).

52.475000°W 52.395000°W 52.315000°W 52.235000°W 52.155000°W 52.075000°W 51.995000°W 51.915000°W 51.835000°W 51.755000°W 51.675000°W 51.595000°W 51.515000°W

29.755000°S
29.835000°S
29.915000°S
29.995000°S
30.075000°S
30.155000°S
30.235000°S


P197 - MD


P212 - MD


P252 - ME


P285


P292 - ME


P221 - ME


P253 - ME


P273 - ME


P294 - ME


P200 - ME


P267 - ME


P279 - MD


P306


P202 - MD


P232 - MD


P270- MD


P281 - MD


P308 - ME


P207 - ME


P240 - ME


0 4 8 km

LEGENDA

Geomorfologia (RADAM)

- Pontos de Campo - Inverno
- Rio Jacuí
- Patamares da Serra Geral
- Planalto de Santo Angelo
- Planalto de Uruguaiana (Nível Alto)
- Planalto de Uruguaiana (Nível Baixo)
- Planalto Dissecado Rio Iguaçu-Rio Uruguai
- Planalto dos Campos Gerais
- Planalto Rebaixado Marginal
- Planaltos Residuais Canguçu-Caçapava
- Planície Alúvio-coluvionar
- Planície Lagunar
- Planície Litorânea Interna
- Planície Marinha

PROFILL

RELATÓRIO FINAL

ZONEAMENTO AMBIENTAL PARA A ATIVIDADE DE MINERAÇÃO DE AREIA NOS CURSOS MÉDIO E BAIXO DO RIO JACUI

Fepam

Sistema de Coordenadas Geodésicas
Sistema Geodésico de Referência
SIRGAS2000

ESCALA 1:65000

Mapa 9.6 – Distribuição dos Pontos de Controle de Interesse do Levantamento de Campo das Margens do Rio Jacuí – Subtrecho A e B

FONTE DE DADOS:
- Hidrografia: DRH/SEMA (2015)
- Geomorfologia: RadamBrasil, 1986 apud DRH/SEMA (2015)
- Pontos e fotos de campo: Profill (2019)

Tabela 9.2 – Intervalo, distância e orientação dos segmentos de canais retilíneos que possuem condicionamento estrutural (fraturas ou falhas) no Subtrecho B.

Intervalo de Referência (Pontos)	Distância (Km)	Azimute (Graus)	Quadrante
196	1,9	070	NE
199	1,7	060	NE
202	2,4	340	NO
204	1,3	035	NE
205	3,1	004	N
207	1,9	030	NE
216	2,9	000	N
221	3,5	115	SE
227	3,0	150	SE
239	2,1	340	NO
240	4,1	030	NE

Neste trecho foram observadas feições erosivas em todos os tipos de canais, tanto em meandrantes quanto em canais retilíneos. As feições ocorrem nas margens erosivas, nas margens deposicionais e nas sinuosas, ou retilíneas.

Analisando a imagem da Figura 9.16 com os dados levantados em campo, observa-se que o ponto 221 mostra uma barra em pontal na margem direita, deposicional, e processo erosivo na margem esquerda (margem erosiva).



Figura 9.16 – Barra em pontal que ocorre no ponto 221, margem direita. Na margem esquerda ocorre processo erosivo, principalmente onde não há vegetação.
Fonte: Adaptado de Google Earth (2019).

9.1.3.5 Subtrecho A

O último subtrecho inicia a jusante da Barragem e Eclusa de Amarópolis e se estende até o início do Delta do Jacuí (Figura 9.17). O segmento que começa na Barragem de Amarópolis e se estende até a foz do Rio Taquari possui canal sinuoso da calha menor e meandros abandonados na calha maior, identificando-o como um sistema meandrante que se extinguiu, do ponto de vista de evolução da calha, a partir da instalação da Barragem e Eclusa de Amarópolis. Isso fica bem evidente quando comparadas as imagens da Figura 9.17 com a Figura 9.18, sendo a primeira do ano de 2020 e a segunda do ano de 1964, antes da construção do barramento, na qual se observa claramente que a jusante da barragem a calha maior possui as características típicas de um sistema meandrante.

Este sistema meandrante, já extinto neste trecho de aproximadamente 18 km, migra naturalmente para um sistema entrelaçado a partir da confluência do Rio Taquari. Se somados os dois fluxos, praticamente dobra a largura da calha menor, passando de 300 m e 500 m para 600 m a 1000 m de largura, por vezes mais.

Para que se compreenda um pouco melhor esta mudança, relembra-se aqui o que já foi abordado em relação à geomorfologia fluvial, esclarecendo assim os condicionantes da alteração. Conforme dito, há uma complexidade dos fatores controladores da morfologia de um canal, sendo neste caso destacado: o controle estrutural, o aumento da descarga líquida (quantidade e variabilidade) e consequentemente da descarga sólida; a carga de sedimentos (quantidade, tipo e granulometria); a velocidade de fluxo; a declividade e rugosidade do leito do canal; bem como a densidade da cobertura vegetal nas suas margens.

A formação de canais entrelaçados é favorecida pela presença de fortes declividades, abundância de carga de fundo de granulação grossa, grande variabilidade na descarga e facilidade de erosão das margens. Apesar desse segmento não possuir alta declividade, pode-se considerar a influência da declividade do Rio Taquari, que amplia consideravelmente a descarga líquida, aumentando a energia do sistema e as consequências da descarga sólida.

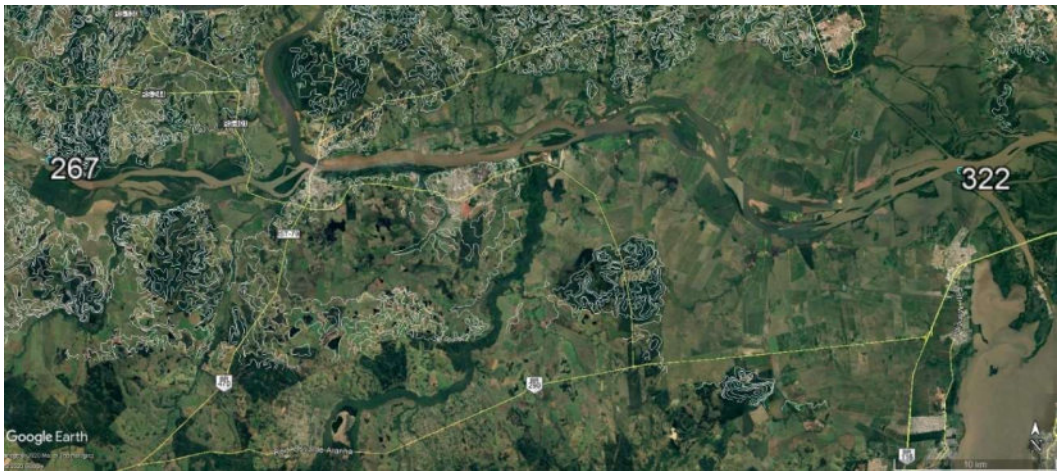


Figura 9.17 – Localização do Subtrecho A, que inicia Barragem de Amarópolis (ponto 267) e termina no Delta do Jacuí (ponto 322).
Fonte: Adaptado de Google Earth (2020).

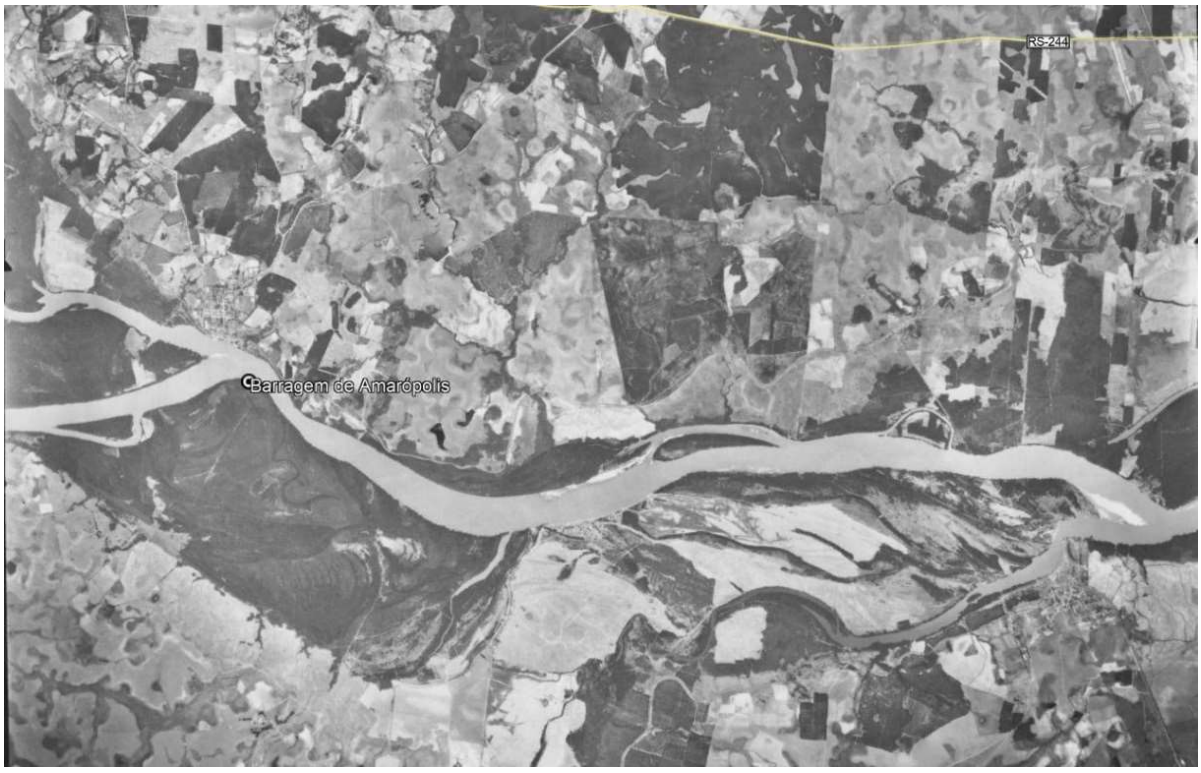


Figura 9.18 – Aerofoto nº 14576 (USAF/CPRM), de novembro de 1964, ainda sem a construção da Barragem de Amarópolis.

A Figura 9.19 e a Figura 9.20 ilustram essa transformação do Rio Jacuí antes e depois da contribuição do Rio Taquari, bem como a localização das Seções de Referência, da primeira à décima seção.



Figura 9.19 – As barras longitudinais começam a aumentar de montante para jusante, onde o tipo de canal fluvial sinuoso migra para canal entrelaçado.
Fonte: Adaptado de Google Earth (2019).

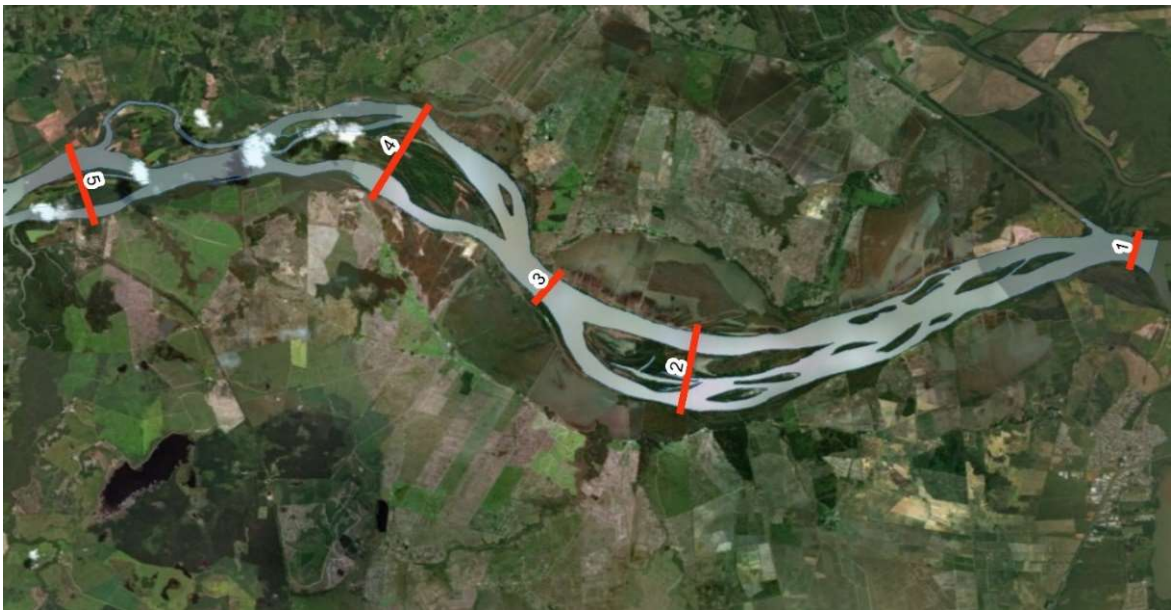


Figura 9.20 – Barras longitudinais existentes no trecho das Seções de Referência de 1 a 5, característica de canal fluvial entrelaçado.
Fonte: Adaptado de Google Earth (2019).

9.1.4 Avaliação da Qualidade das Águas

A análise da qualidade da água foi elaborada ao longo do estudo de Zoneamento, com diferentes abordagens, sendo elas descritas a seguir:

i. Levantamento de Dados Secundários: análise de dados secundários referentes ao Plano de Manejo do Parque Estadual do Delta do Jacuí - PEDJ (FZB, 2014); Plano da Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí (DRH/SEMA, 2015a); pontos monitorados pelo Programa de Estímulo à Divulgação de Dados de Qualidade de Água (Qualiágua); processos de licenciamento ambiental nos cursos médios e baixo do Rio Jacuí;

ii. Levantamento e análise de Dados Primários em 25 pontos de monitoramento, durante duas campanhas caracterizadas por períodos de seca e estiagem;

iii. Mapas Temáticos: dados secundários de 03 estações de monitoramento operados pela FEPAM; análise dos dados em comparação com os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005; Análise da efetividade do enquadramento nos pontos do Plano da bacia do Baixo Jacuí e nos pontos das campanhas de monitoramento do estudo de zoneamento, e, por fim, análise específica quanto aos parâmetros que sofrem com maiores impactos na atividade de mineração.

Nesta síntese das informações trabalhadas em relação à qualidade da água, são apresentados com maior enfoque os resultados obtidos nas campanhas realizadas no âmbito do estudo de subsídio ao zoneamento e da análise dos dados secundários provenientes da Rede Básica de monitoramento da FEPAM e do Plano da Bacia do Baixo Jacuí.

9.1.4.1 Análise dos dados obtidos ao longo das campanhas realizadas no âmbito do estudo de subsídio ao Zoneamento

As análises foram realizadas segundo os métodos padronizados pelo *Standard Methods for Examination of Water and Wastewaters* - 22ª Ed (SMWW, 2012). Foram analisados os seguintes parâmetros: Alumínio Dissolvido, Cádmio Total, Chumbo Total, Cobalto Total, Cobre Dissolvido, Coliformes Termotolerantes, Condutividade, Cor, Cromo Total, DBO, DQO, Ferro Dissolvido, Fosfato (como P), Fósforo Total, Índice de Fenóis, Manganês Total, Mercúrio Total, Níquel Total, Nitrato (como N), Nitrito (como N), Nitrogênio Amoniacal, Nitrogênio Orgânico, Nitrogênio Total Kjeldahl, Ortofosfato solúvel, Sólidos Totais, Sulfeto, Surfactantes (como LAS), Turbidez, Zinco Total.

É importante ressaltar que as campanhas foram realizadas em situações de precipitações acumuladas abaixo da média para a situação de estiagem (campanha 1) e acima da média para a situação de cheia (campanha 2).

O Mapa 9.7 apresenta a localização dos 25 pontos de amostragem da qualidade da água contemplados neste estudo. A Tabela 9.3 apresenta os resultados das duas campanhas de diagnóstico realizadas em 2019.



LEGENDA

- Sede municipal
- Vila
- Rodovia
- Rios principais
- Limite municipal
- Pontos de amostragem de qualidade das águas superficiais

Rio Jacuí

- Subtrecho A
- Subtrecho B
- Subtrecho C



Elaboração: PROFILL

Contratação e fiscalização: Fepam

RELATÓRIO FINAL

ZONEAMENTO AMBIENTAL PARA A ATIVIDADE DE MINERAÇÃO DE AREIA NOS CURSOS MÉDIO E BAIXO DO RIO JACUÍ

Sistema de Coordenadas Geodésicas
Sistema Geodésico de Referência SIRGAS2000
Escala: Indicada

Mapa 9.7 – Localização dos pontos de amostragem e qualidade das águas superficiais

Fonte de dados:
- Sede municipal: SEMARS (2018)
- Limite municipal: SEMARS (2018)
- Hidrografia: SEMARS (2018)
- Limite estadual: IBGE (2019)
- Subtrechos: Adaptado de DRH/SEMA (2015)
- Pontos de amostragem de qualidade da água: Profill, 2019

Tabela 9.3 – Resultados das campanhas de diagnóstico realizadas em 2019.

Parâmetro	Campanha	Pontos																							
		25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
DBO (mg/L)	1	<2	<2	<2	<2	<2	<2	5,9	5,2	5,6	<2	4	3,8	3,7	6,2	6	3,6	3,1	3,1	3,7	3,2	2,8	<2	<2	2,5	<2
	2	<2	<3	<3	4,3	<3	<3	<3	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	3,8	<2	<2	<2	<2	<2	<3	<2	<2
DQO (mg/L)	1	<5	<5	<5	<5	<5	<5	12,7	12,4	12,5	<5	11	10,1	10,2	13,9	12,3	9,6	7,2	8,3	7,9	7,1	7,2	<5	<5	<5	<5
	2	8,4	26,8	18,6	16,7	19,3	18,9	20,1	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	7,5	11,6	14,6	14,2	13,8	14,3	12,3	14,2
Ortofosfato solúvel (mg/L)	1	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	0,06	0,05	0,19	0,1	0,12	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
	2	0,06	0,05	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	0,03	0,08	<0,03	0,06	0,04	<0,03	<0,03	0,16	0,08	0,04	<0,03	<0,03	0,03	<0,03	0,04	0,15	<0,03	<0,03	<0,03
Fosfato (como P) (mg/L)	1	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,06	<0,01	0,05	<0,01	<0,01	0,06	0,05	0,02	0,07	0,1	0,05	<0,01	<0,01	0,02	0,01
	2	0,04	0,03	0,03	0,05	0,03	0,03	0,03	0,06	0,05	0,02	0,06	0,05	0,08	0,06	0,07	0,06	0,03	0,08	0,08	0,08	0,08	0,07	0,07	0,07	0,06
Fósforo total (µg/L)	1	9,02	5,68	7,68	29,9	49,3	28,3	72,2	69,9	95,2	51,4	73,9	56,3	52,8	111	85,9	77,4	63,6	384	<1	40,7	13,9	61,7	427	292	<1
	2	22,1	73,9	62,7	72	83,4	59,5	112	32,1	63,7	67,1	65,3	60,1	57	72,1	66,3	72,5	55,5	167	299	32	64,2	82,9	72,5	79,9	77,4
Nitrogênio amoniacal (mg/L)	1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,1	<0,1	0,18	0,11	0,19	<0,1	<0,1	0,1	0,11	<0,1	<0,1	<0,1	0,11	1,1	0,1
	2	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,45	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,29	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,11	<0,1	0,19	<0,1
Nitrogênio orgânico (mg/L)	1	0,68	0,93	0,66	1,01	0,85	0,61	1,04	1,01	1	0,41	1,19	1,01	0,83	1,07	0,86	1,93	0,29	0,43	0,52	0,56	0,6	0,47	0,31	<0,1	0,59
	2	0,55	1,21	0,73	1,06	0,66	0,73	0,34	0,99	0,7	0,98	0,98	0,78	0,77	0,41	0,81	0,75	0,71	0,62	0,83	0,81	0,65	0,57	0,76	0,57	1,01
Nitrito (como N) (mg/L)	1	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	<0,01	0,02	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,01	0,02	0,02
	2	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Nitrato (como N) (mg/L)	1	1,06	0,81	1,01	1,2	1,01	1,07	1,15	0,95	1,18	0,85	1,19	0,88	0,95	1,05	1,3	1,04	0,8	0,98	0,93	0,88	0,71	1,18	0,83	0,87	0,71
	2	1,37	0,86	1,23	0,56	0,94	0,47	0,66	0,55	0,66	0,76	1,28	0,83	1,53	0,69	0,77	0,63	0,52	2,1	0,95	1,9	4,26	3,72	2,34	1,24	2,45
Nitrogênio total Kjeldahl (mg/L)	1	0,68	0,93	0,66	1,01	0,85	0,61	1,04	1,01	1	0,41	1,29	1,01	1,01	1,18	1,05	1,93	0,29	0,53	0,63	0,56	0,6	0,47	0,42	1,19	0,69
	2	0,55	1,21	0,73	1,06	0,66	0,73	0,79	0,99	0,7	0,98	0,98	0,78	0,77	0,7	0,81	0,75	0,71	0,62	0,83	0,81	0,65	0,68	0,76	0,76	1,01
Coliformes termotolerantes (NMP/100mL)	1	<1	<1	600	1260	910	450	73000	7570	10200	870	800	1200	1500	<1	4000	300	290	30	3360	200	100	400	5010	170	450
	2	3200	3800	3500	200	300	300	300	340	400	800	420	400	280	930	200	300	200	300	300	170	400	140	160	100	70
Cor (UC)	1	46	25	25	26	15	19	49	15	61	34	71	68	79	72	77	54	34	21	22	31	29	24	22	16	15
	2	27	82	58	62	66	57	60	387	161	335	117	139	103	94	392	230	169	27	12	42	38	42	37	37	41
Turbidez (NTU)	1	26	17,4	16,7	19,3	22,5	25,8	28,4	26,9	35,3	30,3	30,2	36	32,5	21,3	22,8	28,6	8,9	9,8	12,6	6,9	8,7	14,6	11,3	10	12,4
	2	33,2	114	69,2	78,7	94,2	85,2	87,3	78,7	75,2	81,2	86,2	81,7	86,2	84,5	68,4	78,3	80,3	31,2	50,8	54,8	51	57,4	44,3	50,1	49,6
Condutividade (µS/cm)	1	63,3	57,1	57,8	60,7	57,4	57,9	70,4	71	50,6	58,9	59,1	59,5	59,1	51,7	50,3	58,7	65	79,4	76,8	58	67,5	107	75,5	77,7	72,9
	2	13	12	12	13	12	13	12	13	12	13	13	13	13	13	13	13	13	18	18	17	15	17	17	17	17
Sólidos totais (mg/L)	1	121	98	103	87	95	49	87	78	91	64	118	105	117	86	81	89	58	53	48	58	53	35	67	66	66
	2	75	143	118	112	105	138	134	126	122	120	137	131	100	121	121	132	136	95	112	117	106	109	108	104	114
Alumínio dissolvido (mg/L)	1	0,114	0,108	0,079	0,099	0,08	1,03	0,086	0,044	0,106	1,3	2,14	1,83	1,66	0,137	0,063	1,81	0,042	0,052	1,07	0,055	0,063	0,033	0,089	0,06	1,27
	2	0,118	0,072	0,333	0,146	0,171	0,217	0,201	0,313	0,054	0,046	0,149	0,225	0,035	0,178	0,169	0,217	0,189	0,019	0,163	0,09	0,138	0,219	0,137	0,092	0,105
Ferro dissolvido (mg/L)	1	0,553	0,547	0,442	0,478	0,491	1,73	0,558	0,642	0,69	2,05	3,26	2,91	2,59	0,839	0,614	2,88	0,379	0,343	1,44	0,422	0,525	0,338	0,392	0,388	1,56
	2	0,18	0,169	0,243	0,078	0,142	0,147	0,216	0,271	0,173	0,179	0,171	0,22	0,16	0,195	0,133	0,252	0,145	0,087	0,215	0,249	0,107	0,226	0,106	0,261	0,305
Manganês total (µg/L)	1	41,9	45,8	37	54,2	60	59	59,9	51,1	56,2	105	63,2	68,4	34,3	71,5	70,6	70,3	44,9	49,3	52,2	56,3	38,9	52,6	72,3	44,9	48,1
	2	27,1	30,9	31,8	40,5	38,2	40,3	60,7	33	36,8	38	45,2	32,3	34,7	42,5	38,3	42	47	24,2	41,7	25,3	36,3	33,8	31,7	32,5	24,2
Cádmio total (µg/L)	1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
	2	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Cobre dissolvido (mg/L)	1	0,002	0,002	0,002	0,004	0,002	0,003	0,002	0,002	0,002	0,004	0,004	0,004	0,004	0,002	0,002	0,004	0,001	0,002	0,002	0,002	0,004	0,002	0,002	0,002	0,002
	2	0,001	0,001	0,001	<0,001	0,001	<0,001	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	<0,0012	<0,001	0,001	0,001	0,003	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	0,002
Cobalto total (µg/L)	1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	1,01	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
	2	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Chumbo total (µg/L)	1	1,01	1,94	1,05	4,79	7,21	2,65	2,5	1,41	1,82	2,95	1,33	1,38	1,84	2,9	1,53	1,38	<1	<1	4,42	<1	<1	<1	<1	<1	<1
	2	<1	1,6	1,3	4,9	1,6	1,9	5,6	1,1	2	1,4	2,1	1,3	2,4	2,7	2,4	3,3	2,2	<1	1,1	<1	1,2	1,5	1,1	1,2	1,1
Cromo total (µg/L)	1	<1	<1	<1	<1	1,19	1,76	1,43	1,45	1,75	1,11	2,33	2,52	2,63	<1	2,27	2,25	1,18	4,6	2,94	<1	<1	<1	3,29	1,4	1,07
	2	<1	2,7	2,3	3,6	2,6	3,6	3	1,6	2,2	2,1	2,5	2,2	2,3	2,9	2,2	2,5	2,9	1,4	2,4	1,9	2,4	2,9	2,1	2,3	2,4
Níquel total (µg/L)	1	<1	<1	<1	1,84	1,41	<1	1,25	1,17	1,46	<1,28	1,43	1,41	1,38	<1	1,77	1,72	<1	<1	<1	<1	<1	1,02	<1	<1	<1
	2	<1	<1	<1	1,1	<1	1,2	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	5,8	1,5	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Mercúrio total (µg/L)	1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
	2	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Zinco total (µg/L)	1	11,3	9,6	5,57	45,8	764	11,5	22,4	14,3	<1	3,6	7,48	40,7	10,5	36,2	<1	5,44	23,9	45	8,03	23,4	14,5	17,3	11,3	7,37	8,3
	2	1,3	9,2	10,6	16,1	9,9	13	121	11,7	9,5	6	44,3	7,9	6,6	10,5	6,2	7,3	11,8	<1	12,3	5,6	8,5	29,3	7	10,2	4,9
Sulfeto (mg/L)	1	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
	2	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Surfactantes (como LAS) (mg/L)	1	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	0,37	0,31	0,35	<0,2	0,23	0,3	0,23	0,27	0,28	0,22	0,2	<0,2	<0,2	<0,2	0,2	<0,2	<0,2	<0,2	0,21
	2	<0,2	<0,2	<0,2	0,22	0,52	<0,2	0,22	<0,2	0,43	0,38	<0,2	<0,2	0,25	0,64	0,38	0,34	0,28	<0,2	0,26	<0,2	0,23	<0,2	0,21	0,32	0,21
Índice de fenóis (mg/L)	1	<0,001	0,002	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
	2	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,006	<0,001	<0,001	0,002	<0,001	<0,001

Classe 1	Classe 2	Classe 3	Acima do limite da pior classe*

* Conforme metodologia adotada pela FEPAM, os parâmetros que não possuem limite estabelecido para Classe 4 são identificados com a cor roxa, indicando que as concentrações são superiores ao limite da pior classe.

No contexto das campanhas 1 e 2, realizadas em regime de estiagem e cheia respectivamente, verifica-se, de forma geral, que a campanha 1 apresentou valores mais elevados, notadamente em termos de teores de DBO, fósforo total, assim como quanto às densidades de coliformes termotolerantes, indicando uma menor diluição desses constituintes no período de baixa vazão. Em alguns pontos observou-se que as concentrações de fósforo total e coliformes termotolerantes ultrapassam o limite da pior classe (Classe 3), podendo estar associadas à lançamentos de esgotos de urbanas e ao carreamento de partículas de solo lixiviados para os corpos hídricos.

A consistente redução da condutividade elétrica registrada na campanha 2 é esperada numa condição de vazão elevada devido ao efeito de diluição dos íons presentes nas águas superficiais em relação ao cenário de estiagem. É esperada uma relação inversa entre vazão/turbidez e condutividade elétrica (Drumond, *et al.* 2007; Medeiros *et al.* 2018), sobretudo, se a campanha amostral não foi realizada na subida do hidrograma, como é o caso. Durante a subida do hidrograma, no início de um evento chuvoso, pode-se verificar um aumento da condutividade devido à lixiviação do solo (fontes difusas), seguido de uma diluição até o restabelecimento de valores usuais das águas naturais, os quais são inferiores a 100 µS/m. Esse valor tende a ser constante no escoamento de base na ausência de fontes pontuais de poluição hídrica. Condutividade elétrica é utilizado como um indicador de poluição hídrica por efluentes industriais e/ou domésticos. Na presença desses lançamentos pode atingir valores da ordem de 1.000 µS/m. Portanto, apesar da presença de fontes pontuais de origem doméstica no trecho, os resultados indicam não serem suficientes para alterar a condutividade elétrica esperada para águas naturais, possivelmente pela relação entre carga poluidora e vazão do rio.

Por outro lado, na campanha 2, os teores de cor, turbidez e sólidos totais observados foram mais elevados, associados à elevação dos níveis em respostas a chuvas, e alinhados ao período de cheia. Ferro e alumínio dissolvidos mostraram decaimento na campanha 2, sendo que esses metais podem estar na forma particulada adsorvidos nos sólidos em suspensão na condição de cheia.

Em termos de frequência de atendimento de classe, verificou-se que a maior parcela das variáveis avaliadas e limitadas pela Resolução CONAMA n° 357/05 apresentaram, predominantemente, características de águas da Classe 1, excetuando-se os registros quanto a coliformes termotolerantes e cor em ambas as campanhas, que foram predominantemente característicos de águas da Classe 2, os registros de alumínio dissolvido e ferro dissolvido nas campanhas 2 e 1 respectivamente, predominantemente, característicos de águas da Classe 3, assim como os registros de sulfeto, predominantemente característicos de águas da Classe 3 em ambas as campanhas de avaliação. O parâmetro alumínio dissolvido apresentou nas campanhas 1 e 2, em média, 30% dos pontos com valores que superam os limites da pior classe (Classe 3). O Alumínio é um metal abundante nos solos, constituindo, uma fonte significativa desses metais para os corpos hídricos. A sua elevação pode estar associada, principalmente, ao carreamento do solo devido ao período de maior precipitação (Campanha 2). Ressalta-se que esses metais também podem estar associados a efluentes de ETAs e a fontes industriais.

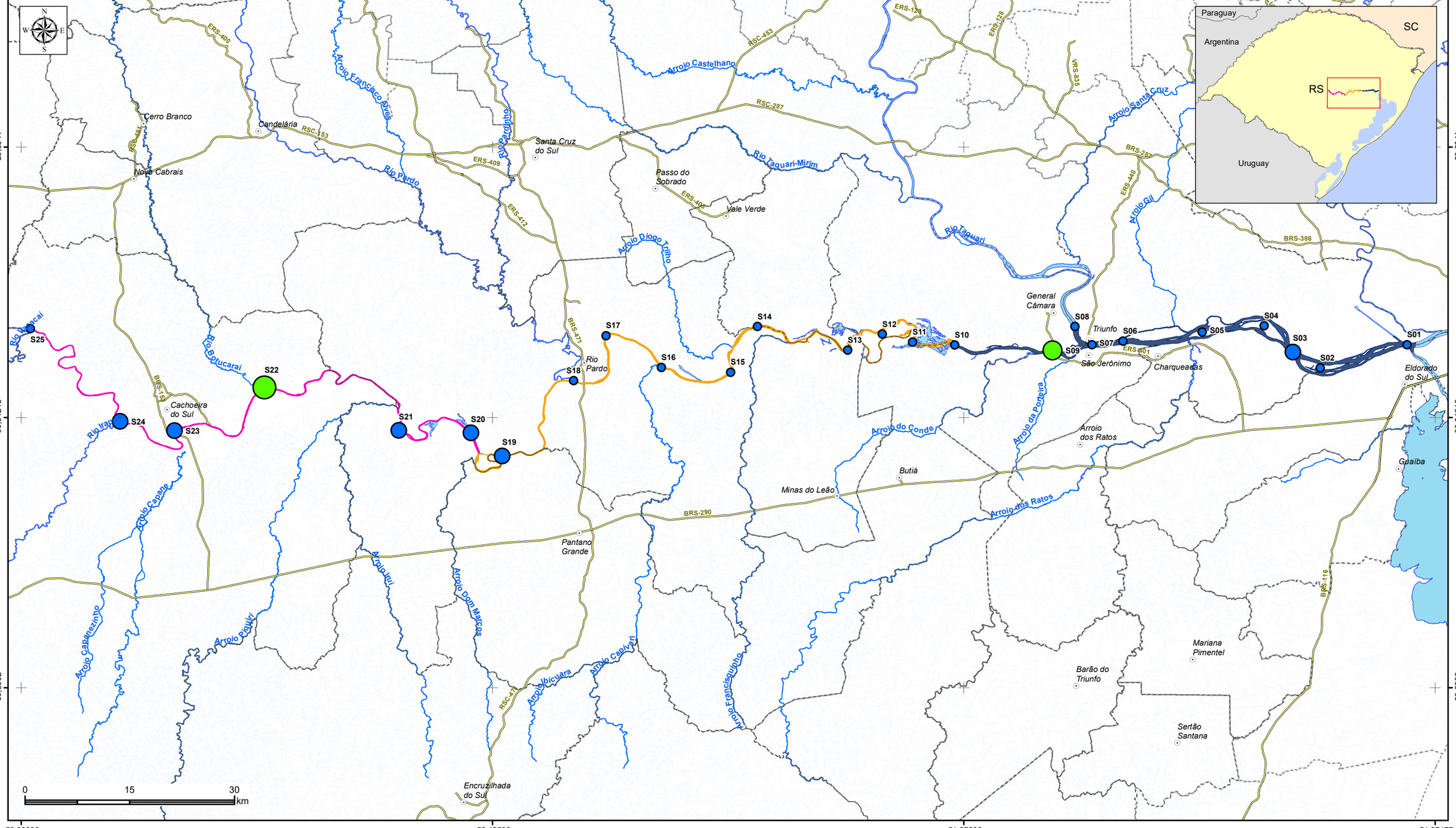
Quanto ao conteúdo orgânico, em termos DBO e DQO, verificou-se que a relação DQO/DBO na campanha 1 foi de até 2,8 vezes, indicando uma fração biodegradável alta, além de uma boa correlação entre os pares de resultados (DBO *versus* DQO). Em contrapartida, na campanha 2, verificou-se uma relação DQO:DBO de até 8,9 vezes, indicando um maior conteúdo não biodegradável por vezes, bem como uma correlação ruim entre os pares de resultados (DBO *vs.* DQO).

Da avaliação integrada dos resultados encontrados verificou-se, por vezes, comportamentos díspares para algumas variáveis, daqueles comumente esperados para situações associadas aos períodos de cheia e estiagem. Esse comportamento, no entanto, não invalida os resultados encontrados, uma vez que eles também atuam como uma "fotografia" das condições do manancial no momento das coletas. Deve-se atentar que uma maior quantidade de dados disponíveis, no tempo e no espaço, permite melhor caracterizar as condições médias do corpo hídrico, assim como caracterizar padrões de resposta em relação às condições hidrológicas do sistema.

Sendo assim, com base nos resultados obtidos nessas campanhas amostrais destaca-se no Mapa 9.8 ao Mapa 9.13 os parâmetros DBO, Turbidez e Coliformes Termotolerantes, respectivamente. Esses parâmetros, conforme já comentado, mostraram uma tendência (esperada) para uma correlação inversa com a vazão, no caso de DBO e coliformes, e direta para turbidez, podendo resultar inclusive numa mudança de classificação em relação à Resolução CONAMA nº 375/05 entre as campanhas amostrais em alguns pontos de monitoramento.

-53,09293 -52,48588 -51,87882 -51,27177

-29,6941 -30,04215 -30,3902



LEGENDA

- Sede municipal
- Rodovia
- Rios principais
- Limite municipal

Rio Jacuí

- Subtrecho A
- Subtrecho B
- Subtrecho C

DBO (mg/l)

- 1,0
- 1,1 - 2,0
- 2,1 - 3,0
- 3,1 - 4,0
- 4,1 - 5,0
- 5,1 - 6,0
- 6,1 - 7,0

Classes de Qualidade d´água CONAMA 357/05

- Classe 1
- Classe 2

Elaboração: PROFILL

RELATÓRIO FINAL

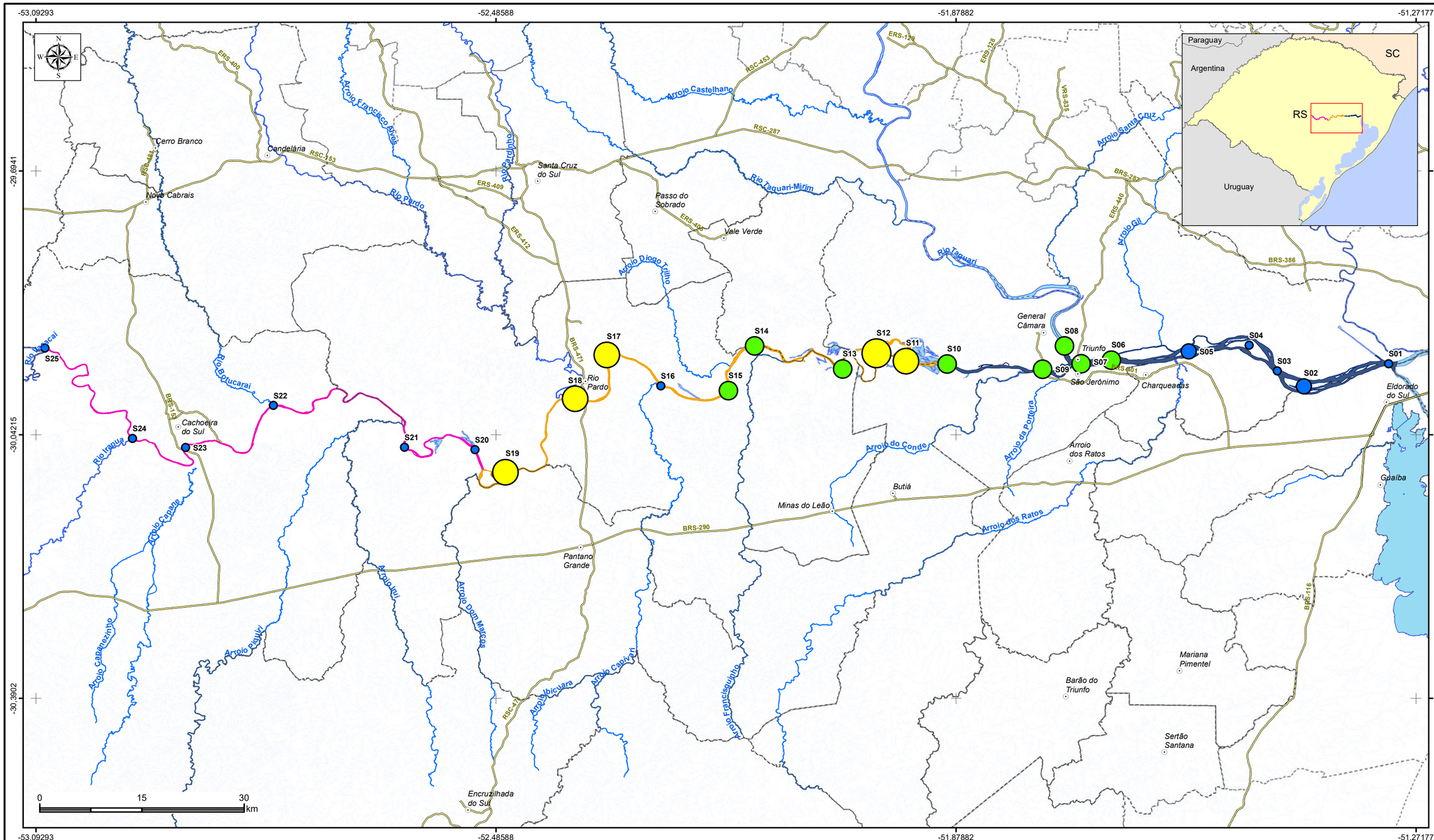
ZONEAMENTO AMBIENTAL PARA A ATIVIDADE DE MINERAÇÃO DE AREIA NOS CURSOS MÉDIO E BAIXO DO RIO JACUÍ

Contratação e fiscalização: Fepam

Sistema de Coordenadas Geodésicas
Sistema Geodésico de Referência
SIRGAS2000
Escala: 1:550.000

Mapa 9.8 - Campanha de amostragem de água superficial Vazão de Cheia - Parâmetro: DBO

Fonte de dados:
- Sede municipal: SEMARS (2018)
- Limite municipal: SEMARS (2018)
- Hidrografia: SEMARS (2018)
- Limite estadual: IBGE (2019)
- Subtrechos: Adaptado de DRH/SEMA (2015)
- Dados de qualidade da água: Profill, 2019



LEGENDA

- Sede municipal
- Rodovia
- Rios principais
- Limite municipal

Rio Jacuí

- Subtrecho A
- Subtrecho B
- Subtrecho C

DBO (mg/l)

- 1,0
- 1,1 - 2,0
- 2,1 - 3,0
- 3,1 - 4,0
- 4,1 - 5,0
- 5,1 - 6,0
- 6,1 - 7,0

Classes de Qualidade d´água CONAMA 357/05

- Classe 1
- Classe 2
- Classe 3

Elaboração: PROFILL

RELATÓRIO FINAL

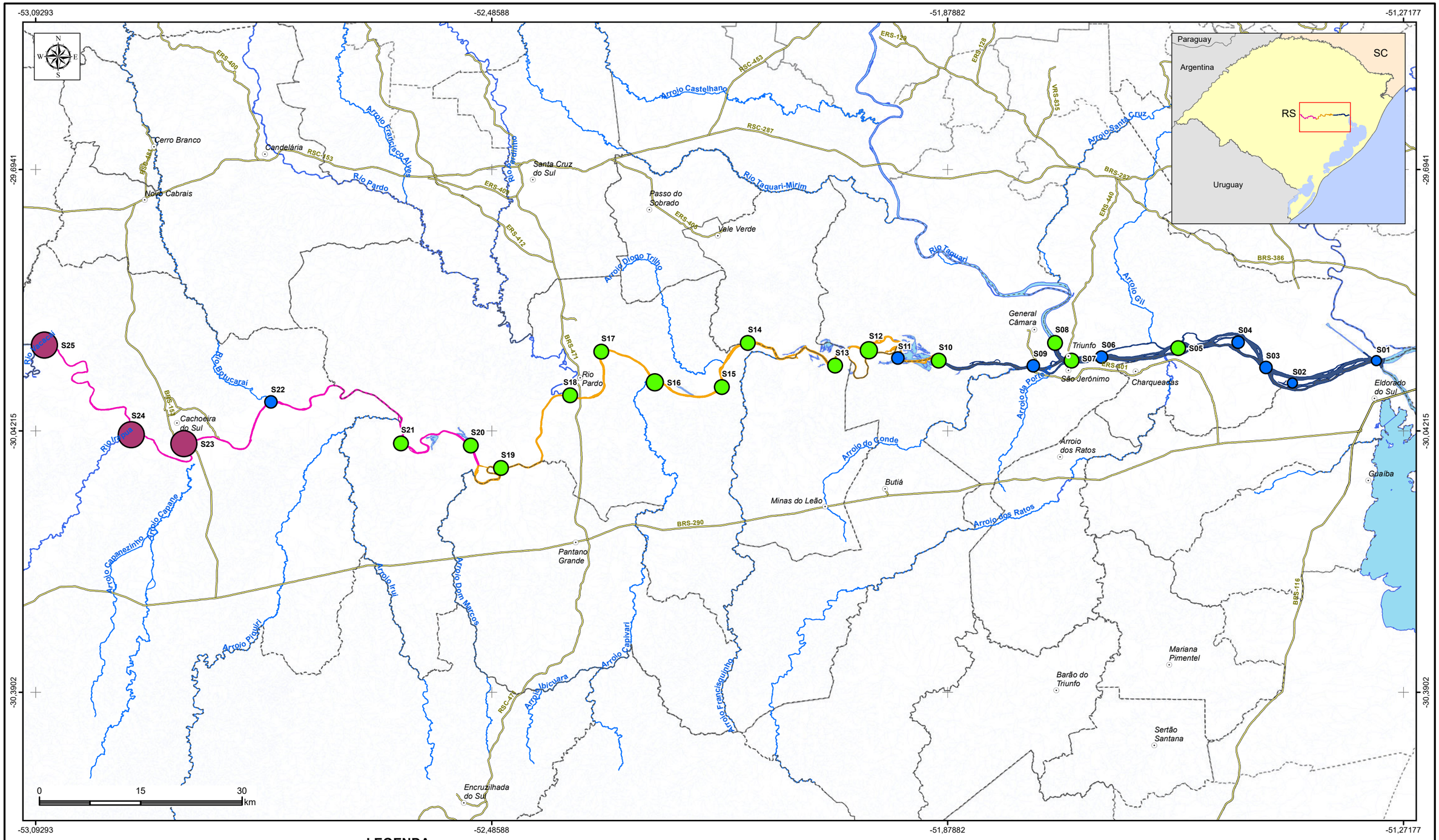
ZONEAMENTO AMBIENTAL PARA A ATIVIDADE DE MINERAÇÃO DE AREIA NOS CURSOS MÉDIO E BAIXO DO RIO JACUÍ

Contratação e fiscalização: Fepam

Sistema de Coordenadas Geodésicas
Sistema Geodésico de Referência
SIRGAS2000
Escala: 1:550.000

Mapa 9.9 - Campanha de amostragem de água superficial Vazão de Estiagem - Parâmetro: DBO

Fonte de dados:
- Sede municipal: SEMARS (2018)
- Limite municipal: SEMARS (2018)
- Hidrografia: SEMARS (2018)
- Limite estadual: IBGE (2019)
- Subtrechos: Adaptado de DRH/SEMA (2015)
- Dados de qualidade da água: Profill, 2019



LEGENDA

- Sede municipal
- Rodovia
- Rios principais
- Limite municipal

Rio Jacuí

- Subtrecho A
- Subtrecho B
- Subtrecho C

Coliformes termotolerantes (NMP/100mL)

- 1,1 - 100,0
- 100,1 - 200,0
- 200,1 - 500,0
- 500,1 - 1.000,0
- 2.500,1 - 3.800,0

Classes de Qualidade d´água CONAMA 357/05

- Classe 1
- Classe 2
- Acima do limite da pior classe

Elaboração

PROFILL

RELATÓRIO FINAL

ZONEAMENTO AMBIENTAL PARA A ATIVIDADE DE MINERAÇÃO DE AREIA NOS CURSOS MÉDIO E BAIXO DO RIO JACUÍ

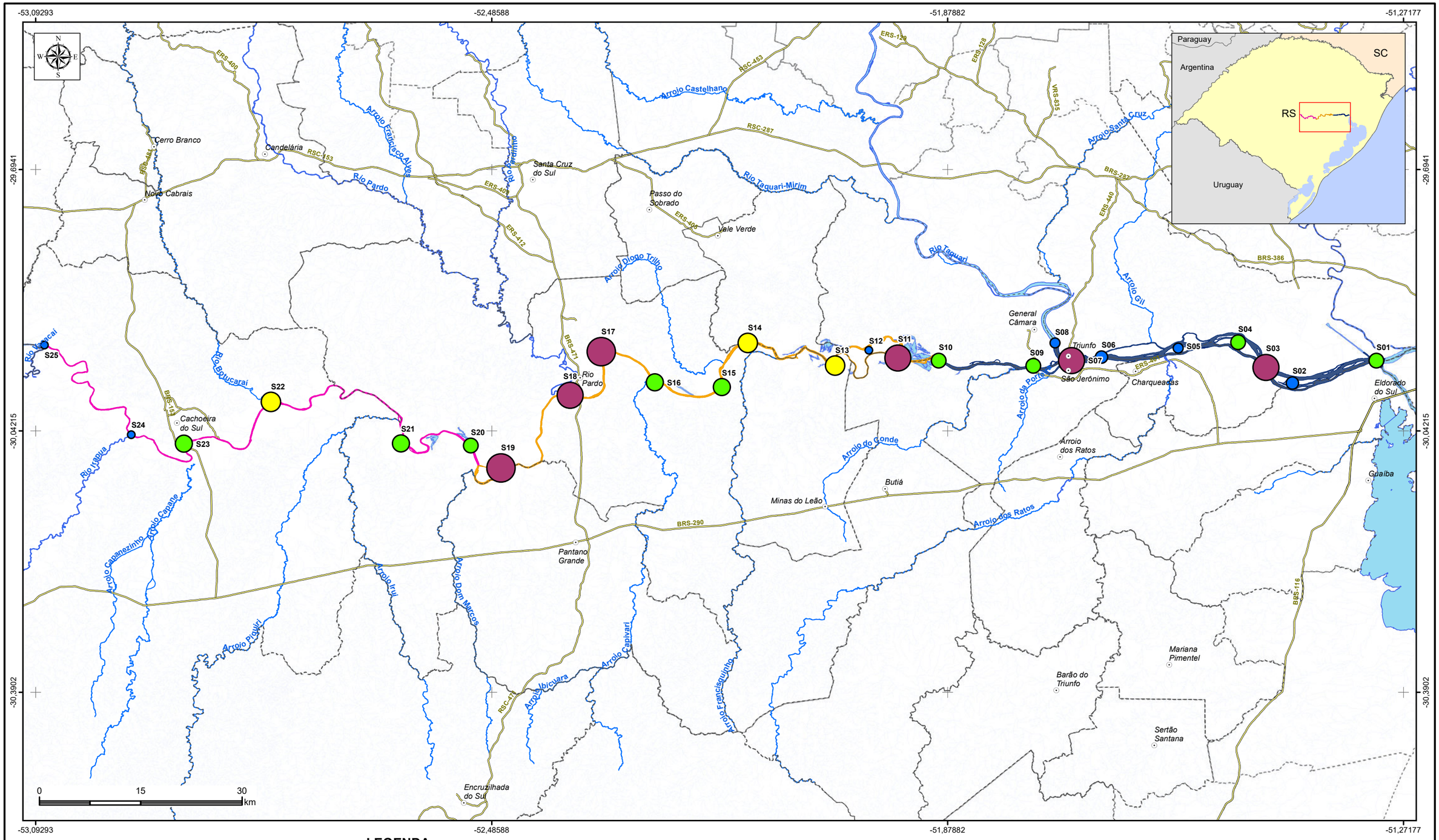
Contratação e fiscalização

Fepam

Sistema de Coordenadas Geodésicas
Sistema Geodésico de Referência
SIRGAS2000
Escala: 1:550.000

Mapa 9.10 - Campanha de amostragem de água superficial Vazão de Cheia - Parâmetro: Coliformes Termotolerantes

Fonte de dados:
- Sede municipal: SEMARS (2018)
- Limite municipal: SEMARS (2018)
- Limite estadual: IBGE (2019)
- Hidrografia: IBGE (2019)
- Subtrechos: Adaptado de DRH/SEMA (2015)
- Dados de qualidade da água: Profill, 2019



LEGENDA

- Sede municipal
- Rodovia
- Rios principais
- Limite municipal

Rio Jacuí

- Subtrecho A
- Subtrecho B
- Subtrecho C

Coliformes termotolerantes (NMP/100mL)

- <1
- 1,1 - 100,0
- 100,1 - 200,0
- 200,1 - 500,0
- 500,1 - 1.000,0
- 1.000,1 - 1.500,0
- 1.500,1 - 2.000,0
- 2.000,1 - 2.500,0
- 2.500,1 - 10.000,0
- 10.000,1 - 73.000,0

Classes de Qualidade d´água CONAMA 357/05

- Classe 1
- Classe 2
- Classe 3
- Acima do limite da pior classe

Elaboração

PROFILL

RELATÓRIO FINAL

ZONEAMENTO AMBIENTAL PARA A ATIVIDADE DE MINERAÇÃO DE AREIA NOS CURSOS MÉDIO E BAIXO DO RIO JACUÍ

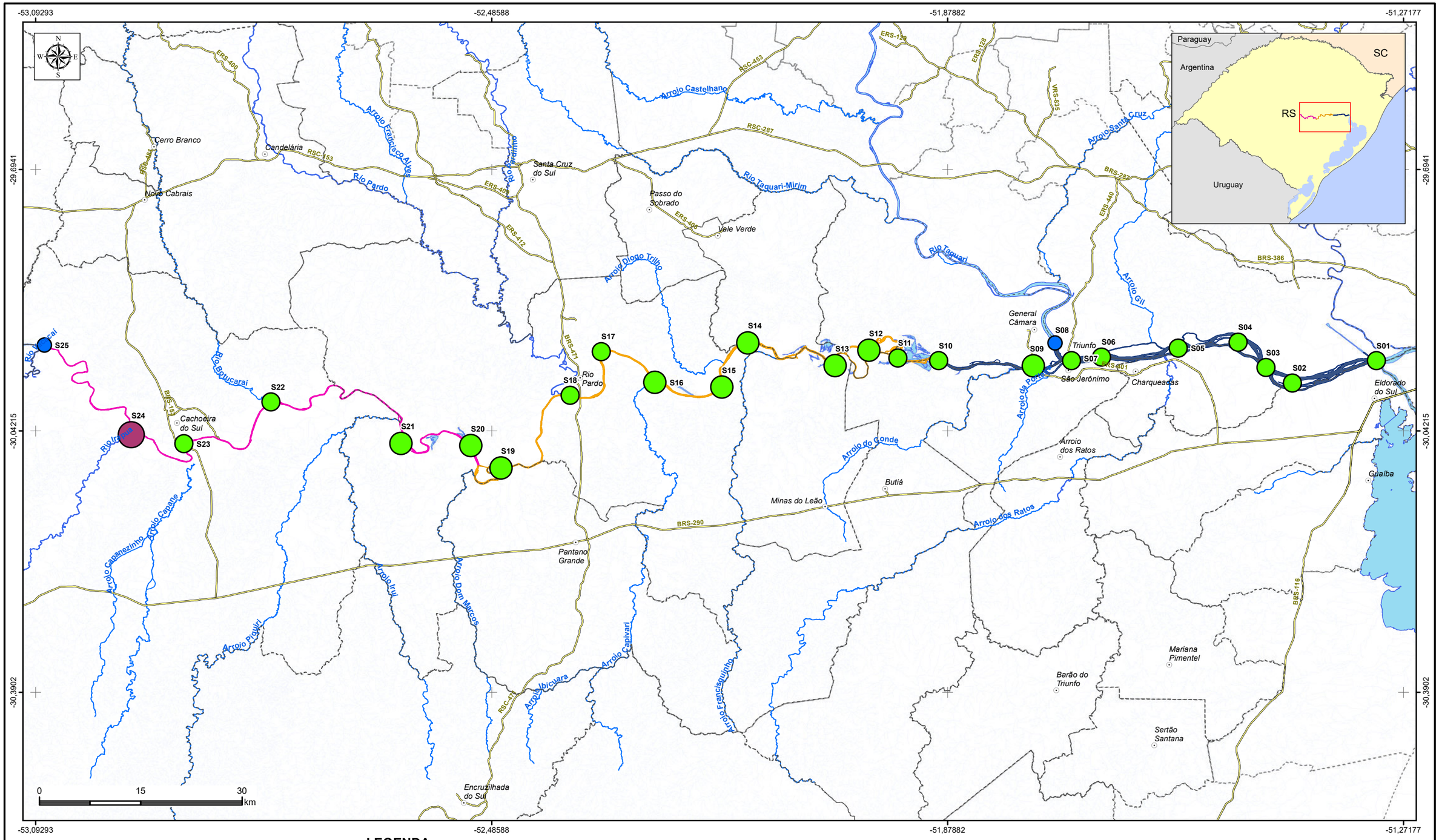
Contratação e fiscalização

Fepam

Sistema de Coordenadas Geodésicas
Sistema Geodésico de Referência
SIRGAS2000
Escala: 1:550.000

Mapa 9.11 - Campanha de amostragem de água superficial
Vazão de Estiagem - Parâmetro: Coliformes Termotolerantes

Fonte de dados:
- Sede municipal: SEMARS (2018)
- Limite municipal: SEMARS (2018)
- Hidrografia: SEMARS (2018)
- Limite estadual: IBGE (2019)
- Subtrechos: Adaptado de DRH/SEMA (2015)
- Dados de qualidade da água: Profill, 2019



LEGENDA

- Sede municipal
- Rodovia
- Rios principais
- Limite municipal

Rio Jacuí

- Subtrecho A
- Subtrecho B
- Subtrecho C

Turbidez (NTU)

- 31,2 - 40,0
- 40,1 - 80,0
- 80,1 - 100,0
- 100,1 - 114,0

Classes de Qualidade d´água CONAMA 357/05

- Classe 1
- Classe 2 (para a turbidez o limite de concentração das classes 2 e 3 é coincidente)
- Acima do limite da pior classe

Elaboração

PROFILL

RELATÓRIO FINAL

ZONEAMENTO AMBIENTAL PARA A ATIVIDADE DE MINERAÇÃO DE AREIA NOS CURSOS MÉDIO E BAIXO DO RIO JACUÍ

Contratação e fiscalização

Fepam

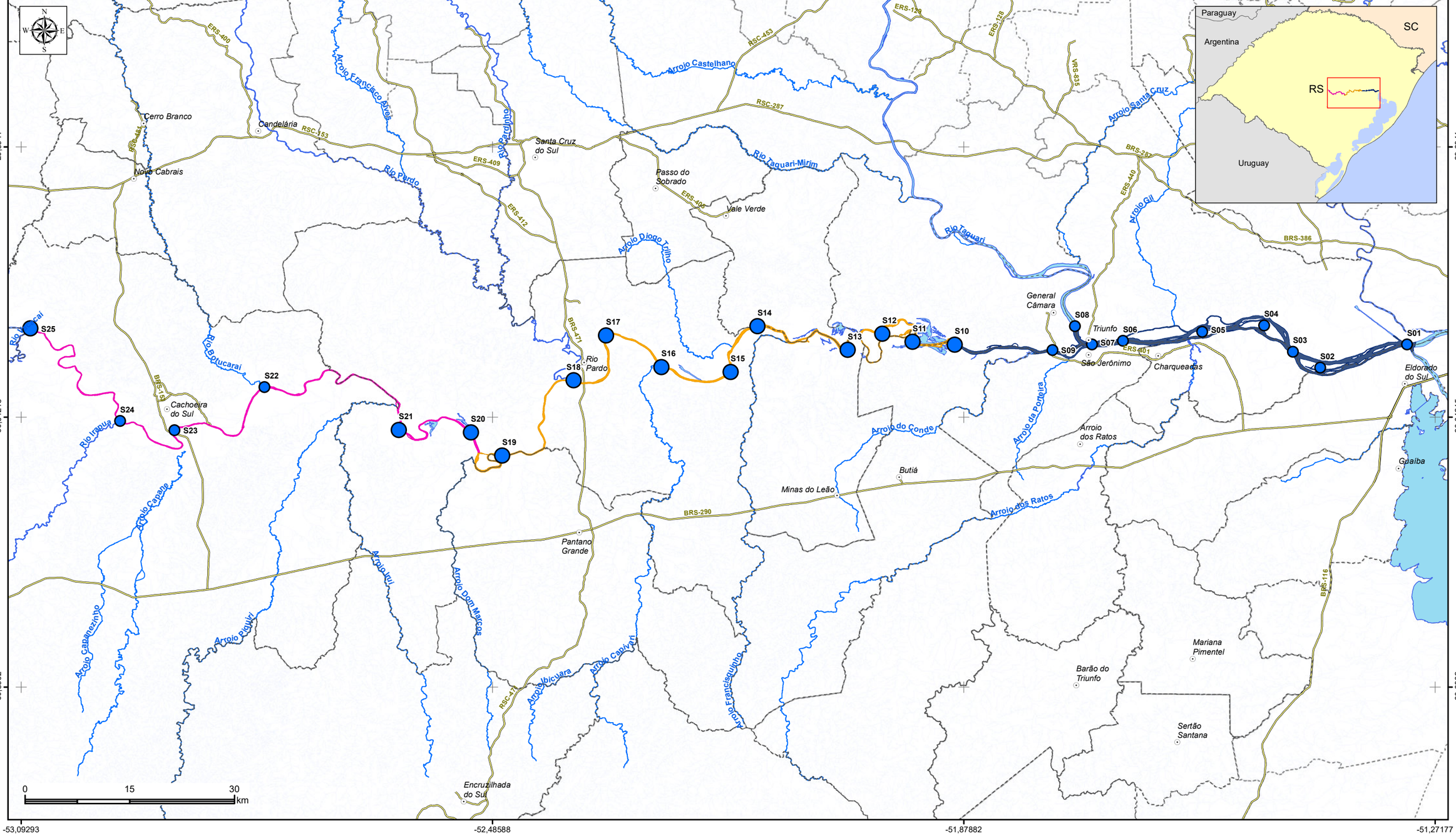
Sistema de Coordenadas Geodésicas
Sistema Geodésico de Referência
SIRGAS2000
Escala: 1:550.000

Mapa 9.12 - Campanha de amostragem de água superficial Vazão de Cheia - Parâmetro: Turbidez

Fonte de dados:
- Sede municipal: SEMARS (2018)
- Limite municipal: SEMARS (2018)
- Hidrografia: SEMARS (2018)
- Limite estadual: IBGE (2019)
- Subtrechos: Adaptado de DRH/SEMA (2015)
- Dados de qualidade da água: Profill, 2019

-53,09293 -52,48588 -51,87882 -51,27177

-29,6941 -30,04215 -30,3902



LEGENDA

- Sede municipal
- Rodovia
- Rios principais
- Limite municipal

Rio Jacuí

- Subtrecho A
- Subtrecho B
- Subtrecho C

Turbidez (NTU)

- 6,9 - 20,0
- 20,1 - 40,0

Classes de Qualidade d´água CONAMA 357/05

- Classe 1

Elaboração: PROFILL

RELATÓRIO FINAL

ZONEAMENTO AMBIENTAL PARA A ATIVIDADE DE MINERAÇÃO DE AREIA NOS CURSOS MÉDIO E BAIXO DO RIO JACUÍ

Contratação e fiscalização: Fepam

Sistema de Coordenadas Geodésicas
Sistema Geodésico de Referência
SIRGAS2000
Escala: 1:550.000

Mapa 9.13 - Campanha de amostragem de água superficial Vazão de Estiagem - Parâmetro: Turbidez

Fonte de dados:
- Sede municipal: SEMARS (2018)
- Limite municipal: SEMARS (2018)
- Hidrografia: SEMARS (2018)
- Limite estadual: IBGE (2019)
- Subtrechos: Adaptado de DRH/SEMA (2015)
- Dados de qualidade da água: Profill, 2019

9.1.4.2 Análise dos pontos monitorados pela FEPAM

A análise dos dados provenientes do monitoramento da FEPAM contempla dados secundários de 03 estações: Cachoeira do Sul (85642010), Rio Pardo (85658000) e General Câmara (85930000), próximo aos limites do município de Triunfo, disponíveis no portal HIDROWEB da Agência Nacional de Águas (ANA), cujo detalhamento é apresentado no RT7. Os dados utilizados referem-se ao ano de 2019. Para a estação de General Câmara os dados foram apresentados no Relatório RT2, para os anos de 2017 e 2018, sendo analisados em conjunto com os dados de 2019. A localização dos pontos é apresentada no quadro a seguir.

Quadro 9.3 – Localização dos pontos monitorados pela Fepam.

Estação	Nome da Estação	Município	Corpo Hídrico	Latitude	Longitude
85642010	Cachoeira do Sul	Cachoeira do Sul	Rio Jacuí	-30.01	53.0158
85658000	Rio Pardo	Rio Pardo	Rio Jacuí	-29.9389	-52.3189
85930000	General Câmara	General Câmara	Rio Jacuí	-29.9544	-51.7625

Fonte: Hidroweb ANA (2020)

De acordo com as informações disponíveis pode-se observar que o pH está dentro da faixa de classe 1 (6,0-9,0) de acordo com a Resolução CONAMA nº 357/05. Da mesma forma, OD se mantém acima do limite da classe 1 (> 6,0 mg/L) ao longo de todo período e trecho monitorado. Entretanto, consistentemente abaixo da saturação. A condutividade elétrica apresenta valores usuais para águas superficiais (< 100 µmhos/cm) ao longo de todo o trecho, sem apresentar variações bruscas que poderiam indicar fontes de poluição relevantes.

A concentração de DBO é baixa (entre 1 e 2 mg/L), consistentemente abaixo dos limites da classe 1 (3,0 mg/L). A relação DBO:DQO também é baixa (10-20 %) indicando baixa labilidade da matéria orgânica de origem alóctone produzida na bacia somada à elevada capacidade de diluição do Rio Jacuí.

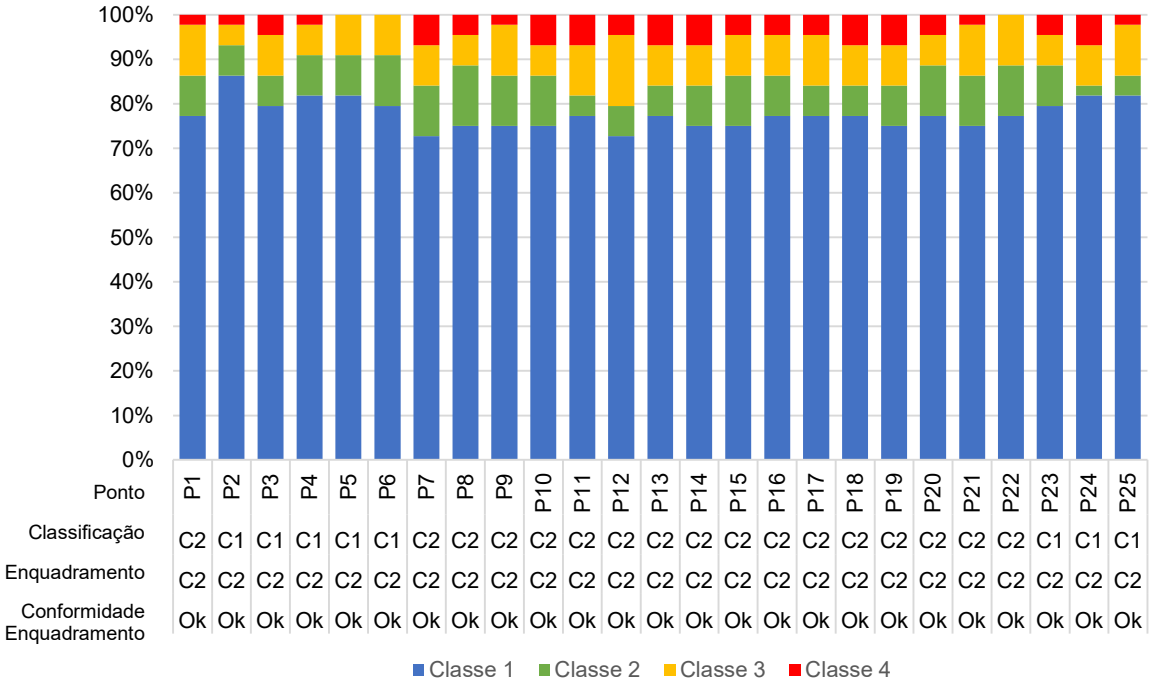
Nesse sentido, a concentração de Nitrogênio amoniacal, que pode ser um indicador de despejos de esgotos domésticos recentes, também é baixa (< 0,1 mg/L, classe 1), representando menos de 20 % do NTK em média. Fósforo Total também apresenta valores dentro dos limites da classe 1 (0,10 mg/L) e alguns momentos levemente acima desse limiar (20 % acima em uma única campanha na seção Triunfo). Para *E.coli*, na média, os valores ficam dentro do limite da classe 1 (200 NMP/100 ml). Mesmo considerando que esse indicador represente 80 % dos coliformes termotolerantes, os dados disponíveis indicam baixa densidade de coliformes.

Portanto, de uma maneira geral, o trecho possui boa qualidade da água. Consistentemente as concentrações dos parâmetros monitorados ficam dentro dos limites da Classe 1 da Resolução CONAMA nº 357/2005. A elevada capacidade de diluição do manancial e ausência de fontes orgânicas relevantes explicam essa condição de qualidade da água.

9.1.4.3 Análise da Conformidade com o Enquadramento

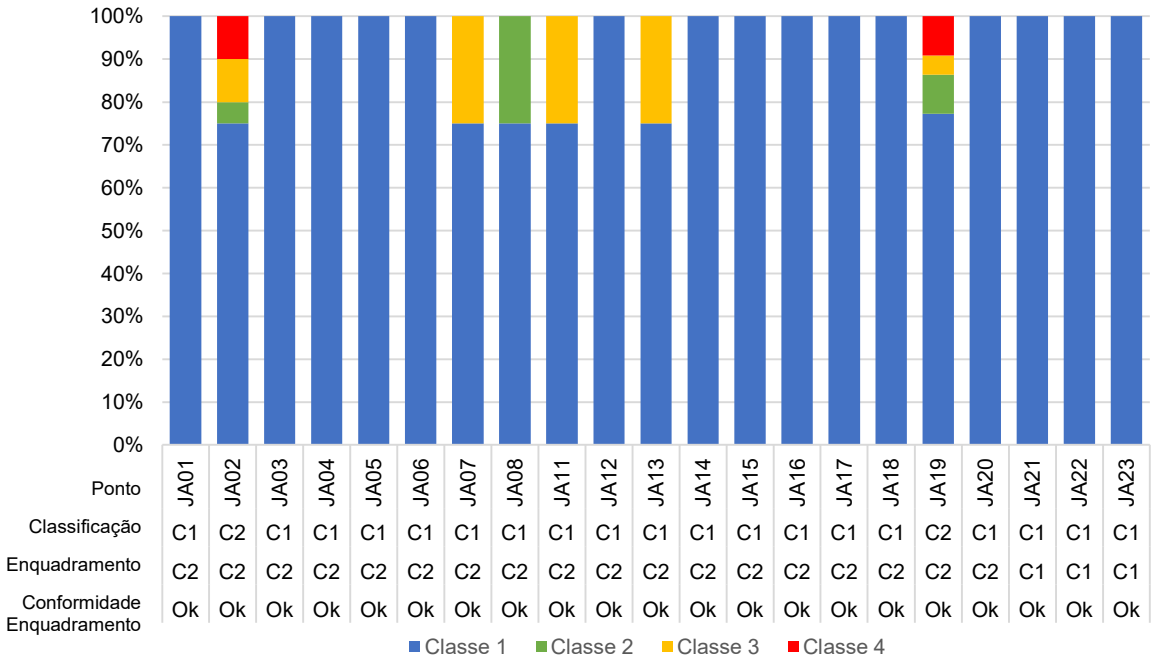
Complementarmente, os dados oriundos do Plano de Bacia do Baixo Jacuí e os dados levantados neste estudo de subsídio ao zoneamento, foram analisados de modo a verificar a classe equivalente ao enquadramento e a verificação da conformidade com o Enquadramento atual, definido pelo Comitê de Bacia e pelo Conselho de Recursos Hídricos, conforme estabelecido no Plano de Bacia. O critério para classificação do ponto, conforme usualmente feito pela FEPAM, foi o Percentil 80 % dos parâmetros. O detalhamento deste estudo pode ser obtido no RT7.

As informações da análise são sintetizadas nas figuras a seguir, que apresentam a frequência de parâmetros nas classes, a classificação do ponto (percentil 80 % dos parâmetros), o enquadramento atual, e a análise de conformidade, dos pontos monitorados ao longo do estudo de subsídio ao zoneamento (Figura 9.21) e nos pontos analisados no Plano de Bacia do Baixo Jacuí (Figura 9.22).



Nota:C1: Classe 1; C2: Classe 2; Ok: Condição atual de acordo com o Enquadramento.

Figura 9.21 – Frequência de parâmetros nas classes, classificação do ponto, enquadramento e análise de conformidade dos 25 pontos monitorados ao longo do estudo de subsídio ao zoneamento.



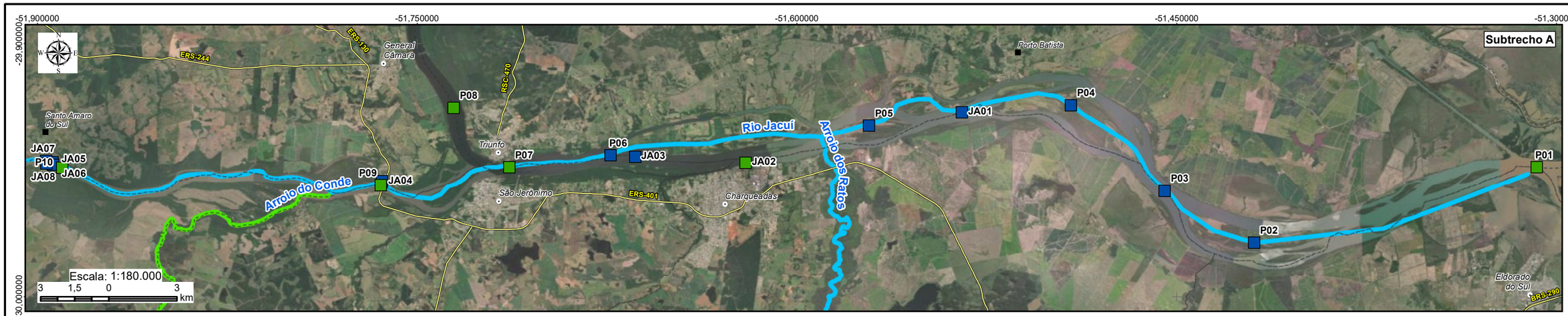
Nota:C1: Classe 1; C2: Classe 2; Ok: Condição atual de acordo com o Enquadramento.

Figura 9.22 – Frequência de parâmetros nas classes, classificação do ponto, enquadramento e análise de conformidade dos pontos do Plano do Baixo Jacuí.

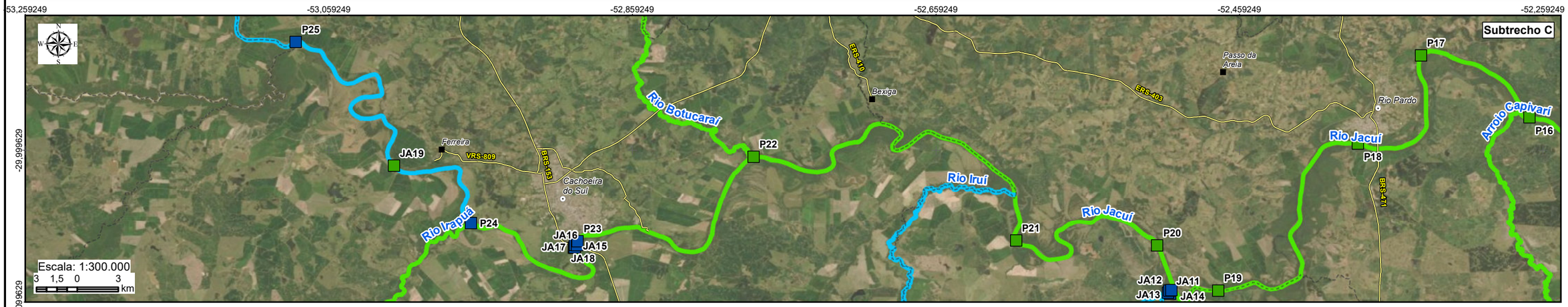
As figuras ilustram que, nos pontos em análise do Rio Jacuí, o Enquadramento é verificado, uma vez que a qualidade é compatível com a meta estabelecida. O “Ok” nas figuras evidencia que a classificação atual (percentil 80 dos parâmetros) está de acordo com a meta final de Enquadramento. Na Figura 9.21, observa-se que os pontos P2, P3, P4, P5, P6, P23, P24, P25 possuem qualidade compatível com a classe 1 (C1), e os demais pontos, com a classe 2 (C2), sendo o Enquadramento (C2) atendido em todos os pontos. Já nos pontos do Plano Baixo Jacuí (Figura 9.22), os pontos JA02 e JA19, possuem qualidade compatível com classe 2 (C2), e os demais, com a classe 1 (C1), atendendo, também o Enquadramento que varia entre as classes 1 e 2.

Além da comparação com a Metas do Enquadramento, verifica-se um comportamento bastante satisfatório dessa variável com águas classificadas como de boa qualidade em todos os pontos, sendo baixas as frequências (até 25 %) nas classes 3 e 4.

O Mapa 9.14 ilustra os resultados obtidos para a qualidade das águas, onde se percebe que não há variação entre os pontos, todos atendendo ao Enquadramento.







LEGENDA

- Sede municipal
- Vila
- Rodovia
- Limite municipal

Classificação da qualidade da água conforme CONAMA 357

- Classe 1
- Classe 2

Classe de Enquadramento

- Classe 1
- Classe 2



Elaboração: PROFILL

RELATÓRIO FINAL

ZONEAMENTO AMBIENTAL PARA A ATIVIDADE DE MINERAÇÃO DE AREIA NOS CURSOS MÉDIO E BAIXO DO RIO JACUÍ

Contratação e fiscalização: Fepam

Sistema de Coordenadas Geodésicas
Sistema Geodésico de Referência
SIRGAS2000
Escala: Indicada

Mapa 9.14 – Pontos de Monitoramento de Qualidade das Águas Classificados conforme CONAMA 357, e Enquadramento do Rio Jacuí no trecho em estudo

Fonte de dados:
- Sede municipal: SEMARS (2018)
- Limite municipal: SEMARS (2018)
- Limite estadual: IBGE (2019)
- Rodovia: SEMARS (2018)
- Qualidade da água: PROFILL (2020)
- Classe de Enquadramento: DRH/SEMA (2015)

9.1.4.4 Análise de parâmetros associados à atividade de mineração

Uma análise complementar relativa à qualidade das águas foi realizada, considerando as variáveis relacionadas à atividade de mineração, de modo a verificar se o caráter de pouca variação e boa qualidade da água se mantém neste contexto. Ao mesmo tempo, esta análise possibilita a verificação dos impactos da mineração na qualidade da água do Rio Jacuí. Assim, foram analisados exclusivamente os parâmetros relacionados com a atividade de mineração da areia (Cor, Turbidez e Sólidos Totais) para as seguintes fontes de dados: campanhas de diagnóstico realizadas em 25 seção para as condições de estiagem e cheia e dados oriundos da rede de monitoramento da FEPAM.

Quanto à Cor, os dados avaliados correspondem àqueles obtidos nas campanhas de diagnóstico (Figura 9.23), onde verifica-se uma variação de 14,50 UC (Ponto 21) a 78,90 UC (Ponto 13) com média de 37,86 UC na campanha 1; e na campanha 2 a variação associada às seções de avaliação foi de 12,20 UC (Ponto 07) a 392,00 UC (Ponto 11) com média de 112,61 UC, concentrando os maiores valores entre a sede urbana de Rio Pardo e a ponte da RS-401. A partir de São Jerônimo/Triunfo, há forte redução junto à foz do Rio Taquari (ponto 7 e 8), passando a um comportamento de elevação em direção ao Lago Guaíba. Este comportamento, foi verificado em ambas as campanhas, ainda que com diferentes ordens de grandeza, por conta da sazonalidade dos períodos de coleta (seca/cheia).

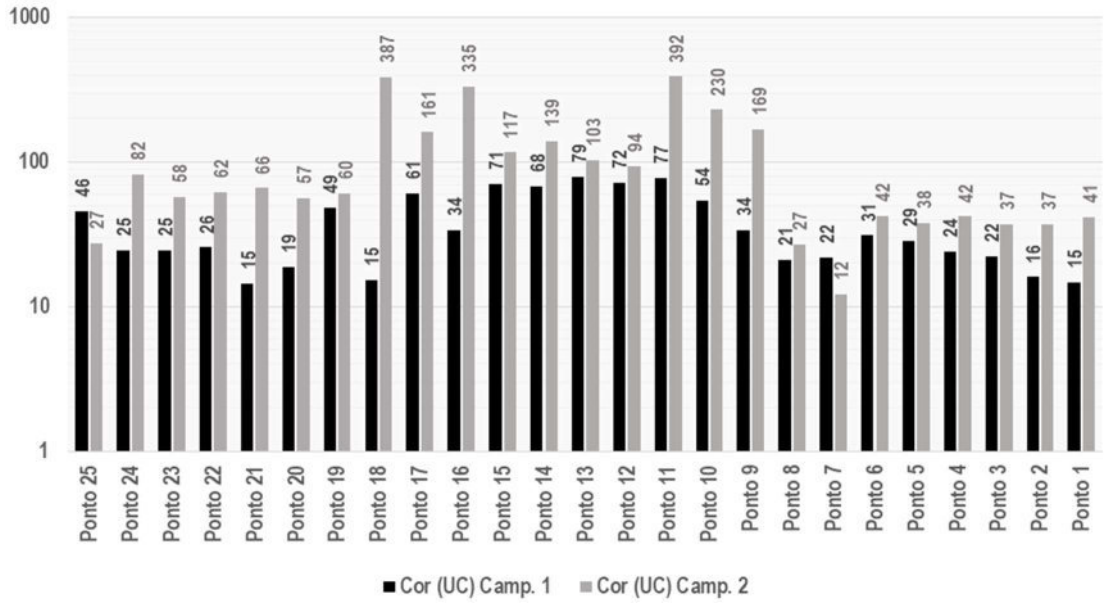


Figura 9.23 – Espacialização da variação dos teores de Cor nas campanhas de diagnóstico.

Quanto à Turbidez da água, os dados obtidos nas campanhas de diagnóstico (Figura 9.24) indicam, na campanha 1, uma variação de 6,94 NTU (Ponto 06) a 36,00 NTU (Ponto 14), com média de 20,61 NTU, e, na campanha 2, uma variação de 31,20 NTU a 114,00 NTU (Ponto 24) associado a uma média de 70,06 NTU. De forma geral, espacialmente e temporalmente, os dados apresentam comportamento semelhante, verificando-se uma tendência de incremento dos valores de montante para jusante, até as seções 10 (jusante da Barragem Amarópolis) e 09 (montante da foz do Rio Taquari), alterando para queda dos teores

após contribuição do Rio Taquari, e retomando a tendência de incremento constante até o Lago Guaíba, ainda que com diferentes ordens de grandeza, por conta da sazonalidade dos períodos (seca/cheia). Na campanha de seca ou de baixa vazão a classe 1 (<40 NTU) é atendida ao longo de todo o trecho. Por outro lado, no período de chuvas a turbidez é elevada para a condição de classe 2.

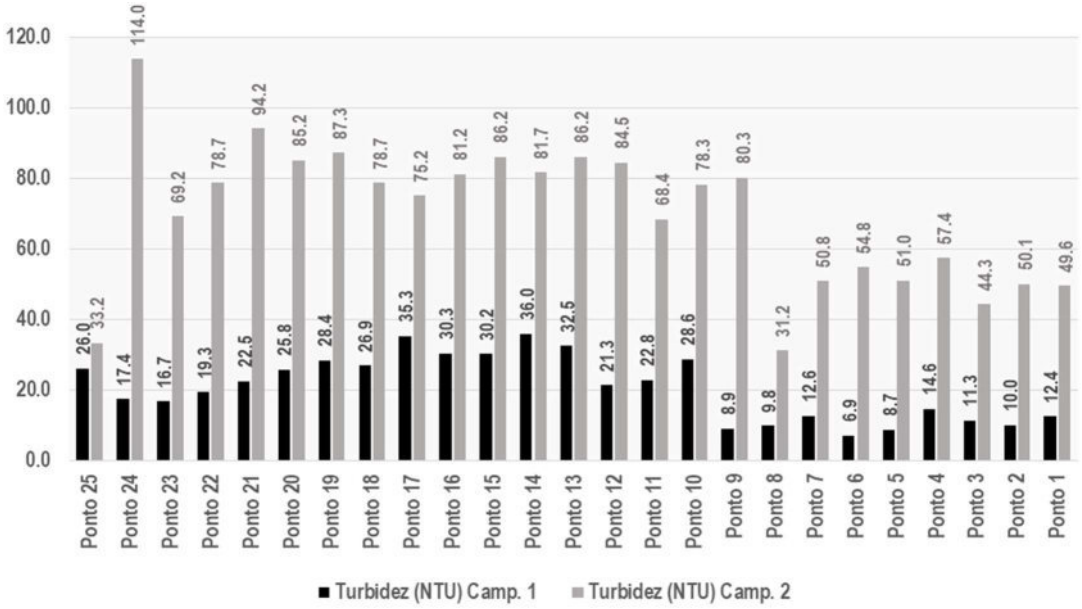


Figura 9.24 – Espacialização da variação dos teores de Turbidez nas campanhas 1 e 2.

Quanto aos Sólidos Totais (ST), na campanha 1 de diagnóstico (Figura 9.25) verificou-se uma variação de 35,0 mg/L (Ponto 04) a 121,0 mg/L (Ponto 25) com média de 78,92 mg/L, enquanto na campanha 2, os teores de Sólidos Totais apresentaram valores variando de 75,0 mg/L (Ponto 25) a 143,0 mg/L (Ponto 24) com média de 117,44 mg/L, constituindo-se, de forma geral, em valores mais elevados em relação à campanha 1. Quanto à sazonalidade, os teores de ST apresentam comportamento semelhante ao observado em Turbidez e Cor.

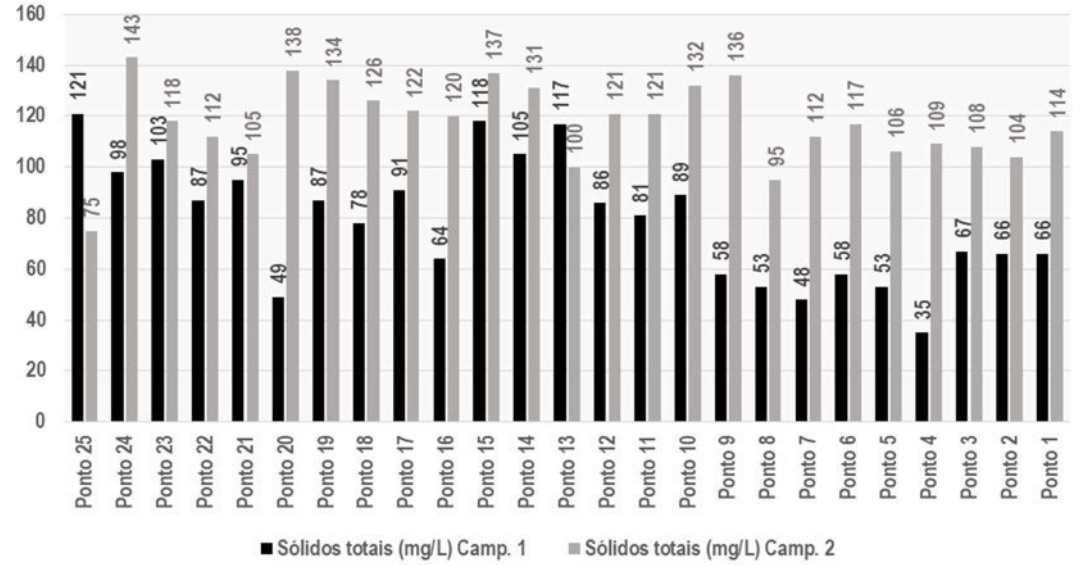
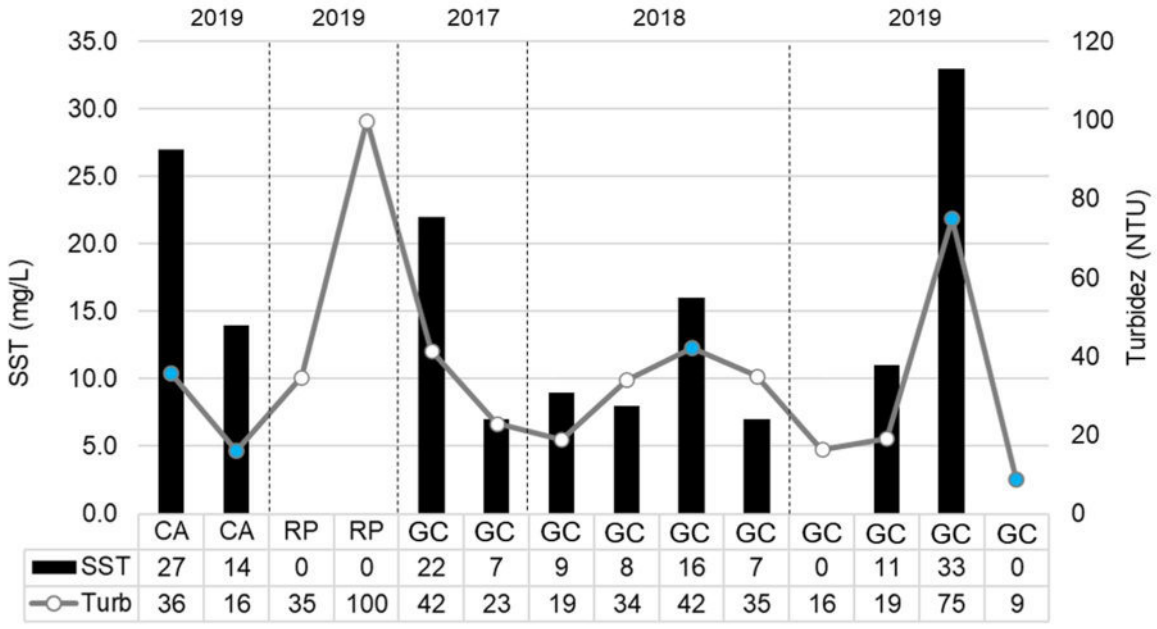


Figura 9.25 – Espacialização da variação dos teores de Sólidos totais nas campanhas 1 e 2.

Nesse caso a variação espacial é mais pronunciada na situação de baixa vazão, enquanto na campanha de cheia, como esperado, uma maior homogeneidade foi observada. Verifica-se, portanto, novamente um incremento de sólidos no trecho médio (entre a confluência do Rio Pardo e a confluência do Rio Taquari), seguido de uma queda na concentração e novamente uma ascensão em direção ao final do trecho monitorado. Para esse parâmetro destacam-se também as concentrações mais elevadas no início do trecho monitorado na condição de baixa vazão.

O comportamento sazonal evidenciado nos dados obtidos no presente estudo é também verificado nos dados de turbidez da rede da FEPAM (Figura 9.26) ao longo do trecho de interesse ao estudo, notadamente junto à estação General Câmara (estação cod. 85930000), onde os dados coletados nos meses de julho e outubro se destacam, de forma geral, frente aqueles registrados em janeiro e abril, associados a menores vazões, consequentemente de menor carga de sedimentos. Em razão da correlação entre Turbidez x Sólidos Suspensos Totais, o mesmo comportamento também é verificado nos dados de sólidos suspensos totais da rede da FEPAM.

Para Turbidez os dados amostrais variam entre classe 1 e 2. Para sólidos suspensos, com base na Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG N.º 01/08, a classe 1 é atendida amplamente nas seções amostrais da FEPAM.



	CA	CA	RP	RP	GC	GC	GC	GC	GC	GC	GC	GC	GC	GC
SST	27	14	0	0	22	7	9	8	16	7	0	11	33	0
Turb	36	16	35	100	42	23	19	34	42	35	16	19	75	9

CA = Cachoeira do Sul (85642010, Período: 2019),
RP = Rio Pardo (85658000, Período: 2019),
GC = General Câmara (85930000, Período: 2017-2019)

Figura 9.26 – SST e Turbidez – Estações FEPAM.

Vale ressaltar que a análise de Cor, Turbidez e Sólidos Totais/Sólidos Suspensos Totais numa condição de cheia ou estação chuvosa fica de certa forma comprometida já que o transporte de sedimentos é relevante nesse período. A condição de cheia tende a homogeneizar o trecho, dificultando a relação causa-efeito com a atividade mineradora. Esse cenário pode ser constatado através da comparação das campanhas amostrais realizadas no

presente zoneamento. Foi clara a diferença sazonal (baixa e alta vazão) para esses parâmetros, bem como a homogeneidade das concentrações ao longo do trecho na condição de cheia.

A análise espacial também não é simples para a condição de estiagem ou de baixa vazão, pois dispõe-se de apenas uma campanha. Entretanto, os dados para essa condição considerando as 25 seções amostrais mostraram resultados interessantes quando a variabilidade espacial.

Na análise espacial para a condição de baixa vazão, portanto, verifica-se uma tendência desses parâmetros serem mais elevados no trecho médio (entre os pontos 20 e 9), entre a confluência com o Rio Pardo e a confluência com o Rio Taquari. Na confluência com o Rio Taquari nota-se redução em resposta ao aporte de água deste manancial, passando a apresentar elevação sustentada até o Lago Guaíba – no período de chuvas o comportamento se mantém, mas com teores mais elevados e mais homogêneos. Estes dados podem refletir somente a influência das bacias de contribuição no curso hídrico em destaque. Por outro lado, a atividade mineradora pode estar contribuindo para essa variabilidade espacial constatada sobretudo na situação de vazão baixa.

Sendo assim, recomenda-se, caso necessário, a realização de análises complementares com base em imagens de satélite, que permitem avaliar a concentrações de sólidos em suspensão, por meio da reflectância da luz na superfície da água com base em equações de regressão, conforme a metodologia descrita por Fagundes *et al*. (2019). Essa análise permite avaliar a variação espacial da concentração de sólidos, que pode ser relacionada à atividade de mineração de areia no Rio Jacuí, em dias específicos, como por exemplo, quando da operação de dragagem no trecho.

9.1.5 Caracterização da rede hidrográfica

Conforme a Divisão Hidrográfica do Estado do Rio Grande do Sul, estabelecida pelo Decreto Estadual nº 53.885 (16 de janeiro de 2018), o Rio Jacuí abrange mais de uma Unidade de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos, que também se constituem em Bacias Hidrográficas.

De acordo com a Secretaria Estadual do Meio Ambiente (SEMA), a **bacia hidrográfica do Baixo Jacuí** está inserida na Região Hidrográfica do Guaíba, sendo a rede de drenagem que forma a bacia hidrográfica subdividida em cinco unidades de planejamento do Sistema Estadual de Recursos Hídricos listadas a seguir com seus respectivos códigos: Taquari-Antas (G040); Vacacaí – Vacacaí-Mirim (G060); Baixo Jacuí (G070); Alto Jacuí (G050); Pardo (G090).

A **bacia hidrográfica do Taquari-Antas (G040)** corresponde ao principal afluente da margem esquerda do Rio Jacuí, sendo descrita por RS (2011), como sendo composta total ou parcialmente por 119 municípios, os quais abrangem 26.415,45 km², área correspondente a 9,38 % da área territorial do Rio Grande do Sul.

A **bacia hidrográfica dos rios Vacacaí – Vacacaí Mirim (G060),** notadamente o Rio Vacacaí, corresponde ao principal afluente da margem direita do Rio Jacuí, e, conforme

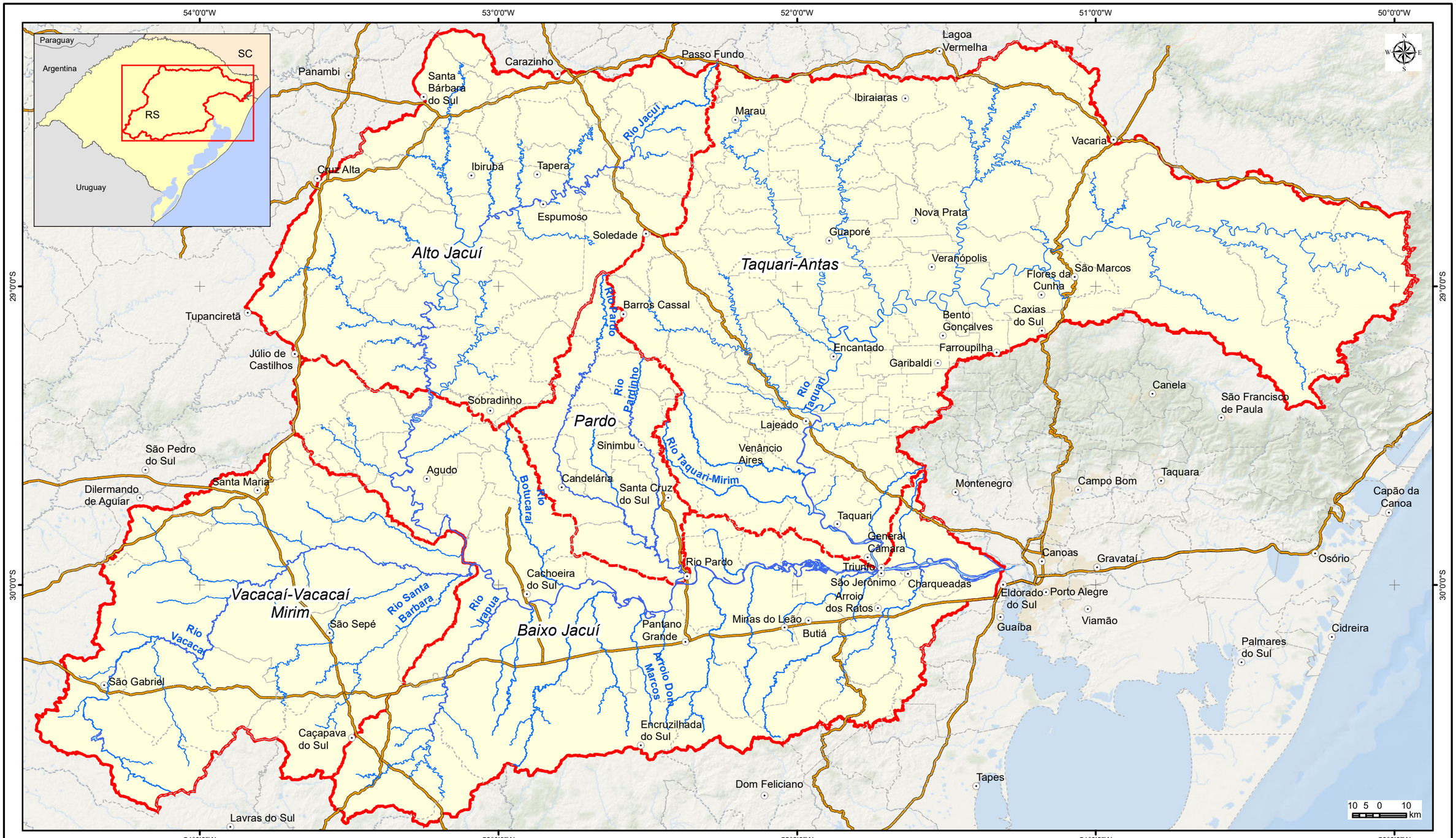
informado pela Secretaria Estadual do Meio Ambiente (SEMA), ainda não possui o plano de recursos hídricos. A área dessa unidade de planejamento e gestão compreende parcial ou totalmente 14 municípios e contempla 11.077,34 km², representando 3,93 % da área territorial do Rio Grande do Sul.

Segundo RS (2005), a **bacia hidrográfica do Rio Pardo (G090)** corresponde a outro importante contribuinte da margem esquerda do Rio Jacuí, com área de drenagem correspondente a 3.636,79 km², distribuída entre 13 municípios, o que representa 1,29 % da área do Rio Grande do Sul.

Finalmente, as áreas de contribuição direta ao Rio Jacuí configuram duas unidades de planejamento e gestão (conforme o Decreto anteriormente citado): o Alto Jacuí (G050) e o Baixo Jacuí (G070). A **bacia hidrográfica do Alto Jacuí (G050)** representa a contribuição de montante ao baixo Rio Jacuí (RS, 2012), abrangendo total ou parcialmente 41 municípios em uma área de 13.070,06 km², o que representa 4,64 % do território gaúcho. Já a **bacia hidrográfica do Baixo Jacuí (G070)** contempla 40 municípios, os quais abrangem 17.332,9 km², equivalentes a 6,15 % da área territorial do Rio Grande do Sul (RS, 2014).

A área de estudo deste trabalho, denominada como **"médio e baixo curso do Rio Jacuí**" se estende às seguintes bacias hidrográficas: Baixo Jacuí (G070), Vacacaí-Vacacaí Mirim (G060), Rio Pardo (G090) e Taquari – Antas (G040). No entanto, entende-se como válida a apresentação da área das bacias contribuintes do Rio Jacuí, uma vez que a hidrografia do trecho de interesse, Médio e Baixo Jacuí, reflete os efeitos do escoamento que vem dos cursos de água situados nas partes altas da bacia hidrográfica.

O Mapa 9.15 apresenta a hidrografia das bacias contribuintes do Rio Jacuí, descritas anteriormente, com indicação dos principais formadores. Este mapa foi elaborado a partir do modelo hidrológico SWAT, tendo como base o modelo digital de elevação para o estado do Rio Grande do Sul fornecido por Weber *et al.* (2004).



LEGENDA

- Sede municipal
- Hidrografia
- Rodovia
- Sub-bacias afluentes (Unidades de Planejamento)
- Bacia Hidrográfica do Rio Jacuí
- Limite municipal

Elaboração: PROFILL

RELATÓRIO FINAL

ZONEAMENTO AMBIENTAL PARA A ATIVIDADE DE MINERAÇÃO DE AREIA NOS CURSOS MÉDIO E BAIXO DO RIO JACUÍ

Contratação e fiscalização: Fepam

Sistema de Coordenadas Geodésicas
Sistema Geodésico de Referência SIRGAS2000
Escala: 1:1.400.000

Mapa 9.15 – Hidrografia da bacia hidrográfica do Rio Jacuí, com indicação das principais sub-bacias de formadoras

Fonte de dados:
- Sede municipal: SEMARS (2018)
- Limite municipal: SEMARS (2018)
- Limite estadual: IBGE (2019)
- Rodovia: SEMARS (2018)
- Hidrografia: SEMARS (2018)
- Sub-bacias e bacia: DRH/SEMA (2015)

9.1.5.1 Parâmetros morfométricos referentes à análise da rede hidrográfica da Região Hidrográfica do Lago Guaíba

A análise morfométrica de bacias hidrográficas permite a identificação de suas características gerais (SOARES E SOUZA, 2012), sendo importantes para o entendimento da transformação da chuva em escoamento superficial. Na Tabela 9.4 são apresentados parâmetros morfométricos para as bacias hidrográficas no Rio Jacuí, com as informações obtidas na geração da drenagem pelo modelo hidrológico SWAT.

Em função do uso do modelo SWAT para geração das informações apresentadas, observam-se algumas diferenças nas áreas estimadas em cada unidade de planejamento da região de estudo, que compreende o conjunto das bacias afluentes ao Baixo Jacuí, em relação aos dados oficiais. Ainda que as diferenças sejam quase insignificantes (inferiores a 1,00 % em todos os casos): a área obtida foi 0,18 % inferior no Taquari-Antas; 1 % inferior no Alto Jacuí; 0,45 % superior na bacia do Vacacaí – Vacacaí Mirim; 0,47 % superior na bacia hidrográfica do Baixo Jacuí; e 0,09 % superior na bacia hidrográfica do Rio Pardo.

Tabela 9.4 – Parâmetros morfométricos para as bacias hidrográficas do Rio Jacuí.

Bacias hidrográficas	Taquari-Antas (G040)	Alto Jacuí (G050)	Vacacaí (G060)	Baixo Jacuí (G070)	Pardo (G090)
Área (km²)	26368,60	13069,33	11127,04	17414,89	3640,20
Perímetro (km)	1112,09	641,50	599,74	1065,80	356,03
Comprimento do canal principal (km)	512,12	221,06	219,04	361,36	134,28
Comprimento do eixo (km)	157,12	124,54	138,81	198,24	86,68
Cota máxima (m)	1293,00	773,00	463,00	617,00	733,00
Cota mínima (m)	1,00	75,00	19,00	1,00	6,00
Amplitude altimétrica (m)	1.292,00	698	444	616	727
Coeficiente de compacidade	1,93	1,58	1,6	2,28	1,66
Fator de forma	1,07	0,84	0,58	0,44	0,48
Índice de Sinuosidade	3,26	1,78	1,58	1,82	1,55

Os valores de sinuosidade encontrados e apresentados acima, são superiores ao valor de 1,50 em todas as bacias hidrográficas, indicando que os canais apresentam a formação de meandros, com destaque para o Taquari-Antas, com valor superior a 3, indicando canais sinuosos.

Quanto ao Fator de Forma, conforme explica Ferreira *et al.* (2010), ao comparar bacias de tamanhos equivalentes, a bacia hidrográfica do Alto Jacuí é mais propensa a enchentes em relação às bacias hidrográficas do Baixo Jacuí e do Vacacaí, por ter valor mais alto (mais próximo a unidade). A Bacia do Taquari-Antas, também apresenta valor próximo a 1, ainda que tenha dimensão superior às demais aqui analisadas.

Finalmente, o Coeficiente de Compacidade, percebe-se que todas as bacias têm valores distantes da unidade, sendo o Alto Jacuí o menor valor observado, indicando maior propensão a cheias.

9.1.5.2 Conceitos associados à evolução dos cursos de água, hipsometria e transporte de sedimentos

Dada a importância do conhecimento de fatores formadores das bacias hidrográficas, além da formação e do transporte de sedimentos para o trabalho em pauta, este item resume os conceitos e informações de maior relevância, como hipsometria (variação de altitude na área de estudo), erosão e transporte de sedimentos em uma bacia hidrográfica.

Em uma bacia hidrográfica, a rede de drenagem é composta por um canal principal e todos os seus tributários, os quais drenam a água dos pontos de maior altitude para os de menor altitude. No caso do Rio Jacuí, os cursos de água que formam a hidrografia apresentam-se divididos em três partes, nomeadamente: curso superior; curso médio; e curso inferior.

No curso superior (zonas de maior altitude), normalmente predomina o transporte seixo e cascalho, no curso médio (zonas de altitude média) passa a predominar o transporte de areia e no trecho inferior (zonas de altitude baixa) predomina o silte e a argila. Tais características são percebidas em bacias hidrográficas naturais sem intervenção humana nos cursos de água.

A área da bacia hidrográfica que não está contida na rede de drenagem composta pelos rios, é conhecida como interflúvios ou vertentes. Os interflúvios ou vertentes são descritos por Paz (2004) como áreas nas quais ocorrem a captação da precipitação e consequente produção de sedimentos. Por sua vez, a rede de drenagem responde pelo caminho preferencial de transporte de água e sedimentos, e as planícies aluviais, ou várzeas, respondem por pontos marginais à calha do rio, principalmente nas áreas baixas da bacia hidrográfica, sendo uma área que funciona estocando e produzindo sedimentos para o rio. Em períodos de estiagem, ao ocorrer alguma precipitação, essas áreas produzem sedimentos para o rio, enquanto em períodos de cheia, quando o escoamento ultrapassa a calha principal do rio e passa a escoar sobre a planície onde costuma ocorrer a deposição de sedimentos.

Naturalmente, são observadas deformações na hidrografia de uma bacia hidrográfica, podendo ser de curta duração (minutos) a longa duração (anos). Em termos de curta duração pode-se citar erosão localizada nas margens côncavas dos rios e deposição nas margens convexas. Já se tratando de longa duração, verifica-se a migração de meandros e assoreamento da planície.

Nesse sentido, verifica-se que os fenômenos responsáveis pela auto deformação dos canais fluviais são os processos de erosão e depósito, o que impacta diretamente na largura do rio, cota de fundo e rugosidade.

A Figura 9.27 apresenta a curva hipsométrica do Rio Jacuí, no qual se verifica o relevo em relação ao percentual acumulado da área referente a cada cota. Observa-se elevação mínima de 1 m, elevação máxima de 1.293 m, e a elevação média de 633 m.

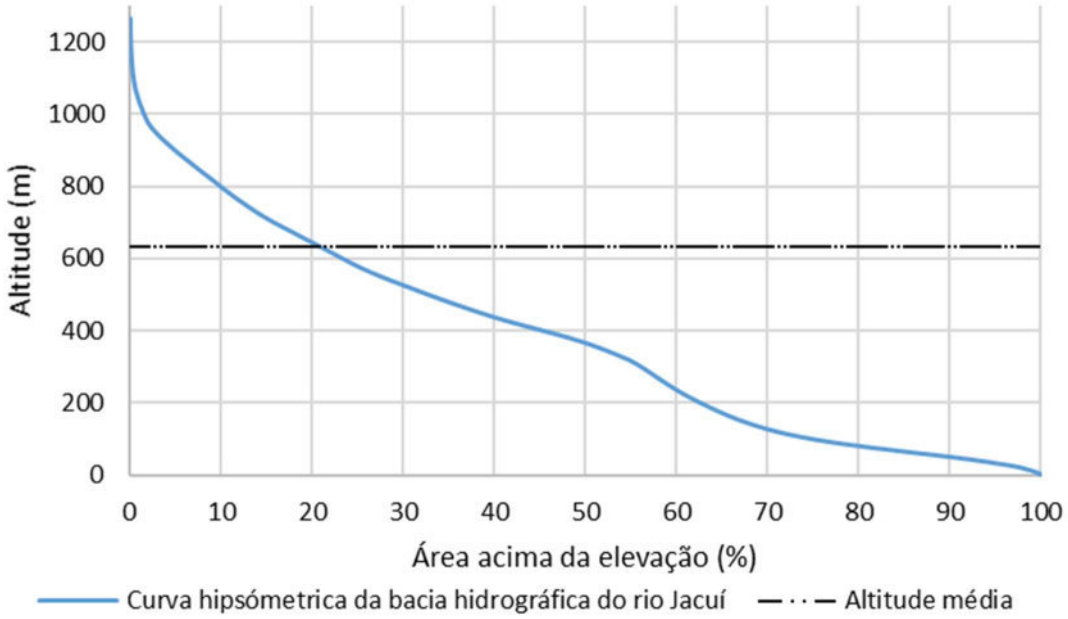
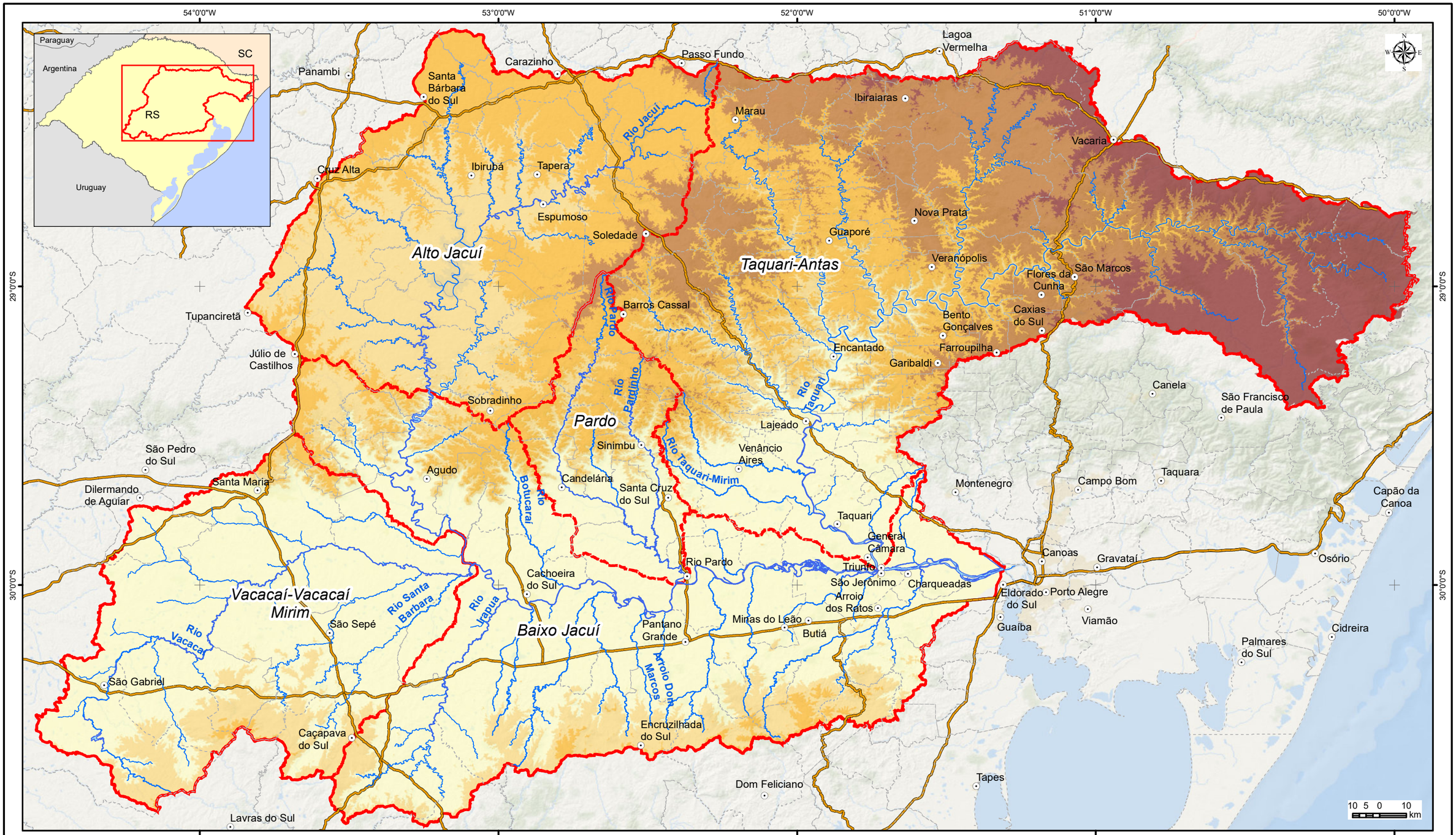


Figura 9.27 – Curva hipsométrica do Rio Jacuí.

O Mapa 9.16 apresenta a hipsometria das bacias contribuintes do Rio Jacuí, considerando cinco classes de altitude, espaçadas a cada 211 m.



LEGENDA

- Sede municipal
- Hidrografia
- Rodovia
- Sub-bacias afluentes (Unidades de Planejamento)
- Bacia Hidrográfica do Rio Jacuí
- Limite municipal

Elevação (m)

- 1 - 211
- 211,1 - 422
- 422,1 - 633
- 633,1 - 844
- 844,1 - 1.293

Elaboração: PROFILL

RELATÓRIO FINAL

ZONEAMENTO AMBIENTAL PARA A ATIVIDADE DE MINERAÇÃO DE AREIA NOS CURSOS MÉDIO E BAIXO DO RIO JACUÍ

Contratação e fiscalização: Fepam

Sistema de Coordenadas Geodésicas
Sistema Geodésico de Referência
SIRGAS2000
Escala: 1:1.400.000

Mapa 9.16 – Mapa hipsométrico das bacias contribuintes do rio Jacuí, com indicação dos formadores

Fonte de dados:
- Sede municipal: SEMARS (2018)
- Limite municipal: SEMARS (2018)
- Limite estadual: IBGE (2019)
- Rodovia: SEMARS (2018)
- Hidrografia: SEMARS (2018)
- Sub-bacias e bacia: DRH/SEMA (2015)
- Elevação: SRTM

- **Erosão dos solos e modificações nos leitos dos rios**

A erosão dos solos é um dos fatores associados à formação das bacias hidrográficas e ao transporte de sólidos na rede de drenagem. A erosão compreende ao desprendimento de partículas do solo, das rochas ou dos sedimentos, do seu local original por meio da ação da água ou de outro agente de intemperismo, podendo ser potencializada pela ação do homem sobre o ambiente. Os processos erosivos ocorrem em razão do clima, do solo, do relevo, da cobertura vegetal e do uso da terra, sendo que os sedimentos que foram desprendidos e transportados serão depositados em zonas favoráveis a tal deposição, sejam nos pés das vertentes, nos vales ou nos leitos dos rios.

Na observação dos cursos de água, verifica-se que o nível do manancial apresenta variações ao longo do tempo. A variação do nível do rio faz com que ele ocupe determinadas áreas da calha natural, as quais são conhecidas como leito menor, leito médio e leito maior. No Rio Jacuí, em seu curso médio, foram monitoradas 25 seções de referência, as quais apresentaram largura da seção transversal conforme elencado na Tabela 9.5.

Tabela 9.5 – Seções monitoradas e suas respectivas larguras da seção transversal.

Seção de Referência	Largura (m)	Seção	Largura (m)
PTS-S1	1.056,44	**PTS-S12**	344,55
PTS-S2 ME	850,66	**PTS-S13**	566,15
PTS-S2 MD	838,49	**PTS-S14**	568,75
PTS-S3	1.137,15	**PTS-S15**	782,76
PTS-S4 ME	555,07	**PTS-S16**	613,09
PTS-S4 MD	868,17	**PTS-S17**	487,69
PTS-S5 ME	1.168,06	**PTS-S18**	563,14
PTS-S5 MD	686,86	**PTS-S19**	391,82
PTS-S6	1.222,02	**PTS-S20**	564,05
PTS-S7	827,96	**PTS-S21**	437,08
PTS-S8	1.017,91	**PTS-S22**	353,90
PTS-S9	731,25	**PTS-S23**	557,79
PTS-S10	768,28	**PTS-S24**	413,60
PTS-S11	597,81	**PTS-S25**	447,86

- **Deformações da seção transversal**

Com o escoamento ao longo da seção transversal de um rio, verifica-se o surgimento de deformações que ocorrem no fundo ou nas margens do rio ao longo do tempo. No fundo do rio o processo erosivo consiste na perda de solo, principalmente pela capacidade de transporte ser maior que a de sedimentação. Por sua vez, a sedimentação no fundo do rio ocorre quando a capacidade de transporte é menor que a de sedimentação. Nas margens pode ocorrer a construção, devido ao aporte de sedimentos oriundos de pontos a montante da bacia hidrográfica, ou a erosão destas margens, devido à energia da água ser maior que a do solo em resistir ao escoamento.

A construção das margens é favorecida em zonas de águas paradas, pois favorecem o depósito nas margens, uma vez que o escoamento superficial contém material em suspensão em zonas de baixa velocidade e apresenta profundidades baixas, favorecendo assim o depósito de sedimentos. Por sua vez, a erosão das margens tende a ocorrer quando a tensão de cisalhamento provocada pelo escoamento é maior que a força de resistência do solo.

Os seguintes fatores contribuem com as deformações da seção transversal: Coesão do terreno; Vegetação; Variação do nível de água; Sedimentação maior que a capacidade de transporte, que é quando ocorre a formação de depósitos que favorecem a ação erosiva nas margens; Sedimentação menor que a capacidade de transporte, quando erosões de fundo causam desabamento das margens e o talude perde a condição de equilíbrio.

Observa-se, assim, um conjunto de fatores que contribuem com deformações na seção transversal de um manancial. Nesse sentido, qualquer atividade humana – a exemplo da dragagem de areia, da implantação de barramentos, da construção de pilares para pontes, entre outros – que modifique as características naturais de um corpo hídrico tende a provocar efeitos no que diz respeito à erosão e à deposição de sedimentos na calha do corpo hídrico.

9.1.6 Medição de vazão, sedimentos em suspensão e sedimentos em arraste

A **medição de vazão** em hidrometria pode ser entendida como todo processo utilizado para determinar o volume escoado em determinado tempo em uma seção de controle. Normalmente, se tratando de medição de vazão em rios, o volume é dado em metro cúbico (m^3) e o tempo em segundos (s). Dentre as técnicas frequentemente adotadas na medição de vazão, destacam-se a medição da velocidade da água com molinete hidrométrico e o método acústico. Em ambos os métodos, a determinação da vazão é obtida através da multiplicação entre a área da seção transversal e a velocidade do escoamento. A diferença entre eles consiste na forma de determinação dos referidos parâmetros.

O monitoramento das seções PTS-S1 e PTS-S25 foi dividido entre duas campanhas de campo realizadas nos meses de outubro e dezembro de 2019. No mês de outubro foram feitas as seções PTS-S1 a PTS-S10 e no mês de dezembro as seções PTS-S11 a PTS-S25. A síntese do resultado para as seções monitoradas, considerando as informações das duas campanhas para medição de vazão, nível, concentração de sólidos em suspensão (CSS) e arraste (CSA), bem como as cargas de sólidos, pode ser acompanhada na Tabela 9.6.

Observa-se maiores valores de transporte de sedimentos nas seções PTS-S1 a PTS-S10. Por sua vez, as seções PTS-S11 a PTS-S25 apresentaram valores reduzidos em relação às 10 primeiras seções, fato esse explicado pelo monitoramento dessas seções terem ocorrido em condições estáveis do manancial, além de estarem localizadas a montante dos pontos monitorados inicialmente, o que implica em uma menor área de captação natural.

Ressalta-se que os valores encontrados estão condizentes com a literatura em geral, que informa que a maior parte da quantidade de sedimentos é transportada durante eventos de cheia. A Figura 9.28 apresenta as vazões medidas na primeira e segunda campanha, e vazões médias.

De acordo com a classificação textural das 25 seções, pelo método de Shepard, a maioria das 25 seções de referência apresentam a textura de areia e cascalho, e em algumas delas uma mistura com areia e lama.

Tabela 9.6 – Resumo dos resultados do monitoramento da vazão, concentração de sedimentos em suspensão e sedimentos em arraste para as 25 seções monitoradas.

AMOSTRA/ PERFIL	CAMPANHA	DATA/ COLETA	NÍVEL (m)	CSS (mg/l)	Q (m³/s)	Qss (Ton/dia)	Qsa (Ton/dia)	Qst (Ton/dia)
PTS-S1	1	28/02/2019	1,06		709,81			
	2	31/10/2019	3,12	61,7	4.854,64	25.879,50	1,33	25.880,83
PTS-S2	1	28/02/2019 - MD	1,12		251,8			
		28/02/2019 - ME	1,13		553,67			
		28/02/2019	1,12		805,47			
	2	27/10/2019	2,94	54,5	2.231,06	10.505,60	1,89	10.507,49
PTS-S3	1	28/02/2019	1,14		1039,7			
	2	27/10/2019	2,9	47,4	2.373,10	9.718,70	2,41	9.721,11
PTS-S4	1	28/02/2019 - MD	1,18		541,99			
		28/02/2019 - ME	1,18		473,65			
		28/02/2019	1,18		1015,64			
	2	28/10/2019	2,78	63,2	2.604,41	14.221,32	0,15	14.221,47
PTS-S5	1	08/03/2019 - MD	0,92		254,22			
		08/03/2019 - ME	0,9		505,07			
		08/03/2019	0,91		759,29			
	2	28/10/2019	2,68	52,9	2.927,22	13.379,05	4,22	13.383,27
PTS-S6	1	08/03/2019	0,93		985,05			
	2	29/10/2019	2,78	50,9	2.790,43	12.271,65	0,01	12.271,66
PTS-S7	1	01/03/2019	1,18		520,74			
	2	29/10/2019	2,78	44,9	2.759,44	10.704,86	0,01	10.704,87
PTS-S8	1	01/03/2019	1,2		440,78			
	2	29/10/2019	2,92	41,2	1.189,63	4.234,70	0,32	4.235,02
PTS-S9	1	01/03/2019	1,39		526			
	2	30/10/2019	3,06	60,9	1.818,48	9.568,41	0,01	9.568,42
PTS-S10	1	01/03/2019	1,64					
	2	30/10/2019	3,06	62	1.892,40	10.137,21	0	10.137,21
PTS-S11	1	22/01/2019	5,55		2286,8			
	2	04/12/2019	1,54	29,4	554,73	1.409,10	0,04	1.409,14
PTS-S12	1	23/01/2019 - RV	7,13		676,87			
		23/01/2019 - RN	7,01		1656,2			
		23/01/2019	7,07		2333,07			
	2	05/12/2019	3,62	18,6	607,26	975,89	0,42	976,31
PTS-S13	1	23/01/2019	7,8		2551,66			
	2	05/12/2019	4,65	29,7	542,62	1.392,41	0,75	1.393,16
PTS-S14	1	05/02/2019	5,19		1192,94			
	2	05/12/2019	5,65	17,4	563,05	846,47	0,12	846,59
PTS-S15	1	05/02/2019	5,54		1263,3			
	2	05/12/2019	6,65	18,3	545,36	862,28	0,52	862,8
PTS-S16	1	05/02/2019	5,95		1608,4			
	2	06/12/2019	6,73	21,2	561,3	1.028,12	0,07	1.028,19
PTS-S17	1	21/01/2019	11,07		2988,3			
	2	06/12/2019	6,73	17,8	617,94	950,34	0,52	950,86
PTS-S18	1	21/01/2019	11,97		2685,5			
	2	06/12/2019	6,69	19	566,74	930,36	0,32	930,68
PTS-S19	1	21/01/2019	13,88		2777,6			
	2	07/12/2019	8,58	24	502,23	1.041,42	0,04	1.041,46
PTS-S20	1	05/02/2019	13,74		2634,8			
	2	07/12/2019	10,08	17,1	486,56	718,86	0,1	718,96
PTS-S21	1	04/02/2019	14,4		1416,3			
	2	07/12/2019	10	10,8	469,58	438,17	0,13	438,3
PTS-S22	1	03/02/2019	15,35		1085			
	2	07/12/2019	13	21,9	440,05	832,65	0	832,65
PTS-S23	1	02/02/2019	15,86		602,21			
	2	08/12/2019	14,98	19,4	433,27	726,23	0,15	726,38
PTS-S24	1	01/02/2019	17,76		1325,2			
	2	08/12/2019	18,4	27,9	436,84	1.053,03	0,3	1.053,33
PTS-S25	1	01/02/2019	17,92		1348,2			
	2	08/12/2019	19,4	28,6	418,27	1.033,56	0,19	1.033,75

Onde: CSS (mg/l): concentração de sedimentos em suspensão; Q (m³/s): Vazão líquida; Qss (Ton/dia): Descarga sólida em suspensão; Qsa (Ton/dia): Descarga sólida em arraste; Qst (Ton/dia): Descarga sólida total.

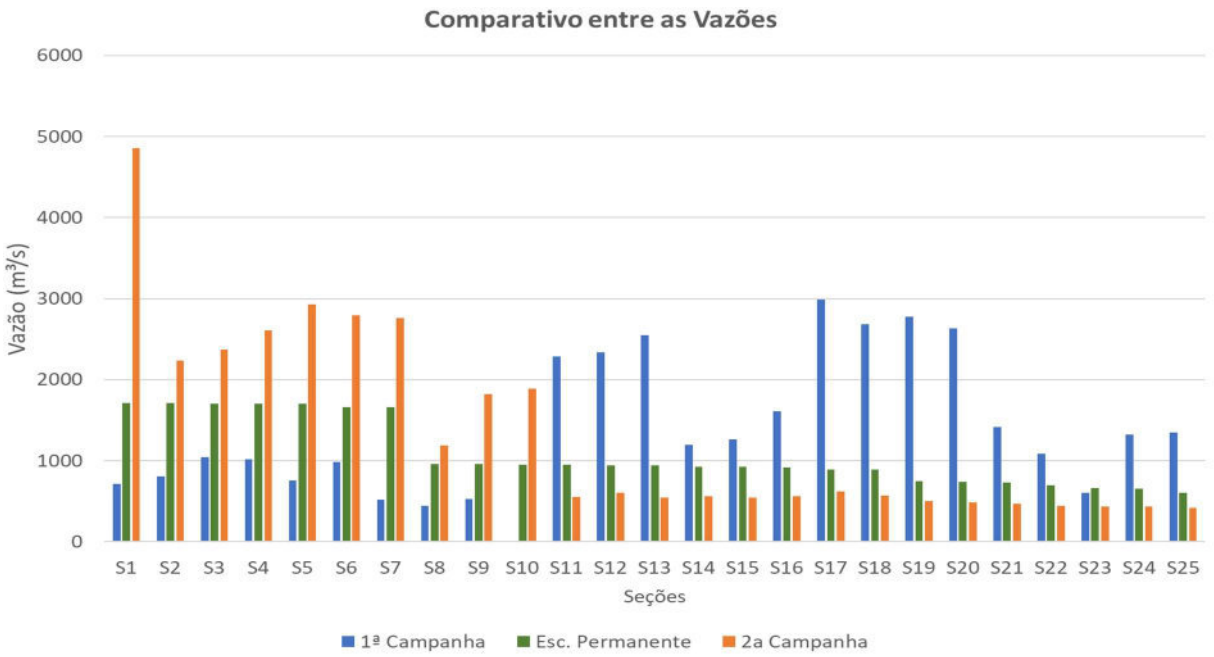


Figura 9.28 – Vazões medidas na primeira e segunda campanha, e vazões médias.

9.1.7 Avaliação geoquímica dos sedimentos de fundo

A fim de caracterizar as propriedades geoquímicas do sedimento de fundo, as amostras foram coletadas concomitantemente à primeira campanha de coleta de água e biota aquática nas 25 seções de referência. As amostras de sedimento serviram para avaliação da qualidade ambiental, por meio da comparação dos resultados obtidos com os limites estabelecidos na Resolução CONAMA 454/2012, a fim de averiguar uma possível condição de contaminação ambiental nos cursos médio e baixo do Rio Jacuí.

Em relação à avaliação geoquímica dos sedimentos de fundo, permitiram inferir que atualmente o sedimento nos cursos médio e baixo do Rio Jacuí apresenta qualidade satisfatória e grau de interferência antrópica relativamente baixa no que se refere às características geoquímicas investigadas. Desta forma, entende-se que o presente estudo atendeu o objetivo de caracterizar as propriedades geoquímicas do sedimento e auxiliar na avaliação da qualidade ambiental, dos cursos médio e baixo do Rio Jacuí.

Todavia, ressalta-se que alguns dos pontos amostrados demandam um aprofundamento investigativo no que se refere principalmente à concentração de metais como cobre, cromo e níquel, haja vista as concentrações em desconformidade com a legislação de referência. Por esta razão, entende-se oportuno que projetos futuros considerem aumentar o esforço amostral de monitoramento, bem como investigar possíveis fontes de contaminação no entorno dos pontos com a qualidade já comprometida pela alta concentração destes metais, e também ampliar a frequência da amostragem de forma a identificar eventuais variações sazonais destes parâmetros.

9.1.8 Modelo Hidrossedimentométrico

Os resultados do transporte de sedimentos do Rio Jacuí, obtidos a partir da simulação do transporte de sedimentos ao longo de um ano hidrológico, são apresentados para os dois cenários considerados no estudo, conforme apresentados nos itens seguintes.

9.1.8.1 Volumes de sedimentos: taxas de transporte de sedimentos

As taxas de transporte de sedimentos são apresentadas para as 25 seções topobatimétricas de referência nos dois cenários simulados, conforme o Quadro 9.4.

Quadro 9.4 – Taxas de Transporte de sedimentos para o trecho do Rio Jacuí.

Taxas de Transporte de Sedimentos (ton/ano)				Taxas de Transporte de Sedimentos (ton/ano)		
Seções	**Cenário 1**	**Cenário 2**		**Seções**	**Cenário 1**	**Cenário 2**
Seção 1	116 605	116 556		Seção 14	68 408	-62 433
Seção 2	72 218	71 593		Seção 15	-181 681	-234 726
Seção 3	-10 863	-34 477		Seção 16	-9 875	2 019
Seção 4	14 540	13 614		Seção 17	8 123	11 406
Seção 5	9 865	8 513		Seção 18	21 117	33 761
Seção 6	11 019	24 560		Seção 19	53 761	56 284
Seção 7	2 072	62 053		Seção 20	-51 323	-51 072
Seção 8	200 172	207 770		Seção 21	-2 177	-2 172
Seção 9	65 315	79 306		Seção 22	-6 281	-6 270
Seção 10	99 213	106 641		Seção 23	41 518	41 757
Seção 11	-65 305	-34 714		Seção 24	14 992	15 064
Seção 12	62 241	81 462		Seção 25	30 107	30 132
Seção 13	-21 823	3 032				

As taxas de transporte de sedimento que apresentam valores negativos, indicam que naquela seção e nas proximidades a variação do leito é erosivo, já para os valores positivos a variação do leito é deposicional. Fazendo uma análise individual dos cenários, observa-se que no Cenário 1, a maioria das seções (68 %) apresentam taxas positivas e os outros 32 % taxas negativas. Para o Cenário 2, esse percentual aumenta um pouco, cerca de 72 % e consequentemente diminui o percentual em 28 %.

Com relação ao balanço de massa acumulado total de sedimentos resultante da simulação, o trecho do Rio Jacuí apresentou um saldo positivo em ambos os cenários (Quadro 9.5), isso demonstra que o Rio Jacuí apresenta tendência de deposição de sedimento ao longo de um ano hidrológico simulado.

Quadro 9.5 – Taxas de transporte de sedimentos acumuladas para os cenários 1 e 2.

Cenários	Taxas de Transporte de Sedimentos (ton/ano)
Cenário 1	2 546 033
Cenário 2	2 548 526

9.1.8.2 Análise comparativa entre os cenários

A análise comparativa dos resultados da simulação entre os dois cenários foi realizada para o comportamento das 25 seções topobatimétricas (variação do leito) e também para o padrão de velocidade devido a alteração da geometria (Cenário 2). Para melhor caracterizar os resultados com relação a variação do leito, foi adotado um critério de classificação em que se essa alteração fosse menor que 20 cm (tanto para erosão ou deposição do sedimento) a seção foi considerada como seção “sem alteração”.

A análise foi realizada com relação ao Cenário 2 procurando identificar, a partir daquelas seções que sofreram alteração na geometria, as tendências deposicional, erosiva ou sem nenhuma alteração do leito. Dentre as 25 seções de referência, observou-se que as seções 7, 12, 17 e 18 apresentam tendência deposicional, ou seja, a seção tende a voltar a geometria anterior (Cenário 1); nas seções 11 e 14 ocorre o contrário, apresentam tendência erosiva que se acentua com alteração da geometria; e as seções 4, 5, 6, 13 e 16 não apresentaram alteração do leito em função da alteração da geometria. Observou-se também que no resultado do Cenário 2, algumas seções que não tiveram alteração na geometria, apresentaram tendências diferentes comparadas com o Cenário 1, ou seja, seções que antes apresentavam tendência deposicional e passaram a apresentar tendência erosiva ou sem nenhuma alteração no leito e, em outras seções ocorre também o contrário, mas essas mudanças são mais visíveis nas seções interpoladas. No Mapa 9.17 é apresentada essa análise comparativa da alteração do leito entre as seções

Com relação aos resultados do padrão de velocidade, observa-se que para o Cenário 1 a velocidade máxima de escoamento foi igual a 2,4 m/s; já para o Cenário 2, a velocidade máxima foi igual a 3,5 m/s. Fazendo uma análise na diferença de velocidade entre os dois cenários, nota-se que em alguns trechos essa diferença é da ordem de 2,8 m/s a mais da velocidade e em outros é da ordem de 1,2 m/s a menos comparado com a velocidade no Cenário 1. Esse aumento de velocidade acontece num determinado trecho em que há estrangulamento da seção, principalmente com a elevação natural do leito, resultando em pequenas lâminas d’água. Com relação a diminuição da velocidade de escoamento, ocorre o contrário, com a alteração da geometria da seção, em alguns trechos há uma melhoria da eficiência das condições hidráulicas de escoamento. No Mapa 9.18 é apresentada essa diferença de velocidade entre os cenários 1 e 2, onde é possível identificar esses trechos da variação da velocidade.



LEGENDA

- Sede municipal
- Seções topobatimétricas
- Limite municipal

Análise Comparativa

Alteração do leito

- Deposição, tendência a se recuperar
- Deposição
- Sem alteração
- Erosão
- Erosão, tendência a se agravar

Nota: A Seção 8a representa uma seção interpolada, junto a foz do Rio Taquari, para caracterizar aquele trecho, pela sua relevância



Elaboração: PROFILL

RELATÓRIO FINAL

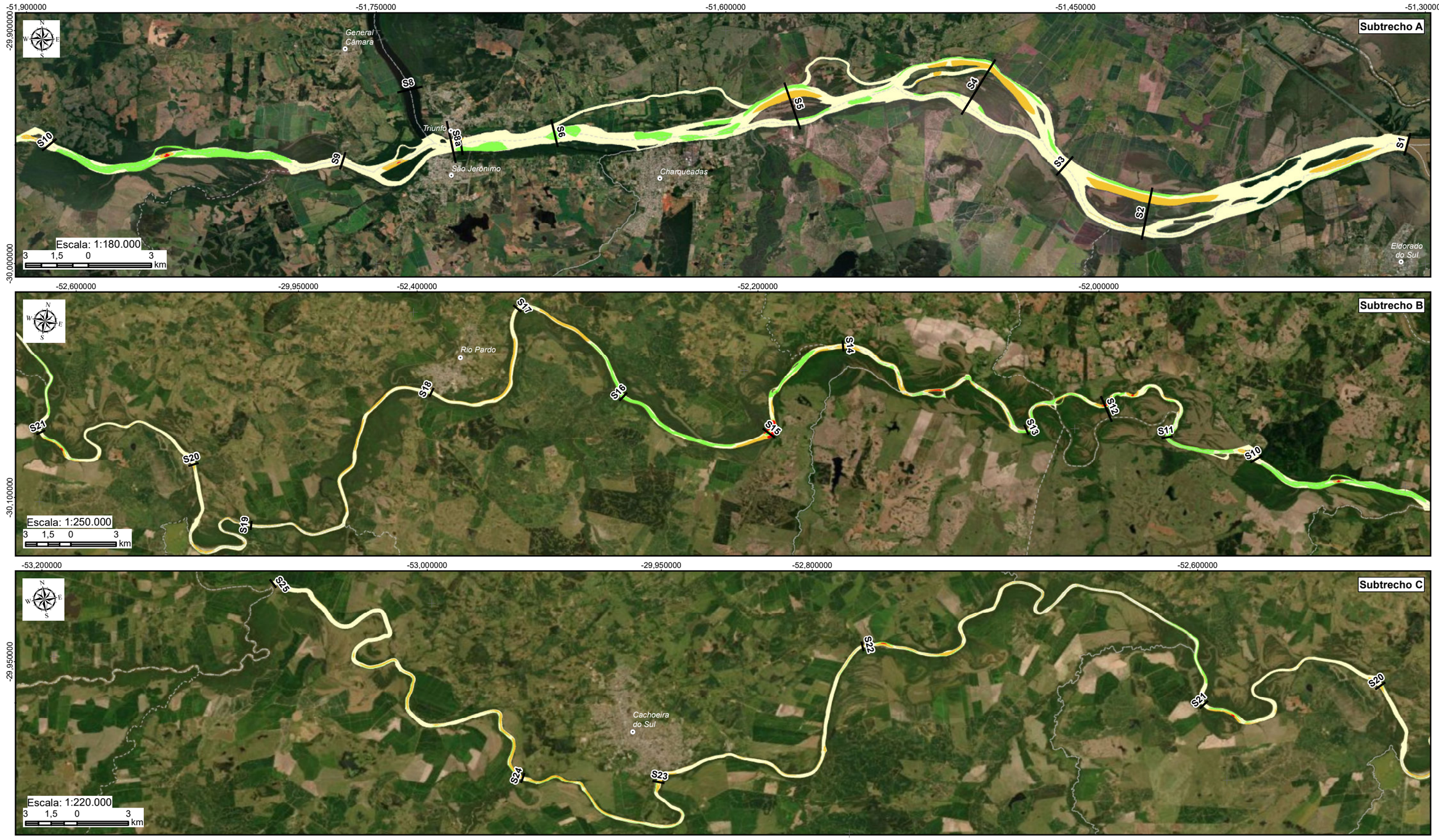
ZONEAMENTO AMBIENTAL PARA A ATIVIDADE DE MINERAÇÃO DE AREIA NOS CURSOS MÉDIO E BAIXO DO RIO JACUÍ

Contratação e fiscalização: Fepam

Sistema de Coordenadas Geodésicas
Sistema Geodésico de Referência
SIRGAS2000
Escala: Indicada

Mapa 9.17 – Análise comparativa da variação do leito entre as seções

Fonte de dados:
- Sede municipal: SEMARS (2018)
- Limite municipal: SEMARS (2018)
- Limite estadual: IBGE (2019)
- Hidrografia: SEMARS (2018)
- Seções topobatimétricas: Profill (2019)
- Variações do leito: Profill (2020)



LEGENDA

- Sede municipal
- Seções topobatimétricas
- Limite municipal

Diferenças (incrementos) de velocidade

- -1.24 - -0.50
- -0.50 - -0.10
- -0.10 - 0.10
- 0.10 - 0.50
- 0.50 - 2.84

Nota: A Seção 8a representa uma seção interpolada, junto a foz do Rio Taquari, para caracterizar aquele trecho, pela sua relevância



Elaboração: PROFILL

RELATÓRIO FINAL

ZONEAMENTO AMBIENTAL PARA A ATIVIDADE DE MINERAÇÃO DE AREIA NOS CURSOS MÉDIO E BAIXO DO RIO JACUÍ

Contratação e fiscalização: Fepam

Sistema de Coordenadas Geodésicas	Mapa 9.18 - Diferenças de velocidade entre os Cenários 1 e 2	Fonte de dados:
Sistema Geodésico de Referência SIRGAS2000 Escala: Indicada		- Sede municipal: SEMARS (2018) - Limite municipal: SEMARS (2018) - Limite estadual: IBGE (2019) - Hidrografia: SEMARS (2018) - Seções topobatimétricas: Profill (2019) - Diferenças de velocidade: Profill (2020)

9.1.8.3 Considerações Finais

A modelagem numérica foi realizada utilizando o programa HEC-RAS para dois cenários de geometria, denominados de Cenário 1 e 2. Para a simulação hidrodinâmica foram utilizados dados de vazões médias e o resultado do modelo foi bem efetivo na estimativa dos padrões de escoamento para os dois cenários de geometria das seções. Para a simulação do transporte de sedimentos foram utilizados hidrogramas sintéticos gerados a partir das vazões médias mensais ao longo de um ano hidrológico e a avaliação da capacidade de transporte de sedimentos escolhida foi a função de Meyer Peter e Müller.

De acordo com os resultados obtidos pela modelagem, observa-se que os aportes de sedimentos para o Cenário 1, cerca de 68 % das seções de referências, apresentam taxas positivas e 32 % taxas negativas. No Cenário 2, o percentual das taxas positivas aumenta para 72 % e, consequentemente, diminui os valores das taxas negativas para 28 %. Avaliando o balanço de massa acumulado total de sedimentos resultante da simulação, nota-se que o trecho do Rio Jacuí avaliado apresenta um saldo positivo em ambos os cenários, o que demonstra que o rio apresenta uma tendência deposicional de sedimentos ao longo do tempo.

Com relação às velocidades de escoamento, observa-se que as velocidades máximas atingidas foram de 2,4 m/s e 3,5 m/s para os cenários 1 e 2, respectivamente. Esse aumento da velocidade no Cenário 2, ocorre em alguns trechos que possuem alterações significativas em “estrangulamentos”, principalmente com a elevação natural do leito, que resultam em pequenas lâminas d’água. Vale destacar que essas alterações significativas são bem pontuais, conforme observados no mapa de velocidade de escoamento, essas alterações podem auxiliar na definição de trechos críticos de mineração, principalmente no que diz respeito ao seu impacto na erosão das margens.

9.1.9 Conclusão

A avaliação das condições ambientais, ao longo do trecho em estudo, através da análise das condições climáticas, geomorfológicas e geológicas, assim como o levantamento detalhado dos padrões das margens do Rio Jacuí, associada aos resultados obtidos a partir do modelo hidrodinâmico possibilitou identificar padrões de deposição e erosão do perfil do rio, permitindo assim identificar áreas mais ou menos suscetíveis a exploração mineral.

Ainda, foram elaboradas análises modelando a retirada potencial da areia nas poligonais licenciadas, o que permitiu identificar o comportamento do trecho em estudo, quando da geometria do leito afetada pela mineração.

A consolidação dos resultados da modelagem dos dois cenários, associada às características diagnosticadas, permitiu identificar áreas que deverão ser mais restritivas a prática da mineração, ensejando então a proposição das classes de sensibilidade à mineração, que por sua vez foram utilizadas para balizar a proposição de diretrizes ambientais para a execução da mineração de areia no trecho em estudo, detalhadas no Capítulo 12 do presente relatório.

9.2 Meio Biótico

9.2.1 Ecossistema terrestre e de transição

Previamente ao ingresso nos resultados obtidos, é imprescindível registrar que o elo de impacto negativo encontrado entre a mineração de areia no leito do Rio Jacuí e os ecossistemas terrestres consiste na perda/alteração de habitats resultante de processos erosivos de margens, tais como solapamentos, os quais afetam diretamente a mata ciliar do Rio Jacuí e consequentemente os elementos da fauna terrestre que nela habitam.

Como os estudos para o presente zoneamento, a exemplo dos estudos de licenciamento ambiental, são elaborados em observância à legislação e demais normativas que regram a atividade (de mineração de areia neste caso), não é esperada a ocorrência de impactos relevantes no que tange à diminuição de áreas de vida, consequentemente não são esperados impactos relevantes sobre o ecossistema terrestre.

Não obstante, há um grupo de espécies de vertebrados terrestres que utiliza o leito do rio para alguma atividade de seu ciclo de vida (especialmente abrigo, alimentação e reprodução), o que podemos convenientemente definir como espécies semi aquáticas, tais como a lontra (*Lontra longicaudis*), o jacaré-de-papo-amarelo (*Caiman latirostris*), a capivara (*Hydrochoerus hydrochaeris*), os cágados (*Phrynops* spp.) e a tartaruga tigre-d'água (*Trachemys dorbigni*). Por terem, ao menos parte do seu ciclo de vida diretamente relacionado à ocupação do leito do rio, os elementos da fauna semi aquática apresentam risco de ter sua rotina impactada diretamente pela atividade em pauta. Porém, mesmo este grupo não foi capaz de contribuir para elaboração de mapas temáticos, uma vez que sua ocorrência, registrada durante as vistorias técnicas, mostrou-se difusa e constante ao longo do trecho e na escala em que foi avaliado.

Posto isso, concluiu-se que a fauna terrestre como um todo contribuirá de forma muito discreta para o zoneamento ambiental da mineração de areia no leito do Rio Jacuí, pois apresenta baixa sensibilidade ambiental à atividade analisada. Também se concluiu que especificamente a fauna semi aquática deverá ser objeto de estudos e análises específicos, nos estudos em nível de licenciamento ambiental de cada empreendimento e considerando a sinergia dos mesmos.

9.2.1.1 Revisão bibliográfica

A seguir são apresentados os resultados obtidos através da compilação de fontes de dados pré-existentes, os chamados dados secundários, relacionados em algum nível à área de estudo. Como a porção do ecossistema terrestre incluída neste estudo consiste na mata ciliar do Rio Jacuí, os quadros que apresentam as listagens de espécies de cada grupo destacam as espécies florestais.

Em virtude da potencial relevância em face aos impactos da atividade em análise, também foram destacadas as espécies da fauna terrestre que apresentam ao menos parte de seu ciclo de vida relacionado ao Rio Jacuí propriamente dito, indicadas nas listagens como "semi aquáticas" ou "aquáticas".

9.2.1.1.1 Anfíbios

A Classe *Amphibia* compreende um grupo de vertebrados de ampla distribuição geográfica, ocupando quase todos os continentes, com exceção da Antártida. Estima-se que existam em torno de 7.677 espécies em todo o mundo, números que tendem a aumentar devido às frequentes descobertas de novas espécies, particularmente na região neotropical (FROST, 2017). No Brasil, que é um país com grande diversidade de anfíbios, estão presentes cerca de 1.080 espécies (SEGALLA *et al.*, 2016), das quais 94 já têm sua ocorrência confirmada para o Rio Grande do Sul (HERPETOLOGIA UFRGS, 2010) e 53 para o Bioma Pampa.

De acordo com as referências bibliográficas consultadas, para o grupo dos anfíbios foi elaborada uma lista com 43 espécies, pertencentes a 8 famílias e 2 ordens taxonômicas.

Praticamente todas as 43 espécies registradas são consideradas espécies comuns e com ampla distribuição no Estado. No entanto, a compilação de dados secundários indicou a possível (apesar de improvável) ocorrência de espécies raras e/ou sensíveis ao longo da área estudada, tais como *Julianus uruguayus*, *Physalaemus lisei, Melanophryniscus atroluteus* e *M. pachyrhynus*, e *Trachycephalus mesophaeus.*

De acordo com as referências bibliográficas, *Julianus uruguayus* (até recentemente conhecida como *Scinax uruguayus*) é considerada rara no RS, e exclusiva de áreas abertas (KWET e DI BERNARDO, 1999; DI-BERNARDO *et al.*, 2002), o que descarta sua ocorrência na mata ciliar do Rio Jacuí. Sua atividade reprodutiva acontece em pequenos corpos d'água, como banhados e poças temporárias (KWET e DI-BERNARDO, 1999; ACHAVAL e OLMOS, 2003).

A rã-mosquito (*Physalaemus lisei*) ocorre no sul do Brasil, trata-se de uma espécie frequente na região do Planalto das Araucárias (KWET e DI-BERNARDO, 1999; IUCN, 2006), podendo ocorrer também na Depressão Central, onde se insere a área de estudo. Contudo, ela é pouco comum nesta região. Essa espécie habita áreas florestadas úmidas, frequentemente florestas secundárias ou zonas de transição entre florestas e áreas abertas (KWET e DI-BERNARDO, 1999).

Os sapinhos-de-barriga-vermelha (*Melanophryniscus atroluteus* e *M. pachyrhynus*) ocorrem no sul do Brasil e em países latinos. *M. atroluteus* ocorre no Uruguai, na Argentina, no nordeste e oeste do Rio Grande do Sul e possivelmente no sul de Santa Catarina (LANGONE, 1994; KWET e MIRANDA, 2001; FROST, 2006). *Melanophryniscus pachyrhynus* é restrita ao Rio Grande do Sul e ao Uruguai, no entanto sua distribuição no Estado parece ser mais ampla do que a atualmente conhecida. Pouco se conhece sobre a biologia e ecologia dessas espécies, porém, sabe-se que as espécies do gênero *Melanophryniscus* têm seu período de reprodução ligado a corpos d'água temporários formados após fortes chuvas (LANGONE, 1994; KWET e DI-BERNARDO, 1999; ACHAVAL e OLMOS, 2003). *M. atroluteus* e *M. pachyrhynus* estão restritas a ambientes rochosos de fisionomias campestres (KWET *et al.*, 2005), o que descarta sua ocorrência na mata ciliar do Rio Jacuí.

A perereca-leiteira (*Trachycephalus mesophaeus*) é essencialmente arborícola, podendo refugiar-se em bromélias bastante altas, e sua reprodução ocorre após fortes chuvas (IZECKSOHN e CARVALHO-e-SILVA, 2001). No Rio Grande do Sul algumas populações (Itati e Maquiné) foram encontradas em atividade reprodutiva após fortes chuvas, sendo que vários machos desciam das árvores e das bromélias onde vocalizavam, até corpos d'água lênticos. É tratada como uma espécie endêmica da Mata Atlântica pela ampla maioria dos autores (GAA, 2006), porém, possui alguns poucos registros para o bioma Pampa (DE LEMA e MARTINS, 2011).

Nenhuma espécie registrada através do presente estudo se encontra na Lista Nacional das Espécies da Fauna Brasileira Ameaçadas de Extinção (Portaria MMA nº 444/2014) ou na Lista de Fauna Silvestre Ameaçada no Estado do Rio Grande do Sul (Decreto Estadual nº 51.797/2014), contudo, um dos sapinhos-de-barriga-vermelha (*M. pachyrhynus*) está enquadrado na categoria Deficiente em Dados (DD) em nível global (IUCN, 2018).

9.2.1.1.2 Répteis

Os répteis se constituem em um numeroso grupo da fauna de vertebrados, reunindo atualmente mais de 10.700 espécies no mundo. O Brasil apresenta rica fauna de répteis, precisamente a terceira maior riqueza deste grupo de espécies no planeta, atrás apenas de Austrália e México (UETZ e HOŠEK, 2018). De acordo com Costa e Bérnils (2018), atualmente o país conta com a ocorrência confirmada e documentada de 795 espécies, sendo 36 Testudines, 6 Crocodylia e 753 Squamata (72 anfisbenas, 276 "lagartos" e 405 serpentes).

Existem poucos estudos acerca dos répteis no Rio Grande do Sul como um todo (DE LEMA, 2002; ABEGG, 2012). Atualmente são registradas 124 espécies de répteis para os limites continentais do estado, o que corresponde a aproximadamente 15 % do total de espécies registradas para o Brasil (COSTA e BÉRNILS, 2018). Destas, 74 já foram registradas no Bioma Pampa.

De acordo com as referências bibliográficas consultadas, para o grupo dos répteis foi elaborada uma lista com 62 espécies pertencentes a 15 famílias e 3 ordens taxonômicas. A maioria das espécies registradas corresponde a espécies comuns e com ampla distribuição no Estado. Nenhuma das espécies registradas e que pode ser considerada de ocorrência potencial para a área de estudo se encontra ameaçada em qualquer um dos três níveis acessados: estadual (Decreto Estadual nº 51.797/2014), nacional (Portaria MMA nº 444/2014) e global (IUCN, 2018).

Não obstante, o cágado-preto (*Acanthochelys spixii*) está classificado na categoria "Quase Ameaçada" em nível mundial (IUCN, 2018), o que sugere a necessidade de ações para a conservação dessa espécie. Trata-se de uma espécie com aproximadamente 18 cm de carapaça (BAGER *et al*., 2003), que chega a ser considerada rara por alguns autores em razão da escassez de registros. Não se trata de um testudíneo que se caracteriza por utilizar a calha do Rio Jacuí (*Trachemys dorbigni*, por exemplo). No Rio Grande do Sul o

cágado-preto tem sua ocorrência associada a ambientes lagunares arenosos, banhados e charcos estacionais ou semipermanentes (BUJES, 2008; BUJES e VERRASTRO, 2008), sendo que muitos destes ambientes vêm sendo altamente impactados pelo cultivo de arroz na região (BAGER *et al.*, 2003).

A lagartixa-das-dunas (*Liolaemus occipitalis*) encontra-se ameaçada de extinção nos três níveis acessados. Cabe ressaltar que essa espécie foi incluída na presente listagem apenas por ter sido citada no Plano de Manejo do Parque Estadual Delta do Jacuí (PEDJ, 2014), porém, sua possibilidade de ocorrência na área de estudo foi descartada, pois se sabe que este pequeno lagarto ocorre apenas em ambientes de dunas costeiras (PETERS *et al.*, 1986; DE LEMA, 1994; VERRASTRO, 1991; VERRASTRO e KRAUSE, 1999; VERRASTRO, 2004; VERRASTRO *et al.*, 2006).

9.2.1.1.3 Aves

O Brasil é considerado o país das aves (AZEVEDO JÚNIOR *et al.*, 2004), o segundo país do mundo em riqueza de espécies de aves, abrigando uma grande parcela da biodiversidade das aves marinhas e costeiras do planeta (VOOREN e BRUSQUE, 1999), sendo inclusive rota de muitas espécies migratórias, que se deslocam, regular e sazonalmente, entre duas ou mais áreas distintas, sendo uma delas seu local de reprodução (CEMAVE/ICMBIO, 2016).

O Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos (CBRO, 2015) considera que a avifauna brasileira é composta por aproximadamente 1.920 espécies, o que na verdade representa apenas uma subestimativa da riqueza de aves no país. Segundo Bencke e colaboradores (2010), no Rio Grande do Sul ocorrem 661 espécies de aves. As estimativas indicam pelo menos 27 táxons de aves endêmicas para o conjunto dos Pampas e Campos do Uruguai e Brasil.

Até o presente já foram registradas 480 espécies de aves no Bioma Pampa, um quinto deste total corresponde a aves campestres, ou seja, que vivem principalmente nos campos e dependem desses ecossistemas para completar seu ciclo de vida (BENCKE, 2016). As demais habitam outros ambientes, como os capões de mata, as florestas de galeria, as savanas e os diversos tipos de áreas úmidas que ocorrem entremeados aos campos na paisagem do bioma. De acordo com as referências bibliográficas consultadas, para o grupo das aves foi elaborada uma lista com 321 espécies pertencentes a 67 famílias e 25 ordens taxonômicas.

Entre as espécies registradas através do presente estudo, 12 (3,6 % da riqueza total obtida) se destacam por constar em ao menos uma das listagens de espécies ameaçadas de extinção consultadas: estadual (DECRETO ESTADUAL 51.797/2014), nacional (Portaria MMA nº 444/2014) e global (IUCN, 2018). Cabe ressaltar que 8 dessas 12 espécies se encontram enquadradas, unicamente, na categoria “Quase Ameaçada” em nível global – ou seja, sabe-se que está havendo decréscimos populacionais significativos destas espécies, porém, ainda não se encontram formalmente ameaçadas de extinção.

Quadro 9.6 – Lista das espécies de aves registradas para a área de estudo e ameaçadas de extinção em ao menos um dos níveis: estadual (RS), nacional (BR) e global (GL).

Ordem	Família	Nome científico	Referências	Grau de ameaça		
				RS	BR	GL
Rheiformes	Rheidae	*Rhea americana*	4			NT
Charadriiformes	Charadriidae	*Calidris subruficollis*	4		VU	NT
Psittaciformes	Psittacidae	*Amazona pretrei*	4	VU	VU	VU
Caprimulgiformes	Caprimulgidae	*Hydropsalis anomala*	4	EN		NT
Piciformes	Picidae	*Picumnus nebulosus*	4, 6			NT
		Piculus aurulentus	1, 4, 6			NT
Passeriformes	Cotingidae	*Carpornis cucullata*	4			NT
	Furnariidae	*Leptasthenura setaria*	4			NT
	Corvidae	*Cyanocorax caeruleus*	4, 6			NT
	Thraupidae	*Sporophila angolensis*	4	EN		
		Saltator fuliginosus	4	VU		
	Fringillidae	*Euphonia chalybea*	4, 6			NT

Legenda: VU=vulnerável, EN=Em perigo, NT=quase ameaçada. Referências: (1) ROOS 2016; (4) RHEA 2007; (6) HAR 2017.

O papagaio-charão (*Amazona pretrei*) é a única espécie que se encontra ameaçada de extinção em todos os três níveis acessados. Essa ave é considerada “Vulnerável” (VU) à extinção em níveis estadual, nacional e global, o que se atribui, sobretudo, a impactos sobre ambientes florestais, dos quais essas aves são dependentes. As outras espécies ameaçadas de extinção são o maçarico-acanelado (*Calidris subruficollis*), VU em nível nacional; o curiango-do-banhado (*Hydropsalis anomala*) e o curió (*Sporophila angolensis*), ambas consideradas “Em perigo” em nível estadual; e o bico-de-pimenta (*Saltator fuliginosus*).

Cabe destacar que, por se constituir em mata ciliar e incluir algumas ilhas fluviais, a área em estudo pode apresentar peculiaridades quanto à reprodução da comunidade de aves, que podem se utilizar de formações denominadas “ninhais” para a reprodução. Os ninhais podem abrigar diversas espécies de diferentes famílias, sendo, em geral, composto por centenas a milhares de exemplares (SMITH, 1995; BELTON, 1994; SICK, 1997).

9.2.1.1.4 Mamíferos

A Classe Mammalia é composta por alguns dos animais mais carismáticos, entre eles, os primatas como macacos, saguis e micos, os carnívoros, como onças, ariranhas e lobos, e pequenos mamíferos como roedores, morcegos e marsupiais. Os mamíferos estão entre os seres vivos mais bem estudados, ocupam diversos ambientes, apresentam distintos hábitos e interessantes comportamentos.

Atualmente são conhecidas 5.416 espécies, distribuídas em 1.229 gêneros e 29 ordens de mamíferos ocupando habitats terrestres e aquáticos (PILLAR e LANGE, 2015). O Brasil reúne a maior riqueza de espécies de mamíferos do mundo, com mais de 710 registradas (REIS *et al.*, 2011; PAGLIA *et al.*, 2012; GREGORIN *et al.*, 2011; PAVAN *et al.*, 2012; GUALDA-BARROS *et al.*, 2012; NOGUEIRA *et al.*, 2012; PONTES *et al.*, 2013). O

estado do Rio Grande do Sul apresenta 185 espécies registradas, correspondendo a cerca de 26 % do total de mamíferos conhecidos no país (GONÇALVES *et al.*, 2014).

De acordo com as referências bibliográficas consultadas, para os mamíferos foi elaborada uma lista com 76 espécies pertencentes a 24 famílias e 9 ordens taxonômicas. Várias destas espécies são estritamente associadas a ambientes campestres, e, portanto, não são esperadas para a mata ciliar do Rio Jacuí, como o graxaim-do-campo (*Lycalopex gymnocercus*), o zorrilho (*Conepatus chinga*), o tatu-mulita (*Dasypus hybridus*) e diversas espécies de roedores subterrâneos que habitam dunas e campos, conhecidos como tuco-tucos (*Ctenomys* spp.) por causa do som surdo e ritmado que produzem.

A análise da lista compilada permitiu constatar que os mamíferos correspondem ao grupo de maior fragilidade na área de estudo, pois reúne 18 espécies ameaçadas de extinção ou que apresentam alguma observação em seu status de conservação em pelo menos um dos três níveis acessados (quadro a seguir): estadual (Decreto Estadual nº 51.797/2014), nacional (Portaria MMA nº 444/2014) e global (IUCN, 2018). A ampla maioria destas espécies é considerada de hábito florestal.

É oportuno destacar que entre os mamíferos ameaçados de extinção apenas a lontra (*Lontra longicaudis*) apresenta associação direta com a calha do rio, ocupando também suas margens para exercer atividades de vida, tais como estabelecimento de abrigos, sendo classificada como fauna semi aquática para o presente estudo.

Quadro 9.7 – Lista das espécies de mamíferos registradas para a área de estudo e ameaçadas de extinção em ao menos um dos níveis: estadual (RS), nacional (BR) e global (GL).

Ordem	Família	Nome científico	Referências	Grau de ameaça		
				RS	BR	GL
Didelphimorphia	Didelphidae	*Chironectes minimus*	4	VU	-	LC
Cingulata	Dasypodidae	*Dasypus hybridus*	3	-	-	NT
Pilosa	Myrmecophagidae	*Tamandua tetradactyla*	3	VU	-	LC
Primates	Atelidae	*Alouatta guariba clamitans**	1, 2, 3, 5	VU	VU	LC
	Cebidae	*Sapajus nigritus*	3	-	-	NT
Chiroptera	Vespertilionidae	*Histiotus velatus*	3	-	-	DD
Carnivora	Felidae*	*Leopardus geoffroyi*	3, 4, 5	VU	VU	LC
		Leopardus pardalis	3, 4	VU	-	LC
		Leopardus guttulus	2, 3, 5	VU	EN	VU
		Leopardus wiedii	3, 5	VU	VU	NT
		Puma concolor	3	EN	VU	LC
		Herpailurus yagouaroundi	3, 4, 5	VU	VU	LC
	Canidae	*Chrysocyon brachyurus*	1	CR	VU	NT
	Mustelidae	*Lontra longicaudis**	2, 3, 4, 5	-	-	NT
	Procyonidae	*Nasua nasua*	2, 3	VU	-	LC
Artiodactyla	Cervidae	*Mazama nana*	3	EN	VU	VU
Rodentia	Cuniculidae	*Cuniculus paca*	3	VU	-	LC
	Dasyproctidae	*Dasyprocta azarae*	2, 3	VU	-	DD

Legenda: * espécie registrada durante as vistorias de campo deste estudo. VU=vulnerável, EN=Em perigo, CR=Criticamente em perigo, DD=deficiente em dados, NT=quase ameaçada, LC=não preocupante, NA=Não acessada. Referências: (1) ROOS 2016; (2) MRS 2009; (3) RHEA 2007; (4) PEDJ 2014; (5) HAR 2017.

9.2.1.2 Vistorias técnicas

Ao todo foram realizados 68 pontos de vistorias com avaliação dos aspectos listados na metodologia. A escolha dos pontos foi direcionada a locais com feições diferentes entre si, de maneira a contemplar a maior variação possível. O conjunto de pontos vistoriados corresponde a 107 quilômetros de rios e canais percorridos.

Quanto ao registro de espécies da fauna terrestre, os quelônios tigre-d'água (*Trachemys dorbigni*) e cágado-de-barbelas (*Phrynops hilarii*) corresponderam às espécies registradas com maior frequência ao longo de todo o trecho percorrido (Figura 9.29).



Figura 9.29 – Quelônios registrados no Rio Jacuí durante a realização dos pontos de vistoria: Tigre-d'água (*Trachemys dorbigni*) à esquerda e cágado-de-barbelas (*Phrynops hilarii*) à direita.

A capivara (*Hydrochoerus hydrochaeris*) e o mão-pelada (*Procyon cancrivorus*) também estiveram presentes ao longo de todo o trecho percorrido, sendo registrados preponderantemente através de vestígios (rastros e fezes) encontrados junto às margens (Figura 9.30 e Figura 9.31), mas também através de avistamentos (apenas para capivara) nas margens e inclusive atravessando o Rio Jacuí (Figura 9.32).



Figura 9.30 – Vestígios de capivara (*Hydrochoerus hydrochaeris*) registrados nas margens do Rio Jacuí durante a realização dos pontos de vistoria: fezes à esquerda e rastros à direita.



Figura 9.31 – Rastros de mão-pelada (*Procyon cancrivorus*) registrados nas margens do Rio Jacuí durante a realização dos pontos de vistoria.



Figura 9.32 – Capivara (*Hydrochoerus hydrochaeris*) registrada no Rio Jacuí durante a realização dos pontos de vistoria.

Já os registros de lontra (*Lontra longicaudis*) foram esparsos ao longo da área de estudo, mas particularmente abundantes na região do município de Cachoeira do sul, onde as margens revelaram intensa utilização pela espécie devido à grande densidade de rastros encontrados (Figura 9.33), mas incluindo também alguns avistamentos.



Figura 9.33 – Rastros de lontra (*Lontra longicaudis*) registrados nas margens do Rio Jacuí durante a realização dos pontos de vistoria.

Não obstante, os registros mais relevantes em relação à fauna terrestre corresponderam aos felinos, cervídeos e primatas, pois correspondem a espécies ameaçadas de extinção. Os felinos foram representados por espécie(s) de pequeno porte, certamente pertencente(s) ao gênero Leopardus, registrados em cinco locais vistoriados, sempre através de rastros (Figura 9.34). Cabe ressaltar que todas as espécies potencialmente ocorrentes na área de estudo e pertencente a este gênero são consideradas ameaçadas de extinção nos três níveis acessados (Quadro 9.7).



Figura 9.34 – Rastros de felino(s) (*Leopardus* spp.) registrados nas margens do Rio Jacuí durante a realização dos pontos de vistoria.

Os cervídeos foram representados por espécie(s) do gênero *Mazama*, também exclusivamente através de rastros encontrados nas margens (Figura 9.35), foram registrados em três pontos de vistoria. Assim como destacado para os felinos, todas as espécies potencialmente ocorrentes na área de estudo e pertencentes ao gênero *Mazama* são consideradas ameaçadas de extinção.



Figura 9.35 – Rastros de cervídeo (*Mazama* sp.) registrados nas margens do Rio Jacuí durante a realização dos pontos de vistoria.

Os primatas se fizeram presentes através do bugio-ruivo (*Alouatta guariba clamitans*), registrado através de sua vocalização característica ou da visualização de bandos nas copas das árvores, principalmente na região do município de Cachoeira do Sul,

onde foram avistados diversos bandos diariamente (Figura 9.36). Assim como os felinos e cervídeos supracitados, trata-se de uma espécie ameaçada de extinção.



Figura 9.36 – Bugio-ruivo (*Alouatta guariba clamitans*) registrado nas margens do Rio Jacuí durante a realização dos pontos de vistoria.

A análise das informações obtidas em campo acerca da ocorrência da fauna de vertebrados terrestres (rastros, fezes, avistamentos, entre outros) revelou aparente correlação positiva entre felinos, cervídeos e primatas em relação aos fragmentos florestais com conectividade do tipo 3 – *conexão que extrapola a área de estudo e/ou conexão com mata ciliar de afluentes*. Ou seja, grandes porções contínuas de vegetação natural, envolvendo florestas de galeria e mosaicos de florestas com áreas úmidas marginais abrigam os elementos mais sensíveis da fauna de vertebrados terrestres. O fato de que a mineração da areia ocorre restrita ao leito do rio, permite inferir que os potenciais impactos dessa atividade sobre a fauna terrestre são de baixa importância em nível de bacia hidrográfica.

9.2.2 Ecossistema aquático e de transição

9.2.2.1 Limnologia: Perifiton, Fitoplâncton, Zooplâncton, Macroinvertebrados

Foram realizadas amostragens na 32 em mesohabitats (MH), distribuídos na área de estudo no Rio Jacuí, a qual compreende quatro classes de trechos de rio, com feições distintas quanto às unidades geológicas, ambiente de sedimentação, sistema de sedimentação, tipo de sedimentação, regime de fluxo e geomorfologia fluvial. Em termos gerais, as classes 1 (entrelaçado), 2 (retilíneo) e 3 (anastomosado) e classes 4 (meandrante).

9.2.2.1.1 Perifiton

As algas epifíticas apresentaram riqueza de espécies elevada variando entre 10 (MH01) em *Run*, e 47 (MH31) espécies em *Backwater* de ilha vegetada; enquanto de espécies epilíticas variou entre 06 (MH15), barra deposicional exposta, e 51 (MH03), piscina isolada, no substrato rochoso de fundo sobre influência da correnteza. Na primeira campanha, os substratos vegetais foram os mais variados, uma vez que não foram

registradas macrófitas aquáticas em todos os ambientes de coleta, e quando eram registradas, diferentes espécies ocorriam ao longo rio, com riqueza mais elevada de BACILLARIOPHYTA (70 espécies) e CHLOROPHYTA (37 espécies).

As macrófitas aquáticas apresentam formas biológicas distintas, que consistem em diferentes arquiteturas de plantas, as quais estão adaptadas às diferentes profundidades, correntes e níveis tróficos (Cook, 1974). Além disso, a superfície de suas folhas e estolões são distintas entre espécies, com padrões de rugosidade e textura de superfícies peculiares, o que interfere nos padrões de colonização. Pompeo e Moschini-Carlos (2003) ressaltaram que há especificidade entre a planta hospedeira e a comunidade perifítica, e que esta especificidade é decorrente do nível trófico dos ambientes aquáticos. Uma vez que várias plantas foram coletadas, não é possível estabelecer comparações. Na ausência de macrófitas, alguns registros foram obtidos por meio da coleta de galhos de espécies arbóreas pendentes na coluna d´água. Desta forma, a amostragem foi bastante heterogênea.

Na segunda campanha, apenas foram coletados indivíduos de *Eichhornia azurea*, quando presentes nos habitats amostrados, o que revelou uma composição mais homogêneas entre amostras, com riqueza mais elevada de BACILLARIOPHYTA (46 espécies) e CHLOROPHYTA (8 espécies). Da mesma forma, as algas coletadas no substrato de fundo apresentaram composição bastante heterogênea e só foram registradas na presença de substrato rochoso: na primeira campanha, BACILLARIOPHYTA apresentou a maior riqueza (41 espécies); na segunda campanha, também (28 espécies).

9.2.2.1.2 Fitoplâncton

As divisões Bacillariophyta e Chlorophyta foram dominantes na maioria das estações de coleta, em ambas as campanhas. As diatomáceas ou Bacillariophyta predominam em águas turbulentas (Reynolds, 1984 e 1987). Bacillariophyta foi dominante até o MH13, o que pode ser atribuído ao fato de que a jusante o fluxo tende a ser laminar em decorrência da eclusa, e após desta em decorrência do expressivo alargamento do canal. DMAE (1981b) verificou a dominância de Bacillariophyta, na maioria de suas estações de monitoramento no Jacuí, entre 1974 e 1981, com algumas florações de Cyanophyta, em meses de verão. Chlorophyta foi dominante nas estações a jusante da MH13. Este grupo, quando dominante, indicam águas pobres em nutrientes, oligotróficas (Reynolds, 1984 e 1987).

Aulacoseira granulata (Baciillariophyta) foi dominante no MH01 (2254 ind.m^{-3}), MH07 (1159 ind.m^{-3}) e MH13 (2700 ind.m^{-3}); *Eudorina elegans* (Chlorophyta), no MH19 (2288 ind.m^{-3}) e MH30 (4370 ind.m^{-3}), e *Pandorina morum* (Chlorophyta) no MH25 (122580 ind.m^{-3}) na campanha 1. Na campanha 2, *Aulacoseira granulata* foi dominante no MH01 (4497 ind.m^{-3}), MH13 (432 ind.m^{-3}) e MH19 (2829 ind.m^{-3}); *Pediastrum duplex* (Chlorophyta), no MH07 (1485 ind.m^{-3}); *Pandorina morum* foi dominante no MH25 (4598 ind.m^{-3}) e no MH30 (74089 ind.m^{-3}), todas em coletas de superfície, por meio de filtragem.

O Rio Jacuí transporta elevada carga sólida, em crescente em direção à foz. Suas águas são turvas, com passagem de luz restrita. O gênero *Pediastrum* é sensível aos ambientes de pouca luz (Reynolds *et al.*, 2002). Já, as espécies do gênero *Aulacoseira* são comumente encontradas em rios turvos (O'Farrel *et al.*, 2001). A maioria das espécies de *Aulacoseira* são adaptados às condições de pouca luz e à elevada mistura, apresentando uma elevada taxa de afundamento (Reynolds, 1984), o que condiz com sua dominância nos dois primeiros trechos do Jacuí, em época de estiagem, e nos três primeiros em época de vazante. Já as espécies do gênero *Eudorina* e *Pandorina*, dominantes na foz do Rio Taquari junto à cidade de Triunfo, podem indicar coluna rica em nutrientes (Reynolds *et al.*, 2002), o que está de acordo com o gradiente longitudinal de condições limnológicas, em especial de nutrientes do grupo fósforo, em maiores concentrações no trecho final do Rio Jacuí.

Com base nos dados da primeira campanha, a estação de coleta MH25 mostrou-se distinta das demais. As demais estações podem ser divididas em dois grupos, um formado pelo MH01 e MH13, e outro pelas estações MH7, MH30 e MH19. Os padrões verificados nesta campanha não mostram um contínuo longitudinal. Já na campanha 2, após cenário de vazante, o MH13 a montante da eclusa, se demonstrou distinto dos demais. Sendo a estação MH19 mais próxima deste, enquanto as demais se dividem em dois grupos, MH1 e MH7, e outro com MH30 e MH25. Já na segunda campanha é possível verificar, exceto quanto ao MH 25, a distinção de trechos: meandrante (MH01 e MH07), anastomosado (MH13) com influência da eclusa, retilíneo (MH19), e entrelaçado (MH30).

Avaliando as coletas de montante e jusante da operação da draga 1, diferenças significativas foram verificadas quanto à abundância total riqueza e diversidade ($p=0,0001$). As espécies que contribuíam para a elevada dominância, *Ulnaria ulna*, *Terpsinoe musica*, *Eunotia pectinalis*, sofreram redução populacional de montante para jusante. Em contraponto, *Aulacoseira granulata*, apresentou densidade mais elevada a jusante, contribuindo para os valores de dominância. Quanto a operação da draga 2, diferenças significativas foram verificadas quanto à abundância total, riqueza e diversidade ($p<0,0001$). As alterações das métricas para a draga 2 estão relacionadas a redução populacional das espécies *Actinastrum hantzschii*, *Closterium diane*, *Dictyosphaerium pulchellum*, *Netrium digitus*, *Gonatozygom monotaenium* que atingiram valores nulos, entre outras que tiveram reduções consideráveis.

9.2.2.1.3 Zooplâncton

Ploima (Rotífera) apresentou maior abundância relativa na maioria das amostras de ambas as campanhas, sendo o grupo dominante, em diferentes profundidades, seguido de Diplostraca foi o grupo dominante. Os elevados valores de densidade relativa destes grupos mostram que estão adaptados a ambientes lóticos correntosos. *Keratella cochlearis* foi a espécie dominante em termos de densidade no MH07 (12,3 ind.m^{-3}) e MH19 (8,85 ind.m^{-3}), *Synchaeta sp*. foi dominante no MH25 (224,4 ind.m^{-3}) e *Polyarthra vulgaris* no MH30 (372,5 ind.m^{-3}). MH01 e MH13 não apresentaram organismos zooplanctônicos.

Na campanha 2, *Brachionus caudatus* apresentou maior densidade no MH01 (16.8 ind.m^{-3}); *Synchaeta* sp. e *Keratella cochlearis* foram mais densas no MH07 com 9,4 ind.m^{-3}, *Keratella cochlearis* também no MH13, com 2,45 ind.m^{-3}; *Brachionus caudatus* no MH13, com 382,7 ind.m^{-3}. *Synchaeta* sp. foi mais densa no MH19, com 496,1 ind.m^{-3} e *Polyarthra vulgaris* 2746,2 ind.m^{-3}. *Keratella cochlearis* foi relacionada à eutrofização por Gannon & Stemberger (1978). No entanto, *Keratella cochlearis* tem sido uma espécie frequente e dominante em muitos ambientes de água-doce, não especializada no que se refere a tipologia de habitat, e apresenta elevada tolerância a uma ampla faixa de pH (Bertolleti, 2001). *Keratella cochlearis* e *Polyarthra vulgaris* são espécies cosmopolitas amplamente distribuídas na América do Sul (Lucinda *et al.*, 2004). O Rio Jacuí não apresentou características de eutrofia, o que indica que as associações zooplanctônicas registradas podem estar relacionadas mais às condições de fluxo do que nutrientes.

As estações de coleta MH01 e MH13 foram muito semelhantes, devido à ausência de organismos. O trecho entrelaçado do Jacuí (MH30) mostrou-se semelhante à foz do Rio Taquari, o que seria esperado pois são trechos terminais de dois rios. Os trechos MH19 e MH07 também compartilham características em comum. Os padrões verificados não são lineares, não mostrando um contínuo longitudinal. Já na campanha 2, em cenário de vazante, o MH13 (anastomosado) a montante da eclusa, se demonstrou distinto dos demais. As demais estações se dividem em dois grupos: um com MH1 e MH7 (meandrante), e outro com MH30, MH25 e MH19 (retilíneo e entrelaçado).

Quando comparadas às coletas de montante e jusante da operação da draga 1, registrou-se abundância nula a jusante. Todas as espécies registradas a montante da draga 1 sofreram redução populacional a jusante. Quando a operação da draga 2, foram verificadas diferenças significativas quanto à abundância riqueza e diversidade (p=0,0001). Para a draga 2, as espécies mais densas que contribuíram para os valores elevados de dominância a montante, *Bosminopsis deitersi*, *Polyarthra vulgaris*, *Trichocerca heterodactyla*, *Filinia terminalis* sofreram redução populacional a jusante.

9.2.2.1.4 Macroinvertebrados

Quanto à abundância total, o mesohabitat *Run* em trecho represado devido à Eclusa de Santo Amaro apresentou os maiores valores de densidade na campanha 1, seguido da foz do Rio Taquari e da margem direita de mesohabitat *Run*, no MH07. Já na campanha 2, duas *Backwater* apresentaram valores elevados de abundância total, nas estações MH12 e MH21. Quanto à abundância total, na primeira campanha, mesohabitat *Run* no trecho entrelaçado apresentou valores elevados, enquanto na segunda campanha, os valores mais elevados foram verificados em mesohabitats associados a planície de inundação.

Os valores de riqueza dos mesohabitats *Run* e mesohabitats laterais diferiram estatisticamente (10000 permutações, p<0,1) em ambas as campanhas. Já quanto à abundância, não foram verificadas diferenças significativas em nenhuma das campanhas. Grande parte dos ambientes amostrados apresentou dominância de *Chironomidae* e Oligochaeta, especialmente na calha principal do Rio Jacuí, mesohabitat *Run*. DMAE

(1981b), monitorou o Jacuí entre 1974 e 1981, em seis estações de amostragem ao longo do centro do canal principal e constatou dominância de *Chironomidae* e Oligochaeta. Da mesma forma, Takeda e Fujita (2004) verificaram a preferência de Oligochaeta e Chironomidae no canal principal do Rio Paraná, em detrimento dos demais habitats. Neste mesmo rio, verificaram que estes grupos predominam nos espaços intersticiais de sedimento arenoso, espécies com corpo vermiforme (Oligochaeta, Chironomidae e Harpacticoida) (Takeda *et al.*, 1997).

Nos mesohabitats relacionados à planície de inundação, Oligochaeta e Chironomidae também foram abundantes, ocorrendo em associação com outros grupos de insetos e moluscos. As larvas de Odonata, Cordulidae, os gastrópodes da família Cochiliopidae e os anelídeos Glossiphoniidae, assim como os bivalves Hyriidae ocorreram em piscinas isoladas. As espécies de Planorbidae dos gêneros *Gundlachia* e *Biomphalaria*, concentraram-se em mesohabitats com menor conectividade com a calha principal, como *Backwater*, piscinas isoladas, entre outros. Estas espécies são comumente encontradas tanto em sedimento rico em detritos, como fixadas às macrófitas aquáticas, como fauna epifítica, em açudes, arroios e lavouras de arroz no baixo Rio Jacuí, associados à sua planície de inundação (Pereira *et al.*, 2000a). As espécies de Hyriidae são comuns em barras em pontal, e canais secundários, onde habitam sedimento de areia e lama, no Baixo Rio Jacuí (Mansur *et al.*, 1988).

Já *Pisidium sterkianum* e *Eupera klappenbachi*, ocorrem no trecho inferior do arroio Capivara, o qual está inserido em área paludosa, assoreada devido aos processos erosivos e drenagens realizadas em decorrência de modificações no uso do solo relacionados à agropecuária, na planície de inundação do trecho entrelaçado (Pereira *et al.*, 2000a). Tateidae, representado pelo gênero *Potamolhithus* está presente no mesohabitat *Run* e barra exposta em pontal. Pereira *et al.* (2000b) registrou espécies do gênero *Potamolhithus* em ambientes correntosos da bacia do Rio Camaquã. O gênero *Campsurus* (Polymitarcidae), presenta no canal principal do Jacuí, assim como mesohabitats laterais, é comum em grandes rios, sendo encontrado na foz dos formadores do Jacuí, assim como em vários habitats do Lago Guaíba (DMAE, 1986), e ambientes laterais da bacia do Rio Paraná, em espaços intersticiais do sedimento onde constroem túneis (Takeda *et al.*, 1997). No Rio Paraná, *Campsurus violaceus* migra para locais abrigados em cenário de inundação (Takeda & Grzybkowska, 1997), como canais secundários e lagoas.

Sete espécies de moluscos bivalves nativos escavadores foram registradas nos mesohabitats amostrados nos trechos meandrante, anastomosado, retilíneo e entrelaçado, predominando em ambientes laterais, associados a planície de inundação: *Diplodon deceptus*, *Diplodon hildae*, *Diplodon bethae*, *Diplodon* sp., *Eupera klappenbachi*, *Pisidium sterkianum* e *Pisidium* sp. *Pisidium* sp. pode corresponder a *Pisidium sterkianum*, uma vez que os espécimes examinados eram muito jovens. A única espécie registrada em ambiente *Run* foi *Pisidium sterkianum* no trecho retilíneo. Diferenças significativas foram verificadas por meio de teste de aleatorização (10.000 permutações; $p<0,05$), quando comparadas à presença e ausência de espécies em mesohabitat *Run*, no centro do canal principal, onde

ocorreu apenas um registro de *Pisidium sterkianum*, e os demais habitats laterais, com registros de sete espécies de bivalves a composição é distinta em todos os trechos.

Os padrões de distribuições de bivalves nos mesohabitats avaliados estão de acordo com aqueles verificados por Bonneto & Di Persia (1975), no arroio Ayui Grande na Argentina e por Pereira *et al.* (2011), para o arroio Velhaco, que descrevem concentrações de bivalves em áreas deposicionais e ou canais secundários.

Takeda & Fujita (2004) avaliaram a distribuição de organismos bentônicos em mesohabitats da planície de inundação do Rio Paraná, assim como da calha principal deste mesmo Rio, antes e após a invasão do bivalve asiático, *Corbicula fluminea*. Em cenário pré-invasão as espécies nativas de bivalves *Castalia* sp. *Castalia undosa*, *Diplodon* sp, *Diplodon fontainianus*, *Anodontites* sp. *Monocondylaea minuana*, *Pisidium* sp, *Eupera* sp. *Cyanocyclas limosa* ocorriam em diferentes mesohabitats da planície de inundação, como canais secundários, piscinas isoladas, ou conectadas ao canal, em sua maioria, sem registros no canal principal, exceto nas margens, em barrancas ou áreas deposicionais. Em cenário pós invasão, as espécies nativas sofreram redução populacional, e foram em parte localmente extintas. *Corbicula fluminea* assumiu padrão de distribuição distinto, ocorrendo preferencialmente no canal principal.

Não foram encontradas espécies ameaçadas nos mesohabitats amostrados. É importante ressaltar que *D. iheringi* já integrou a lista de espécie ameaçadas do RS e foi removida da lista pela falta de dados de sua distribuição na Bacia. Esta espécie não foi registrada nas coletas realizadas. Portanto, percebe-se que suas populações e sua distribuição na bacia foram drasticamente reduzidas, com base na comparação dos registros verificados no presente e estudo e de dados pretéritos (Mansur *et al.*, 1988; Pereira *et al.*, 2000a), o que justificaria sua inclusão novamente nas listas nacional e estadual de espécies ameaçadas. O Lago Guaíba e seus tributários compartilham algumas espécies de moluscos bivalves da família Hyriidae, as quais são endêmicas destas áreas de drenagem (Pereira *et al.*, 2012 e 2014): *Diplodon iheringi*, endêmica do Baixo e Médio Rio Jacuí e do Lago Guaíba; *Diplodon hildae*, endêmico do Baixo Rio dos Sinos e do Lago Guaíba, *Anodontites iheringi*, endêmico do Alto Rio Jacuí, do Rio Caí e do Médio e Alto Rio dos Sinos. *Diplodon hildae* foi registrado em mesohabitats laterais, como mencionado no item anterior. *Diplodon iheringi* e *Anodontites iheringi* não foram registradas no presente estudo. O gastrópode *Asolen platae*, espécie rara no Rio Jacuí com apenas um registro de ocorrência até hoje, em margens rochosas (coleção científica do MCN), não foi registrada na área de estudo.

Todas as espécies invasoras de moluscos de origem asiática citadas para a bacia (*Limnoperna fortunei*, *Corbicula flumine*a e *Corbicula largillierti*) por Pereira *et al*., 2012; Pereira *et al*. (2000) e Mansur *et al*. (1988) foram registradas neste estudo. Além de espécie invasora e engenheira (Darrigran & Damborenea, 2011), *L. fortunei* esteve amplamente distribuída nos mesohabitats amostrados.

9.2.2.1.5 Zonação das comunidades e aspectos limnológicos

No Rio Jacuí, os processos de erosão e deposição são dominantes, moldando feições geomorfológicas ímpares, em seu curso médio e inferior, as quais não são encontradas em outros rios do Rio Grande do Sul. Quanto às condições físicas do rio em perfil longitudinal, uma síntese é apresentada na Figura 9.37. Um claro gradiente espacial de condições hidrossedimentológicas foi verificado ao longo dos trechos, com aumento de descarga sólida e líquida nos últimos dois trechos. A qualidade de água apresenta padrões espaciais distintos em cenário de estiagem e cheia.

Durante o cenário de estiagem, o trecho meandrante diferencia-se dos dois trechos a jusante, com forte influência de Santo Amaro e do Rio Taquari respectivamente, assim como os dois trechos intermediários se diferenciam do trecho final, entrelaçado. Já em cenário de cheia, os primeiros três trechos apresentam características muito similares, uma vez que o escoamento superficial de suas áreas de drenagem, as quais são muito semelhantes entre si quanto à matriz de uso de solo, constituídas basicamente de pastagem e arrozais, deve contribuir para homogeneizar a qualidade da água na calha principal, onde há a maior correnteza e mistura. Desta forma, no cenário de cheia, apenas o trecho entrelaçado se mostra distinto dos demais, no qual concentram-se áreas urbanas, a menor faixa de vegetação marginal, além da influência do refluxo de águas do delta, que recebe contribuições do Caí, Sinos e Gravataí. Takeda *et al.,* (2002) relatou que a calha do Rio Paraná recebe nutrientes oriundos da planície de inundação, durante período de cheia.

As comunidades biológicas de ecossistemas lóticos são estruturadas ao longo de gradientes de condições físicas longitudinais, da área de nascentes à foz, e transversais, da calha para habitats laterais na planície de inundação. A comunidade zooplanctônica na calha principal (*Run*), apresenta dominância de rotíferos (*Keratella cochlearis, Synchaeta* sp., *Brachionus caudatus* e *Polyarthra vulgaris*) em todos os trechos (Figura 9.37), predominantemente na superfície (Figura 9.39). Da mesma forma, a comunidade de fitoplâncton é dominada por Bacillariophyta (*Aulacoseira granulata*) e Chlorophyta (*Eudorina elegans*, *Pandoria morum*, *Pediastrum duplex*) (Figura 9.37), também predominantemente na superfície (Figura 9.39). Os mesohabitats laterais provavelmente devem apresentar estruturas de comunidades planctônicas distintas, em decorrência de seus níveis de isolamento e tempos de residências, o que merece aprofundamento em novas investigações científicas.

Em gradiente longitudinal (Figura 9.37), exclusivamente quanto a calha, não houve diferenciação entre trechos quanto à estrutura da comunidade bentônica, devido aos padrões de dominância de Oligochaeta e Chironomidae, já mencionados. Sedimentos arenosos e elevada carga sólida em suspensão, comuns em grandes rios, não são fatores limitantes a colonização de fauna bentônica (Hynes, 1970; Junk *et al.*, 1989). O padrão longitudinal e a estrutura da comunidade verificada neste estudo corroboram estudos pretéritos para o Rio Jacuí (DMAE, 1981b; SOMAR, 2017). Distribuição homogênea de organismos ao longo de gradiente longitudinal, também foi verificado por Marchese *et al.*, (2002), no trecho médio do Rio Paraná, onde o fundo da calha se revela um ambiente monótono de dunas de areia móveis.

Por outro lado, o Rio Xingu difere do Rio Jacuí, assim como o Paraná, como exposto anteriormente, devido a presença de ria em seu trecho final, com características mais similares aos ambientes lênticos do que lóticos, com elevado acúmulo de detritos e lama, que favorecem a estruturação de comunidades filtradoras, ricas e complexas, dominadas por esponjas e grandes bivalves (Volkmer-Ribeiro *et al.*, 2019).

Apesar de estarem situados em áreas de formação geológica distintas, a zonação da comunidade de macroinvertebrados do Rio Jacuí, em gradiente transversal da calha aos ambientes laterais na planície de inundação, se assemelha à zonação verificada em seções transversais do alto Rio Paraná, no Brasil, e médio, na Argentina. Ambos os trechos do Rio Paraná, apresentam amplas e complexas planícies de inundação, com grande diversidade de habitats lênticos e lóticos com distintos níveis de isolamento da calha, os quais são conectados em cenário de cheia (Marchese & Drago, 1992; Marchese *et al.,* 2002; Takeda & Fujita, 2004; Takeda *et al.,* 2002).

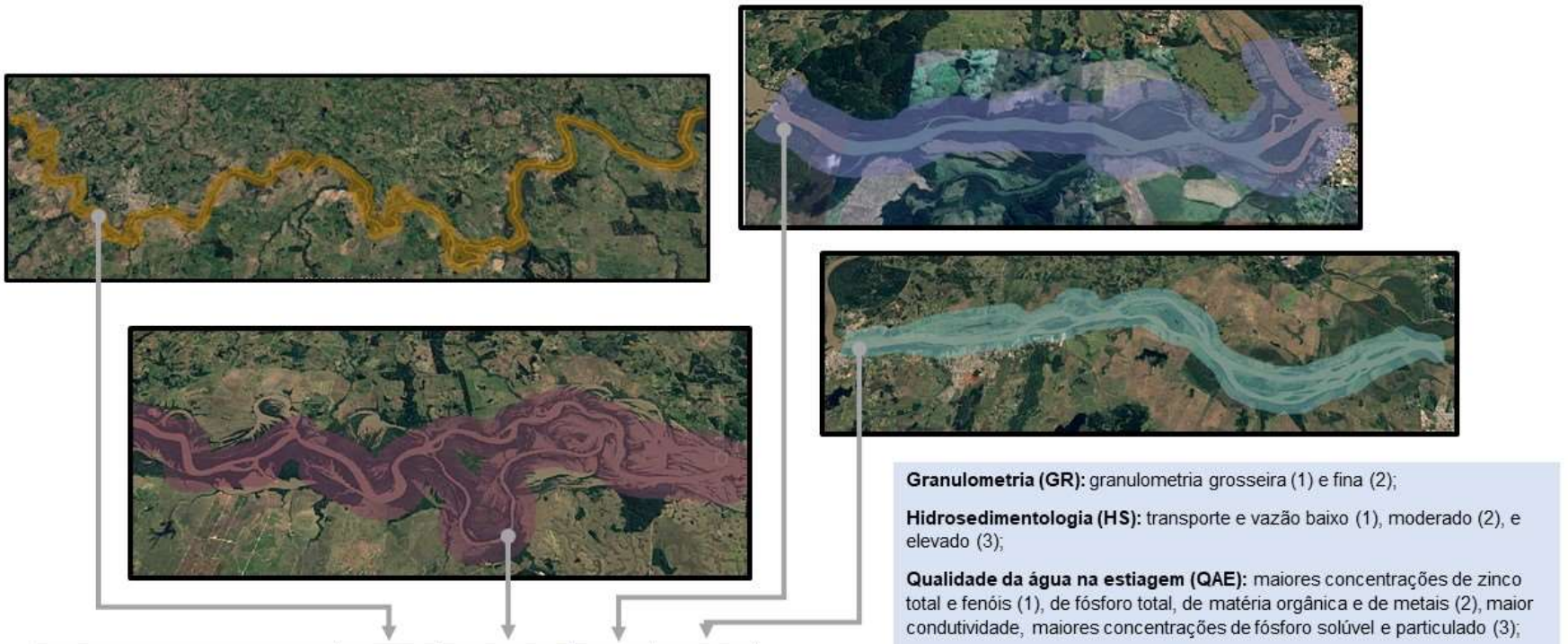
Em cenário de estiagem, quando o Rio Jacuí esteve contido na calha e a maioria dos habitats associados a planície de inundação apresentaram maior nível de isolamento, verificando-se a distinção entre os mesohabitats relacionados ao canal principal, dos demais relacionados a planície de inundação, quanto à estrutura da comunidade de macroinvertebrados. Em seção transversal (Figura 7.29), devido à maior instabilidade do substrato e às maiores correntes, a calha apresentou a menor riqueza de macroinvertebrados, com dominância de Oligochaeta e Chironomidae, no centro do canal (Figura 7.30).

Já nos ambientes laterais, ocorreu a maior riqueza de macroinvertebrados, com maior abundância de bivalves (suspensívoros), gastrópodes e insetos que se alimentam de detritos. Na calha principal predominam sedimentos arenosos no centro do canal, enquanto nas margens predominam sedimento constituído de areia e lama, com algumas variações entre trechos, e estações de coleta (Figura 7.29). Nos mesohabitats laterais, há predominância de lama em ambientais mais isolados. O grau de isolamento dos mesohabitats da planície é variável, alguns são conectados ao rio apenas por pequenos canais, outros por canais maiores. Em outros casos, a conectividade é verificada apenas em cenário de águas altas quando a calha extravasa, invadindo a planície de inundação. Padrões semelhantes foram verificados por Bonetto & Di Persia (1975) e Pereira *et al.* (2011), com concentração de organismos em canais secundários e barras arenosas.

No entanto, outros padrões podem existir em cenários de águas baixas, no verão, quando há maior produtividade em ecossistemas aquáticos. Faz-se necessário ampliar as investigações para melhor compreender os processos envolvidos em cada mesohabitat, uma vez que estes são variáveis no tempo e no espaço, com grande diversidade de micro-habitats não examinadas neste estudo. O reconhecimento de padrões espaço-temporais em comunidades bentônicas, de sistemas fluviais complexos, como da bacia do Rio Paraná, só foi possível por meio de estudos de longa duração (Takeda *et al.,* 1997). No Rio Jacuí, da mesma forma, estudos mais aprofundados em uma maior janela de tempo poderão elevar uma rede mais complexa de relações ecológicas entre as comunidades biológicas e variáveis ambientais, como aquelas relacionadas ao estado trófico, variações

de nível da água, influência da regulação de cheias em decorrência de barramentos, de qualidade água e sedimentologia, em nível de mesohabitat. Principalmente quanto aos mesohabitats mais isolados da calha na planície de inundação, que possivelmente recebem influxos de íons provenientes da calha, durante o período de águas altas, como citado por Takeda *et al.,* (2002) para a planície do Rio Paraná.

A continuidade deste estudo, seja em nível acadêmico, poderá auxiliar na compreensão de processos ecológicos chave para a manutenção da qualidade ambiental do Rio Jacuí. Contudo, as informações aqui apresentadas são inéditas e indicam padrões análogos aos verificados na literatura, para rios tropicais de planície, consistindo em informações valiosíssimas para o manejo e conservação deste sistema lótico.



Trechos	Meandrante	Anastomosado	Retilíneo	Entrelaçado
Granulometria	1	1	2	2
Hidrossedimentologia	1	1	2	3
Qualidade da água - Estiagem	1	1	2	3
Qualidade da água - Cheia	1	1	1	2
*Macroinvertebrados - Mesohabitats	1	2	2	2
Macroinvertebrados - Run	1	1	1	1
Fitoplâncton - Run	1	2	3	3
*Zooplâncton - Run	1	2	3	3

*Em cenário de vazante, pin=padrão idenfinido

Granulometria (GR): granulometria grosseira (1) e fina (2);

Hidrosedimentologia (HS): transporte e vazão baixo (1), moderado (2), e elevado (3);

Qualidade da água na estiagem (QAE): maiores concentrações de zinco total e fenóis (1), de fósforo total, de matéria orgânica e de metais (2), maior condutividade, maiores concentrações de fósforo solúvel e particulado (3);

Qualidade da água na cheia (QAC): maiores concentrações de formas reduzidas de nitrogênio, de matéria orgânica biodegradável e de metais (1), maiores concentrações de nitrogênio oxidado, de matéria orgânica degradável quimicamente, condutividade, fósforo particulado e total (2);

Macroinvertebrados bentônicos: comunidade no trecho meandrante (1) difere dos demais (2), considerando todos mesohabitats. É homogênea na calha (*run*).

Zooplâncton e Fitoplâncton: estrutura da comunidade distintas (1, 2 e 3)

Figura 9.37 – Modelo conceitual simplificado da zonação longitudinal do Rio Jacuí, com base nos padrões espaciais identificados para variáveis limnológicas e comunidades aquáticas, por meio de métodos multivariados.

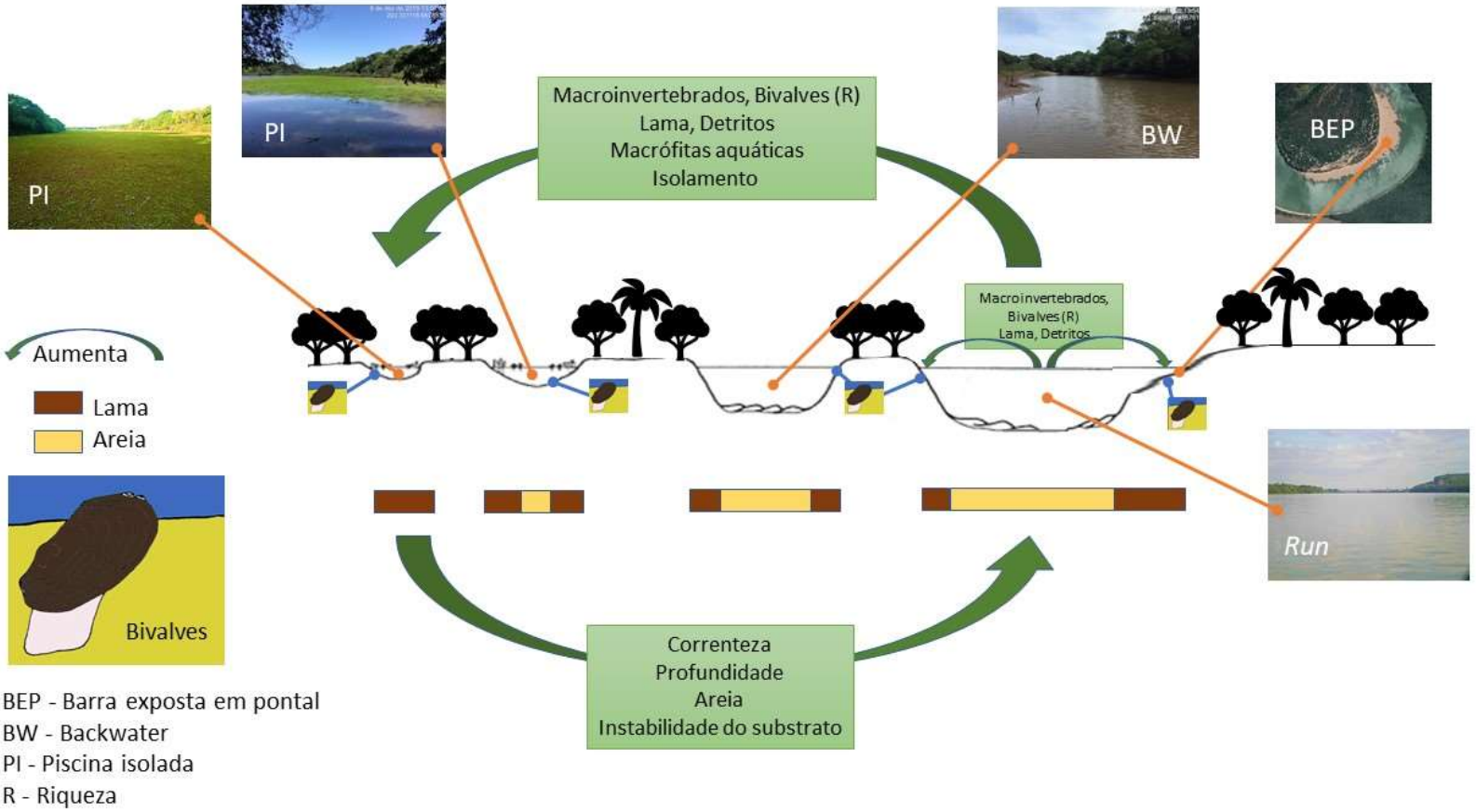


Figura 9.38 – Modelo conceitual simplificado da zonação transversal do Rio Jacuí, com base nos padrões identificados para a comunidade de macroinvertebrados bentônicos, por meio de estatística univariada e multivariada, bem como por meio de dados secundários.
Fonte: Adaptado de Marchese & Drago (1992).

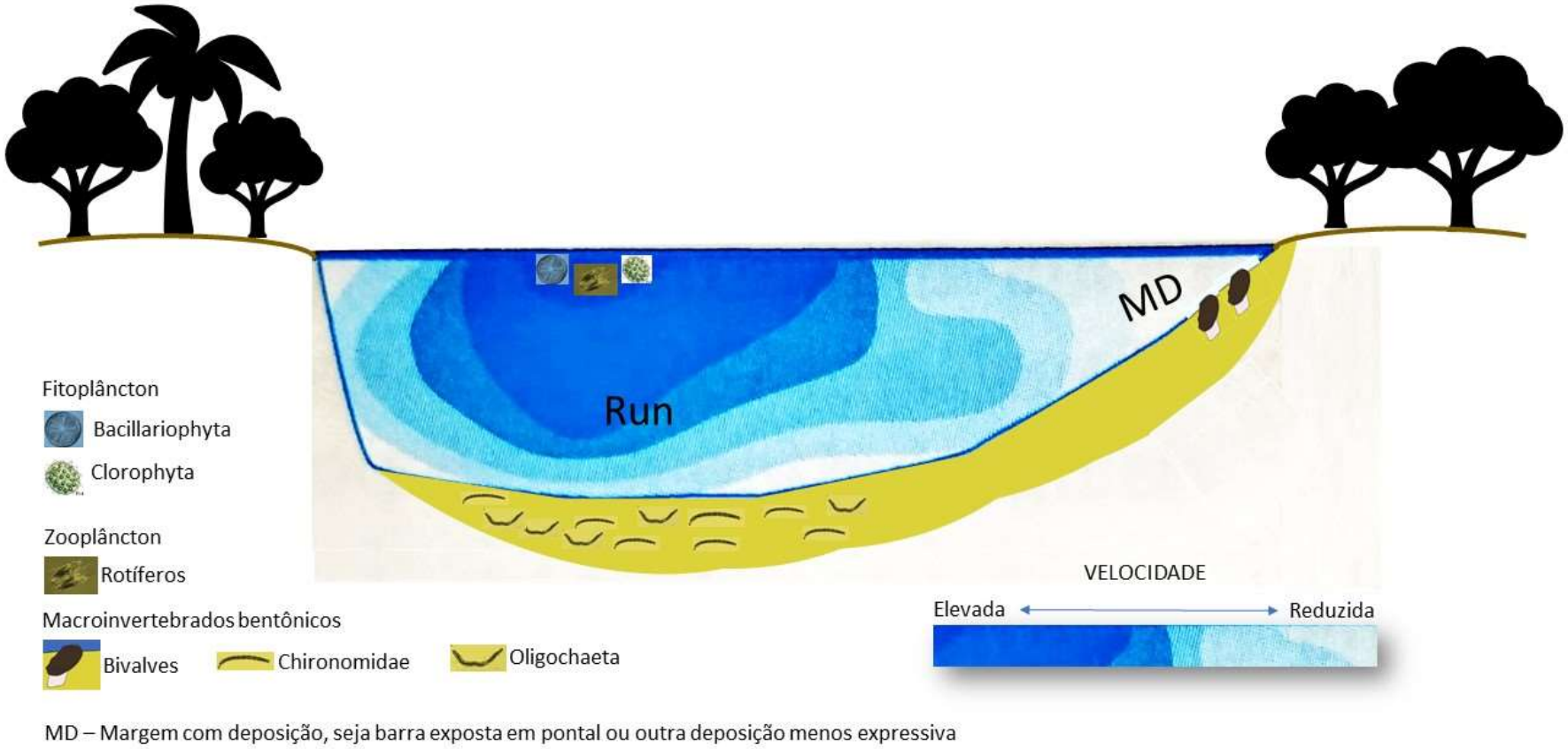


Figura 9.39 – Modelo conceitual simplificado da zonação transversal e vertical da calha principal do Rio Jacuí, indicando grupos dominantes das comunidades fitoplanctônica, zooplanctônica e bentônica, com base nos dados primários e secundários

9.2.2.2 Levantamento Ictiológico

Os resultados são apresentados a partir da revisão bibliográfica. A revisão foi subdividida em temas que tratam da distribuição e ocorrência potencial das espécies; dos aspectos gerais da biologia dos peixes determinantes da abordagem metodológica adotada no estudo; e das considerações sobre os ambientes mapeados ao longo da área de estudo.

Considerando as informações obtidas em fontes secundárias, obteve-se para a área da bacia do Baixo Jacuí uma relação de 129 espécies de peixes distribuídas em 12 ordens taxonômicas e 35 famílias.

A revisão bibliográfica voltada para a verificação da importância das classes de ambientes fluviais identificados na metodologia revelou que há muita informação relativa aos ambientes marginais, a grande maioria para estudos realizados na zona tropical do país, ou seja, do Paraná para o norte. Estudos específicos sobre a importância do contato do rio principal com seus afluentes (foz de rios, de arroios e conexões entre o rio e áreas marginais) são escassos e, principalmente, tratam o assunto de maneira teórica. Sobre barras arenosas (praias), os poucos estudos que existem não tratam de ambientes sujeitos à dinâmica da correnteza do rio, como é o caso daqueles encontrados no Rio Jacuí, mas sim de barras arenosas na região amazônica, com refúgios, águas calmas e disponibilidade de matéria orgânica.

Ao longo da área de estudo ocorrem complexos de ambientes marginais compostos por lagoas, meandros abandonados e áreas úmidas, provavelmente decorrentes da colonização de meandros abandonados por vegetação.

O ciclo hidrológico tem influência marcante na função ecológica dos ambientes marginais. A alternância entre inundação e emersão é o aspecto fundamental que controla a erosão e a deposição nas planícies definindo comunidades bióticas, processos biológicos e ambientes característicos em ecossistemas fluviais. Durante a estação seca, as áreas inundadas se tornam isoladas a partir do canal principal do rio, formando lagos e lagoas marginais. As lagoas marginais são consideradas importantes meios que servem de berçário, proteção e abrigo para peixes, além de constituírem áreas de crescimento e recuperação de adultos.

O ciclo de cheia e seca imposto a esses ambientes os tornam singulares e dependentes das alterações do nível da água dos rios nos períodos de maior pluviosidade. O contato periódico do rio com as lagoas e várzeas permite a colonização delas por ovos e larvas, bem como a saída para o rio de alevinos e jovens provenientes da reprodução do ano anterior. Isso torna a manutenção da pesca e, principalmente, das populações de espécies migradoras intimamente associadas ao ciclo de cheia e seca (SANTOS e DA LUZ, 2009).

Ainda que no Rio Grande do Sul não se constate a sazonalidade marcada em relação a cheias e vazantes observada nas baixas latitudes, a inundação eventual dos ambientes marginais os transforma em importantes núcleos de diversidade biológica, não só para fauna aquática, como também notavelmente para outros grupos como aves e mamíferos, facilmente detectados por avistamentos ou vestígios em suas proximidades.

A diversidade de espécies de peixes nos rios é muitas vezes atribuída à presença de lagoas marginais e a heterogeneidade de habitats existentes nestes sistemas (ARAÚJO, 1996). A importância ecológica das lagoas marginais nas diferentes bacias hidrográficas do Brasil deve-se ao fato de constituírem áreas de abrigo para ovos, larvas e alevinos das espécies de peixes (SATO *et al.*, 1987; TORLONI *et al.*, 1991; ARAÚJO, 1996).

As lagoas presentes nas várzeas de grandes rios são bem conhecidas pela sua importância como criadouros naturais para peixes de piracema (WELCOMME, 1979; LOWE-MCCONNELL, 1987; WELCOMME, 1995; BAYLEY e LI, 1996). Após as migrações reprodutivas, processo conhecido como piracema, geralmente coincidentes com a época das cheias, os ovos e as larvas são transportados passivamente para as lagoas (GALETTI Jr. *et al.*, 1990; MACHADO-ALLISON, 1990). Assim, parte do ciclo de vida dos peixes depende da dinâmica das lagoas marginais, pois são nesses habitats que os ovos encontrarão condições de viabilização e onde as larvas encontrarão proteção e alimento (principalmente plâncton) (GODOY, 1967). Ainda, para os peixes adultos de pequeno porte, a vegetação aquática pode representar local de abrigo, alimentação e postura, nos quais esses organismos passarão parte ou todo seu ciclo de vida (VAZZOLER, 1996).

9.2.2.2.1 Foz de afluentes

A importância desses ambientes está relacionada à movimentação dos peixes entre o rio principal e os afluentes. Os registros de espécies migradoras obtidos em alguns dos pontos de amostragem localizados na foz dos afluentes ratifica a hipótese de que tais cursos de água são utilizados como rotas migratórias. Há de se ressaltar também que tais ambientes representam a interface entre locais com características diferenciadas do rio principal, principalmente no quesito regime hidrológico, cobertura por vegetação ripária e maior abundância de sedimentos com carga orgânica. Nessa transição ocorre a dispersão de exemplares oriundos de zonas situadas mais a montante.

Godinho e Pompeu (2003) avaliaram a ocorrência de jovens de espécies migradoras em afluentes de pequeno porte (1ª e 2ª ordem) na bacia do Rio São Francisco e propuseram os cursos de água menores como importantes habitats para crescimento de migradores. Esse modelo vem complementar o sistema considerado para a história de vida dos peixes do Rio São Francisco e de outros da região Sudeste que contempla três sítios (alimentação - jusante, desova - montante e berçário - lagoas marginais) incluindo o sítio de refúgio - afluentes menores. Concluem que os arroios, assim como as lagoas marginais, são habitats fundamentais para as espécies migradoras. Essa hipótese de estratégia de vida dos migradores reforça a importância dos ambientes de foz de arroios como zona de deslocamento de jovens de espécies migradoras, além de via de dispersão de espécies residentes.

Tributários relativamente bem preservados, principalmente aqueles de maior porte, representam boa parte dos remanescentes lóticos em reservatórios e podem suprir os requerimentos ecológicos de certas espécies após o represamento (PRACHEIL *et al.*, 2013). Também promovem aportes de nutrientes em reservatórios e aumentam a diversidade de

habitats para as assembleias de peixes (ARAÚJO e SANTOS, 2001). Sua influência na distribuição de espécies, abundância e riqueza foi verificada no estudo da ictiofauna de 4 reservatórios da CEMIG, o que pode indicar a importância desses ambientes para a preservação da ictiofauna (CEMIG, 2014).

Esse conjunto de ambientes foi subdividido em duas classes: Foz de Afluentes e Foz de Rios, o motivo é o maior alcance que os rios proporcionam aos grandes migradores.

9.2.2.2.2 Barras arenosas (praias)

A bibliografia sobre barras arenosas, especificamente sobre bancos de deposição de sedimento arenoso ao longo do curso principal do rio, é bastante escassa. As referências encontradas na revisão bibliográfica realizada, em geral, tratam de barras com águas calmas e que formam ambientes com deposição de matéria orgânica em várias formas e estudos realizados em barras arenosas da região amazônica, sujeitas a pulsos de inundação e praticamente livres de correnteza. Como se verá a seguir, os estudos disponíveis tratam de barras arenosas em que ocorre alguma diversidade de ambientes, situação diferente daquelas avaliadas no Rio Jacuí.

Barras arenosas com microambientes com deposição de matéria orgânica e refúgios formados por galhos ou locais de águas calmas são atrativas para a fauna de peixes (Duarte *et al.*, 2010). A ampla maioria das praias mapeadas e avaliadas neste estudo não apresentavam tais características, pois trata-se de ambientes localizados nas margens do canal principal, sujeitas à atuação da correnteza do rio. Essa condição indica que o ambiente de barras arenosas é instável e pobre em recursos, tanto de refúgio como de alimento, situação que se observou nas praias do Rio Jacuí, enfatizando a forte atuação da correnteza do rio que reforça o caráter pouco atrativo desses locais para a ictiofauna.

É importante destacar que as praias mapeadas como ambientes a serem avaliados ao longo da área de estudo tratam de barras arenosas paralelas à correnteza e, portanto, sujeitas à sua influência. São ambientes pobres em refúgios e fortemente alterados por variações no nível do rio. Não correspondem às praias descritas na bibliografia como refúgios ou ambientes de alta complexidade. Estes últimos não são mapeáveis através de imagens de satélite por se tratar de locais de pequenas dimensões e, via de regra, cobertos por vegetação. Para corroborar essa distinção, foram realizadas amostragens em alguns locais desse tipo e comparados os resultados.

9.2.2.2.3 Levantamento de dados primários (amostragens)

As amostragens realizadas resultaram na captura de 3.817 peixes, distribuídos em 50 espécies pertencentes a 17 famílias e cinco ordens taxonômicas.

Esses resultados em nível de ordens e famílias taxonômicas são considerados normais e os resultados obtidos durante as amostragens na área de estudo corroboraram com o que havia sido registrado através da revisão bibliográfica para levantamento de dados secundários, refletindo aqui o padrão de composição para ictiofauna neotropical.

Contudo, a análise em nível de espécies revelou um resultado atípico e que não reflete a realidade da taxocenose de peixes no Rio Jacuí, tampouco o padrão neotropical. A espécie mais abundante foi um cascudo limpa-fundo (*Corydoras paleatus*, Figura 9.40), a qual contribuiu com 1.113 exemplares, correspondendo a praticamente 30 % de todos os peixes capturados nas amostragens. Em realidade este resultado está diretamente relacionado a apenas um ponto de amostragem no qual foram capturados mais de 800 exemplares da espécie em apenas dois arrastos de margem. O referido ponto de amostragem foi estabelecido em ambiente de barra arenosa, em um balneário na localidade de Santo Amaro do Sul (Município de General Câmara) e muito provavelmente esteja relacionado a elevados índices de matéria orgânica no local.



Figura 9.40 – Limpa-fundo (*Corydoras paleatus*) capturado durante o presente estudo no Rio Jacuí.

No extremo oposto ao limpa-fundo, 10 espécies se destacaram por terem sido as menos abundantes, registradas através de apenas um exemplar cada, entre as quais se destacam três espécies migratórias e consideradas de importância comercial: o voga (*Schizodon Jacuíensis*, Figura 9.41), o grumatã (*Prochilodus lineatus*, Figura 9.42) e o dourado (*Salminus brasiliensis,* Figura 9.43).



Figura 9.41 – Voga (*Schizodon Jacuíensis*) capturado durante o presente estudo no Rio Jacuí, indivíduo jovem.



Figura 9.42 – Grumatã (*Prochilodus lineatus*) capturado durante o presente estudo no Rio Jacuí.



Figura 9.43 – Dourado (*Salminus brasiliensis*) capturado durante o presente estudo no Rio Jacuí.

O lambari-do-rabo-amarelo (*Astyanax lacustris*, Figura 9.44) se destacou como a espécie mais bem distribuída ao longo da área de estudo, pois foi registrada em 32 das 36 áreas de amostragem, correspondendo, portanto, a uma frequência de ocorrência de 89 %.

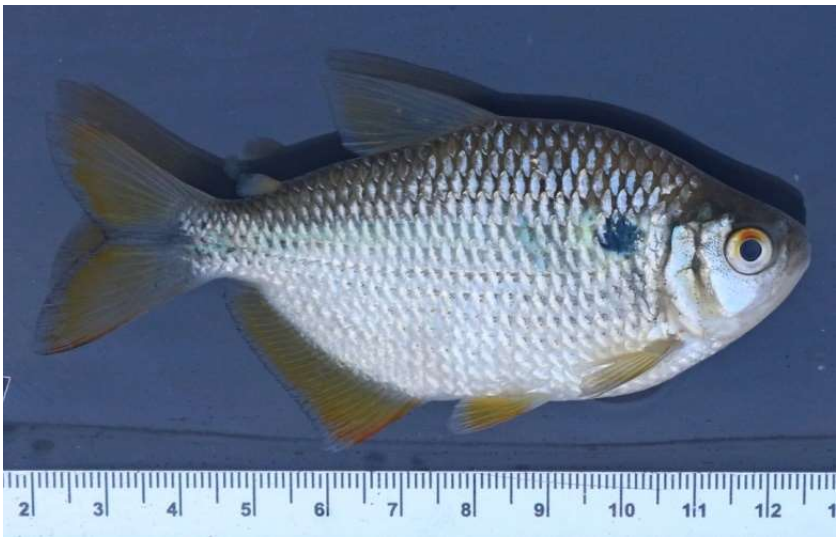


Figura 9.44 – Lambari-do-rabo-amarelo (*Astyanax lacustris*) capturado durante o presente estudo no Rio Jacuí.

9.2.2.2.4 Espécies exóticas

Entre as 129 espécies de peixes registradas através do levantamento de dados secundários para presente estudo, 12 merecem destaque por serem consideradas exóticas no sistema hidrográfico da Laguna dos Patos, ao qual pertence a bacia hidrográfica do Baixo Jacuí (Quadro 9.8).

Quadro 9.8 – Lista das espécies exóticas registradas durante o levantamento de dados secundários.

Ordem	Família	Nome científico	Nome popular	Referências
Cypriniformes	Cyprinidae	*Cyprinus carpio*	Carpa-comum	5, 11
		Ctenopharyngodon idella	Carpa-capim	5, 11
		Hypophthalmichthys nobilis	Carpa-cabeça-grande	11, 12
Characiformes	Serrasalmidae	*Piaractus mesopotamicus*	Pacu	7, 11
		Serrasalmus maculatus	Palometa	13
	Anostomidae	*Megaleporinus elongatus*	Piava	12
	Curimatidae	*Cyphocharax spilotus*	Biru	1, 2, 3, 5, 6
	Acestrorhynchidae	*Acestrorhynchus pantaneiro*	Peixe-cachorro	1, 2, 3, 4, 5, 7, 9
Siluriformes	Auchenipteridae	*Trachelyopterus lucenai*	Porrudo	1, 2, 3, 6, 7, 9
Cichliformes	Cichlidae	*Oreochromis niloticus*	Tilápia-do-nilo	5, 6
		Coptodon rendalli	Tilápia	1, 2, 3
Perciformes	Sciaenidae	*Pachyurus bonariensis*	Maria-luiza	1, 2, 3, 4, 5, 7, 9
	Centrarchidae	*Micropterus salmoides*	*Black-bass*	6, 10

Legenda: (1) RAUBER 2012; (2) BOURSCHEID 2017A; (3) BOURSCHEID 2017B; (4) ROOS 2016; (5) HAR 2017; (6) RHEA 2007; (7) PEDJ 2014; (8) MRS 2009 (9) ENGEPLUS 2015; (10) CARVALHO *et al.* 2012; (11) FONTOURA *et al.*, 2016; (12) LATINI *et al.*, 2016; (13) https://www.ufrgs.br/peixesrs/2021/04/09/invasao-de-palometas-no-rio-jacui-as-lagoas-do-litoral-sao-as-proximas/.

A realização das amostragens resultou no registro de quatro espécies exóticas, todas elas previamente elencadas através dos dados secundários e citadas no quadro acima: peixe-cachorro, biru, maria-luiza e carpa-capim. O peixe-cachorro (Figura 9.45) foi registrado através de 117 exemplares capturados em 22 dos 36 pontos de amostragem e se destacou como a espécie exótica mais bem distribuída na área de estudo. O biru (*C. spilotus*, Figura 9.46) foi registrado através de 54 exemplares. Cabe destacar que existem outras três espécies nativas que pertencem à mesma família, também popularmente conhecidas como birus, e foram capturadas neste estudo.

A maria-luiza (*Pachyurus bonariensis*, Figura 9.47) foi registrada através de 16 exemplares, e a carpa-capim (*Ctenopharyngodon idella*) foi registrada ocasionalmente através de uma cabeça encontrada boiando (Figura 9.48) na localidade de Santo Amaro do Sul. Cabe também destacar os inúmeros registros informais obtidos junto a moradores e pescadores locais no que tange a ocorrência das carpas ao longo do Rio Jacuí e de palometas, que têm provocado danos às pescarias.



Figura 9.45 – Peixe-cachorro (*Acestrorhynchus pantaneiro*) capturado neste estudo no Rio Jacuí.



Figura 9.46 – Biru (*Cyphocharax spilotus*) capturado durante o presente estudo no Rio Jacuí.

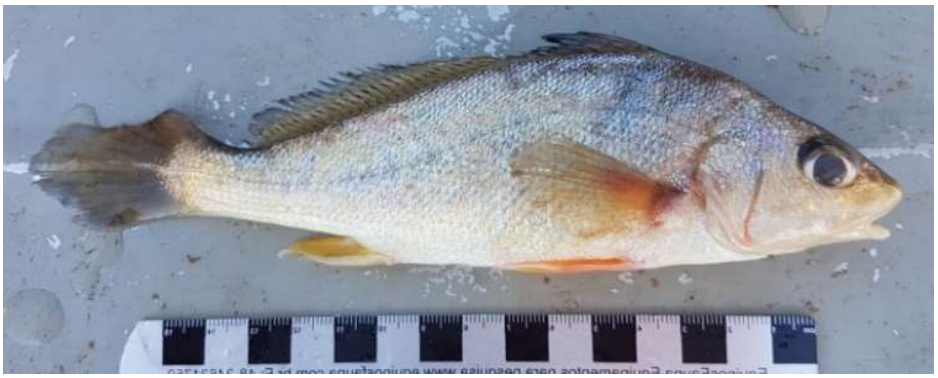


Figura 9.47 – Maria-luiza (*Pachyurus bonariensis*) capturada durante o presente estudo no Rio Jacuí.



Figura 9.48 – Carpa-capim (*Ctenopharyngodon idella*) encontrada neste estudo no Rio Jacuí.

9.2.2.2.5 Espécies migratórias

A migração dos peixes ocorre, em geral, com um dos três seguintes objetivos: se reproduzirem, se alimentarem ou escaparem de condições ambientais severas e predadores. Os eventos migratórios mais conhecidos são os reprodutivos, também conhecidos como piracema (ou subida do rio em tupi), processo que apresenta grande significado biológico para os peixes. É durante essa migração que as gônadas sexuais (testículos e ovários) se desenvolvem e a maturação dos gametas ocorre, através da influência de dois fatores: a disposição genética e os parâmetros abióticos como luminosidade, temperatura, nível e qualidade da água. Os estímulos ambientais são considerados, inclusive, importantes gatilhos dos processos de vitelogênese (incorporação de vitelo aos ovócitos) e ovulação.

Entre as espécies que apresentam hábitos migratórios, relacionados à alimentação e à reprodução na área de estudo, se destacam o grumatã (*Prochilodus lineatus*), o dourado (*Salminus brasiliensis*), a piava (*Megaleporinus obtusidens*), a voga (*Schizodon Jacuíesis*) e o pintado (*Pimelodus pintado*). Com exceção do pintado, essas espécies realizam grandes deslocamentos migratórios utilizando a calha principal do Rio Jacuí e ingressam em seus afluentes para desovar. O pintado, por outro lado, necessita de segmentos mais curtos de fluxo livre para desovar (GODOY, 1967).

Portanto, apenas 4 das 129 espécies podem ser consideradas migradoras "*stricto sensu*", ou seja, aquelas reconhecidamente migradoras de longas distâncias. Destas, apenas a piava não foi capturada durante as amostragens a campo, apesar dos constantes relatos informais de moradores e pescadores dando conta de sua ocorrência ao longo de toda a área de estudo.

9.2.2.2.6 Espécies ameaçadas de extinção

Entre as 129 espécies compiladas através do levantamento de dados secundários para o presente estudo, 6 se encontram ameaçadas de extinção em pelo menos 1 dos 3 níveis acessados (Quadro 9.9): estadual, de acordo com o Decreto Estadual nº 51.797/2014; nacional, de acordo com a Portaria nº 445/2014 do Ministério do Meio Ambiente; e global, de acordo com o banco de dados da União Internacional para a Conservação da Natureza e dos Recursos Naturais (IUCN, 2018).

Quadro 9.9 – Lista das espécies registradas para a área de estudo e ameaçadas de extinção em ao menos um dos níveis: estadual (RS), nacional (BR) e global (GL).

Ordem	Família	Nome Científico	Grau de ameaça		
			RS	BR	GL
Characiformes	Bryconidae	*Salminus brasiliensis*	EN	-	NA
Siluriformes	Callichthyidae	*Lepthoplosternum tordilho*	-	-	EN
Cyprinodontiformes	Rivulidae	*Austrolebias adloffi*	CR	EN	NA
		Austrolebias cyaneus	CR	EN	NA
		Austrolebias wolterstorffi	CR	EN	NA
		Cynopoecilus nigrovittatus	VU	-	NA

Legenda: VU=vulnerável, EN=Em perigo, CR=Criticamente em perigo, NA=Não acessada.

Entre as 6 espécies citadas neste tópico, apenas o dourado (*Salminus brasiliensis*) ocorre na calha do Rio Jacuí, estando as demais espécies associadas a banhados e charcos na planície de inundação, sobremodo nas porções mais baixas da bacia, junto ao Parque Estadual Delta do Jacuí. De fato, o dourado foi a única espécie de peixe ameaçada de extinção capturada durante as amostragens. Ele é, certamente, a espécie mais conhecida do público em geral entre as espécies de peixes ameaçadas de extinção. De acordo com o Plano de Bacia do Baixo Jacuí, é considerada uma espécie de grande importância na pesca comercial e esportiva, pois pode medir até 1,0 m de comprimento e pesar 30 kg. Apesar de não existirem informações precisas sobre as populações no estado, o declínio acentuado na sua captura é admitido por pescadores, especialmente na bacia do Baixo Jacuí (REIS *et al.,* 2003), onde a espécie é enquadrada na categoria Em Perigo de extinção (Decreto Estadual nº 51.797/2014).

De acordo com o Livro Vermelho da Fauna Ameaçada de Extinção do Rio Grande do Sul, as principais ameaças ao dourado são a construção de barragens que alteram o regime natural de cheias e que impõem barreiras físicas à migração reprodutiva, a alteração e a destruição de banhados e lagoas marginais aos grandes rios, a pesca intensiva e as ações de repovoamento com matrizes oriundas de outras bacias hidrográficas (REIS *et al.*, 2003).

9.2.2.2.7 Análise por tipo de ambiente

A análise por tipo de ambiente foi realizada no sentido de categorizar as três classes de ambientes avaliados (ambientes marginais, foz de afluentes e barras arenosas) com vistas a definir sua maior ou menor importância para a ictiofauna. Para isso levou-se em consideração o resultado das amostragens e as informações obtidas na literatura. Foram considerados aspectos relativos à diversidade encontrada, à importância dos ambientes como áreas de reprodução e crescimento e à dispersão de espécies e rotas migratórias.

As praias ou barras arenosas correspondem a ambientes fortemente sujeitos à ação da correnteza. O conjunto de locais enquadrados nessa categoria apresentou uma riqueza média de 4,8, variando entre 1 e 11 espécies. Sua classificação ficou como de baixa importância para a ictiofauna em função desses valores reduzidos, mas principalmente por se tratar de locais pobres em recursos alimentares e com condições adversas para a reprodução em função da ação da correnteza.

É importante destacar que na revisão bibliográfica sobre ictiofauna e barras arenosas há ênfase para habitats de praias como locais de abrigo e forrageio, via de regra, locais de águas calmas. Tais ambientes não correspondem às praias mapeadas e avaliadas neste estudo. Durante os trabalhos em campo foi possível localizar e realizar amostragens em ambientes de praias que não estavam sujeitos à ação da correnteza, alguns impactados por ação antrópica e foram obtidos elevados valores de riqueza específica com média de 14,8 espécies, corroborando as informações da bibliografia. Esses locais não são mapeáveis através da metodologia adotada (imagens de satélite).

Os ambientes englobados como Foz de Afluentes apresentaram riqueza específica variando entre 3 a 21 (média de 10,53) espécies, predominando riquezas mais altas em relação às barras arenosas. Sua classificação como de importância maior em relação às barras arenosas se deve à maior riqueza e ao fato dessa categoria representar ambientes de conexão entre diferentes compartimentos da bacia hidrográfica e rotas de migração para as espécies que executam piracema. Em função da maior extensão que propicia movimentos migratórios, favorecendo os grandes migradores, optou-se por subdividir essa classe de ambientes em Foz de Arroio e Foz de Rio, determinando que os últimos possuem importância maior que os primeiros. A captura de 18 exemplares subadultos de grumatã (Prochilodus lineatus), correspondendo a 60 % das capturas da espécie, na foz do Rio Vacacaí, é um indício de seu retorno à calha principal após a utilização desse afluente como rota migratória.

Os ambientes marginais são locais de elevada importância para o processo reprodutivo de muitas espécies. São ambientes que se constituem em áreas de crescimento e forrageio para formas jovens e propiciam que espécies de pequeno porte ali se desenvolvam durante todo seu ciclo de vida. Além da sua importância para toda a taxocenose dos peixes, os ambientes marginais representam importante recurso para a única espécie ameaçada de extinção que ocorre no curso principal do Rio Jacuí: o dourado. Schulz *et al*. (2002) constataram que, durante o período pós-reprodutivo (março a julho), dourados adultos marcados com radiotransmissores mostraram-se residentes em áreas de banhados, realizando deslocamentos diários inferiores a 500 m e, de acordo com o livro vermelho da

fauna ameaçada de extinção do Rio Grande do Sul, a alteração e destruição de banhados e lagoas marginais aos grandes rios é uma das principais causas da diminuição das populações de dourado no estado (REIS *et al.*, 2003). Assim, a classe Ambientes Marginais foi definida como a de mais alta importância entre aquelas pré-definidas na metodologia. No ponto PA-31, que estabelece contato entre um complexo de ambientes marginais e o Rio Jacuí, foi capturado o único exemplar de dourado (Salminus brasiliensis) de todo o estudo, indicando a utilização dessas áreas pela espécie.

9.2.3 Conclusão

Considerando a reduzida associação entre a atividade de mineração de areia no leito do Rio Jacuí e os ambientes que abrigam a fauna terrestre, uma vez que os impactos desta atividade não incidem diretamente sobre os ambientes terrestre e de transição, não foram elencadas diretrizes específicas relacionadas a esses grupos (Ver Capítulo 12). Não obstante, este componente faunístico contribuiu para a elaboração dos mapas de sensibilidade ambiental através da análise da largura e da conectividade da mata ciliar ao longo do trecho de rio contemplado pelo estudo

Quanto ao mapeamento dos mesohabitats relevantes para a conservação da fauna de macroinvertebrados bentônicos, em especial de bivalves nativos escavadores, no leito maior do rio (planície de inundação) (Figura 9.38), este constituiu critério determinante das restrições à atividade de extração de areia no Rio Jacuí.

Os padrões de distribuição espacial de macroinvertebrados bentônicos nos mesohabitats aquáticos identificados no diagnóstico (Figura 9.39) permitiram a identificação de zonas de maior e menor relevância para a conservação destes grupos faunísticos e subsidiaram o estabelecimento de diretrizes ambientais (Ver Capítulo 12) associadas aos processos de licenciamento da atividade de mineração (extração de areia) no leito menor do rio, tanto em barra e como no fundo da calha.

Os aspectos de maior relevância como as fozes de rios e os ambientes marginais foram definidores de restrições à mineração de areia, detalhadas adiante no Capítulo 10.3. O mapeamento das áreas de maior ou menor importância para a ictiofauna contribuiu para a definição do zoneamento geral do Rio Jacuí e, conforme a classe de sensibilidade, foram definidas diretrizes ambientais associadas aos processos de licenciamento, conforme apresenta o Capítulo 12.

9.3 Meio Socioeconômico

9.3.1 Estrutura econômica e organização social

9.3.1.1 Processo de ocupação e formação territorial

A formação territorial da área em estudo possui uma relação direta com a colonização do Rio Grande do Sul pelos imigrantes europeus. O Quadro 9.10 apresenta o processo de formação dos primeiros municípios que fazem parte da área de estudo, indicando as principais etnias colonizadoras e pré-colonizadoras.

Observa-se uma mescla de municípios antigos (formados ainda no processo de consolidação dos núcleos de imigrantes) e alguns municípios recentes que se originaram, no século passado, daqueles consolidados. Do ponto de vista histórico, se observa uma forte vinculação entre a formação e o desenvolvimento das cidades com o Rio Jacuí, em função do acesso à região pelo curso hídrico, bem como pelas relações econômicas e de subsistência que o mesmo propicia.

Quadro 9.10 – Processo de criação dos municípios em estudo e etnias.

Município	Origem	Fundação	Emancipação	Etnias	Pré-colonização
Cachoeira do Sul	Cachoeira	1724	1944	Açoriana	-
Rio Pardo	Vila do Rio Pardo	1715	1846	Açoriana	-
Pantano Grande	Rio Pardo	1917	1987	Açoriana	-
Minas do Leão	Butiá	1795	1992	Espanhola	-
Vale Verde	General Câmara	1810	1995	Portuguesa, alemã	-
General Câmara	Forqueta de Santo Amaro	1753	1881	Portuguesa, açoriana, africana, alemã e italiana	Índios Caáguas (até 1750)
Butiá	São Jerônimo	1882	1963	-	-
São Jerônimo	Triunfo	1861	1938	Luso-brasileira	-
Charqueadas	São Jerônimo	Final do século XIX	1982	Portuguesa e africana	-
Triunfo	Sesmaria da Piedade	1754	1938	Açoriana	Índios Patos (até 1752)
Eldorado do Sul	Guaíba	Meados do século XVIII	1988	Açoriana, alemã	-

Fonte: sites das Prefeituras Municipais e IBGE (2013) apud DRHS/SEMA (2014).

O Mapa 9.19 apresenta as divisões municipais em relação à área em estudo, bem como as comunidades associadas ao Rio Jacuí nos diferentes trechos.



LEGENDA

- Sede municipal
- Vila
- Rios principais
- Rodovia
- Limite municipal

Rio Jacuí

- Subtrecho A
- Subtrecho B
- Subtrecho C

- Comunidades associadas ao rio

Municípios localizados às margens do trecho em estudo

- Eldorado do Sul
- Triunfo
- Charqueadas
- São Jerônimo
- General Câmara
- Butiá
- Minas do Leão
- Vale Verde
- Rio Pardo
- Pantano Grande
- Cachoeira do Sul
- Restinga Seca



Elaboração: PROFILL

RELATÓRIO FINAL

ZONEAMENTO AMBIENTAL PARA A ATIVIDADE DE MINERAÇÃO DE AREIA NOS CURSOS MÉDIO E BAIXO DO RIO JACUÍ

Contratação e fiscalização: Fepam

Sistema de Coordenadas Geodésicas
Sistema Geodésico de Referência SIRGAS2000
Escala: Indicada

Mapa 9.19 – Divisões político-administrativas

Fonte de dados:
- Sede municipal: SEMARS (2018)
- Limite municipal: SEMARS (2018)
- Limite estadual: IBGE (2019)
- Rodovia: SEMARS (2018)
- Hidrografia: SEMARS (2018)
- Comunidades: Profill (2019)

9.3.1.2 Caracterização econômica

A estrutura econômica da maior parte dos municípios presentes na área de estudo está diretamente atrelada ao setor primário. Com exceção de Charqueadas, Eldorado do Sul e Triunfo, todos registraram participação acima da média estadual em relação ao Valor Adicionado Bruto (VAB). Já na indústria, somente os municípios de Charqueadas, com participação de 45,6 %, e Triunfo (onde se observa a presença do Polo Petroquímico), com 74 %, apresentaram valores superiores no setor industrial para a formação do VAB, à média estadual que é de 23,0 % (Quadro 9.11) . No setor terciário (comércio e serviços) destacam-se os municípios de Eldorado do Sul e São Jerônimo. O Quadro a seguir apresenta o percentual de participação de cada setor da economia no Valor Adicionado Bruto (VAB) dos municípios e, como comparativo, no estado do Rio Grande do Sul.

Quadro 9.11 – Percentual de participação no Valor Adicionado Bruto a Preços Básicos (VAB), por setores de atividade econômica – 2016.

Unidade territorial	Estrutura do Valor Adicionado Bruto (%)		
	Agropecuária	Indústria	Serviços
Cachoeira do Sul	24,7	12,6	62,7
Rio Pardo	36,3	8,8	54,9
Pantano Grande	25,2	21,9	52,9
Minas do Leão	38,5	7,0	54,5
Vale Verde	54,5	4,4	41,1
General Câmara	41,5	4,5	54,1
Butiá	24,3	14,8	61,0
São Jerônimo	12,5	16,9	70,6
Charqueadas	2,5	45,6	51,8
Triunfo	1,1	74,0	24,9
Eldorado do Sul	6,5	18,2	75,3
Rio Grande do Sul	**10,2**	**23,0**	**66,8**

Fonte: IBGE, em parceria com órgãos/secretarias estaduais (2019).

De forma geral, os municípios mais distantes da Região Metropolitana de Porto Alegre – RMPA - são aqueles com economia estruturada em torno do setor agropecuário. O contrário acontece com aqueles municípios mais próximos a RMPA, possuindo economias mais estruturadas no setor industrial e serviços.

Em relação à agricultura, o Quadro 9.12, com base nos dados da Pesquisa Agrícola Municipal (IBGE,2018), apresenta a área plantada (em hectares) das culturas temporárias mais relevantes identificadas na área em estudo no ano de 2018. No Quadro 9.13, com base na mesma fonte de dados citada, mostra a área destinada à colheita das principais culturas permanentes.

Quadro 9.12 – Área plantada (em hectares) das principais atividades agrícolas (lavoura temporária), além do total plantado nos municípios em estudo – 2018.

Unidade Territorial	Produto das lavouras temporárias					
	Arroz	Fumo	Milho	Soja	Trigo	Total plantado
Cachoeira do Sul	28.720	416	3.500	142.400	2.200	179.673
Rio Pardo	8.500	3.800	2.260	62.244	40	79.053
Pantano Grande	4.420	-	500	20.200	1.000	26.176
Minas do Leão	1.800	-	150	9.500	440	11.918
Vale Verde	1.175	900	750	6.000	-	8.915
General Câmara	2.000	500	2.000	6.600	350	12.068
Butiá	1.200	6	150	9.000	500	11.722
São Jerônimo	2.040	1.600	600	4.000	90	9.780
Charqueadas	4.960	-	30	2.300	-	7.390
Triunfo	7.300	-	1.300	1.000	-	11.607
Eldorado do Sul	11.616	20	80	1.959	-	14.124
Rio Grande do Sul	**1.068.311**	**180.819**	**706.160**	**5.709.084**	**709.558**	**8.909.135**

Fonte: IBGE - Pesquisa Agrícola Municipal, 2018.

Quadro 9.13 – Área destinada à colheita (em hectares) das principais atividades agrícolas (lavoura permanente), além do total destinado à colheita nos municípios em estudo – 2018.

Unidade Territorial	Produto das lavouras permanentes				
	Laranja	Noz	Pêssego	Tangerina	Total destinado à colheita
Cachoeira do Sul	72	610	28	41	829
Rio Pardo	20	72	18	15	140
Pantano Grande	10	7	4	5	28
Minas do Leão	-	100	-	-	100
Vale Verde	10	15	5	10	45
General Câmara	25	90	-	10	135
Butiá	126	-	3	24	160
São Jerônimo	11	-	25	17	59
Charqueadas	10	-	4	9	24
Triunfo	190	-	-	190	388
Eldorado do Sul	30	-	-	-	30
Rio Grande do Sul	**22.519**	**2.554**	**13.140**	**11.571**	**161.921**

Fonte: IBGE - Pesquisa Agrícola Municipal, 2018.

No Quadro 9.14 estão expostos os dados relativos ao efetivo dos principais rebanhos presentes nos municípios em estudo, além do número total registrado no Rio Grande do Sul. Os dados são fornecidos pela Pesquisa Pecuária Municipal (IBGE, 2019), referentes ao ano de 2018.

Em termos gerais, observa-se a prevalência de bovinos e galináceos nos municípios em estudo. Os bovinos concentram-se nos municípios de Cachoeira do Sul e Rio Pardo, com 135.120 e 93.000 cabeças, respectivamente. São também nesses municípios onde ocorre a maior presença dos galináceos, com 150.000 em Cachoeira do Sul e 776.000 em Rio Pardo.

Quadro 9.14 – Principais rebanhos (cabeças) por tipo nos municípios em estudo – 2018.

Unidade Territorial	Tipo de rebanho					
	Bovino	Equino	Suíno	Caprino	Ovino	Galináceos
Cachoeira do Sul	135.120	6.292	8.200	1.800	33.748	142.000
Rio Pardo	93.000	4.600	6.200	390	12.900	776.000
Pantano Grande	27.300	2.070	664	480	8.000	8.300
Minas do Leão	21.800	1.010	150	-	2.000	3.500
Vale Verde	18.183	653	777	8	1.175	13.000
General Câmara	21.965	1.011	1.021	50	2.028	55.000
Butiá	21.110	1.208	387	36	5.036	9.600
São Jerônimo	32.260	1.631	1.638	1.429	10.449	30.000
Charqueadas	5.289	669	1.395	40	1.296	3.500
Triunfo	32.098	1.708	2.923	46	2.990	100.000
Eldorado do Sul	16.827	1.244	286	93	2.623	1.448
Rio Grande do Sul	**12.551.432**	**527.881**	**5.726.461**	**71.365**	**3.187.776**	**163.019.079**

Fonte: IBGE - Pesquisa Pecuária Municipal, 2018.

Em relação ao setor secundário, o Quadro 9.15, por meio dos dados da Relação Anual de Informações Sociais (RAIS) do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE), apresenta um panorama das relações de emprego formal no setor para os municípios presentes na área do zoneamento (dados para o ano de 2017). Dos municípios em estudo, Triunfo é aquele que apresentou os maiores valores, sendo 4.723 vínculos formais. Estruturalmente, os empregos na "Indústria de transformação" representam a atividade com maior contribuição (3.496 empregos formais), seguida pela construção civil (com 1.030).

Quadro 9.15 – Emprego formal no setor secundário – 2017.

Unidade Territorial	Setor de Atividade Econômica – IBGE				
	Extrativa mineral	Indústria de transformação	Serviços industriais de utilidade pública	Construção Civil	Total
Cachoeira do Sul	51	2.239	326	289	**2.905**
Rio Pardo	57	1.218	25	40	**1.340**
Pantano Grande	162	350	16	97	**625**
Minas do Leão	38	97	51	42	**228**
Vale Verde	3	46	0	0	**49**
General Câmara	0	37	19	10	**66**
Butiá	226	133	27	35	**421**
São Jerônimo	6	882	33	48	**969**
Charqueadas	5	2.146	32	170	**2.353**
Triunfo	35	3.496	162	1.030	**4.723**
Eldorado do Sul	34	1.822	94	303	**2.253**
Total	**617**	**12.466**	**785**	**2.064**	**15.932**

Fonte: Ministério do Trabalho/ Relação Anual de Informações Sociais, 2019.

Assim como observado nos dados de emprego formal para o setor secundário, Triunfo também se sobressai em relação ao PIB *per capita* dos municípios em estudo (Figura 9.49). O PIB *per capita* de Triunfo é um dos maiores entre os municípios brasileiros, registrando um valor de R$ 289.932, sendo o único município com valor acima da média gaúcha em 2016, de R$ 36.207. Os dados evidenciam ainda o baixo desenvolvimento econômico de alguns

municípios em estudo, em especial, de General Câmara e Butiá, com PIB *per capita* de apenas R$16.956 e R$19.791, respectivamente.

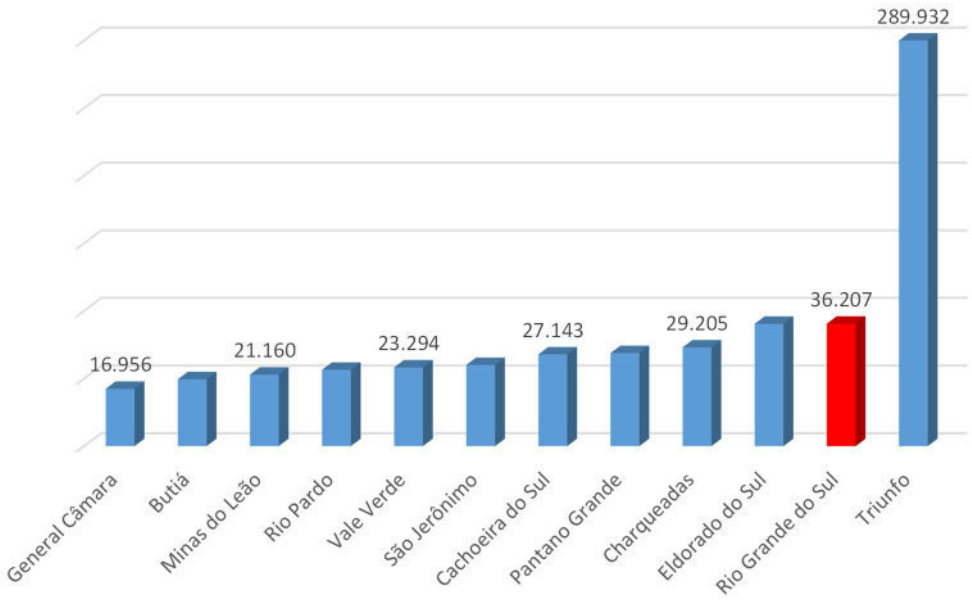


Figura 9.49 – PIB *per capita* nos municípios em estudo - 2016.
Fonte: IBGE, em parceria com órgãos/secretarias estaduais (2019).

Em relação aos rendimentos, a maior parcela das pessoas economicamente ativas ocupadas nos municípios recebia, em 2010, até 3 salários-mínimos (IBGE, 2010). Ao comparar com os dados do Rio Grande do Sul nota-se um indicativo de carência econômica da região, na medida em que todos os municípios registraram valores inferiores (em termos de qualidade) quando comparados aos valores estaduais. As atividades de campo realizadas no âmbito do diagnóstico ambiental (questionários aplicados aos proprietários de estabelecimentos próximos ao Rio Jacuí e aos pescadores) mostraram certa correspondência com essa realidade, posto que os rendimentos se encontram nas menores faixas.

9.3.1.3 Taxa de Urbanização

Quando analisada a taxa de urbanização, com exceção de Vale Verde (27,1 %), todos os municípios são considerados “urbanos”, e cinco deles possuem percentuais acima da média gaúcha de urbanização (85,1 %): Charqueadas (97,7 %), Minas do Leão (96,2 %), Butiá (94,7 %), Eldorado do Sul (89,7 %) e Cachoeira do Sul (85,5 %). Os municípios de Cachoeira do Sul, Rio Pardo, São Jerônimo, Triunfo e Charqueadas possuem parte da área urbanizada próxima ao Rio Jacuí, onde é possível observar uma maior diversificação de usos e atividades econômicas, que englobam diferentes setores da economia.

9.3.1.4 Caracterização da organização social

Em relação à organização social, os estudos evidenciaram uma baixa presença de organizações sociais voltadas diretamente ao Rio Jacuí nos municípios em estudo (em alguns não foram identificadas instituições atuantes). As instituições de pesca estão atreladas, sobretudo, à orientação e à organização documental de seus associados para o recebimento

de benefícios, encaminhamento de renovação das carteiras profissionais, auxílio-doença, aposentadorias, benefício do seguro defeso, entre outros. No Quadro 9.16 encontra-se a relação das instituições por município.

Quadro 9.16 – Instituições atuantes na área de estudo.

Município	Instituição
Butiá	Sindicato Rural de Butiá
Cachoeira do Sul	ACCE – Associação Cachoeira de Canoagem e Ecologia Associação Comunitária Passo do São Lourenço Sindicato Rural de Cachoeira Do Sul Sindicato da Indústria do Arroz do Estado do Rio Grande do Sul Sindicato dos Trabalhadores Ind. Alim. de Cachoeira do Sul Colônia de Pescadores Z-13 Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí
Charqueadas	Movimento Ecológico Pró-Natureza Associação dos Pescadores de Charqueadas
General Câmara	Sindicato dos Trabalhadores Rurais de General Câmara Sindicato Rural de General Câmara Associação de Pescadores e pescadoras de Santo Amaro do Sul
Pantano Grande	Sindicato Rural de Pantano Grande Sindicato dos Trabalhadores Rurais
Porto Alegre	SINDIBRITAS - Sindicato da Indústria da Mineração de Brita, Areia e Saibro de Estado do RS
Rio Pardo	Sindicato dos Trabalhadores da Indústria Alimentação Rio Pardo Sindicato dos Trabalhadores Rurais de Rio Pardo Associação Comunitária Porto das Mesas Associação dos Amigos do Balneário Porto Ferreira Colônia de Pescadores Z-41
São Jerônimo	Sindicato dos Pescadores de São Jerônimo e região Sindicato dos Trabalhadores Rurais de São Jerônimo Sindicato Rural de São Jerônimo
Triunfo	Sindicato Rural de Triunfo Sindicato dos Trabalhadores Rurais de Triunfo

9.3.2 Usos da água

Observa-se uma grande dependência entre a população dos municípios estudados e o Rio Jacuí, a partir dos seus diferentes usos econômicos. O Rio Jacuí se faz presente em diferentes momentos da cadeia econômica local, desde o uso direto da água por meio de captações diretas no rio para atender o setor produtivo até o escoamento de diferentes produtos para a Região Metropolitana de Porto Alegre e outros locais.

9.3.2.1 Navegação

No trecho em estudo, o Rio Jacuí possui grande relevância no contexto da navegação interior, seja a partir da Hidrovia Rio Jacuí ou pelas travessias hidroviárias intermunicipais (São Jerônimo/ Triunfo e Cachoeira do Sul). Existem ainda três portos localizados às margens do Rio Jacuí (Charqueadas, Rio Pardo e Cachoeira do Sul) e quatro terminais, alguns em

operação efetiva e outros que operam eventualmente, dependendo da demanda. O Mapa 6.1 apresenta a hidrovia, travessias, eclusas, portos e terminais

De acordo com os dados da Secretaria dos Portos e Hidrovias (SPH, 2014)[8], a Hidrovia Rio Jacuí inicia no Ponto Quilométrico - PK-5, no Delta do Jacuí, e termina no PK-230, na Barragem do Fandango, em Cachoeira do Sul. Com extensão total de 225 km, dividida em 8 trechos com calados distintos, conforme já relacionado no Quadro 6.2 na consolidação dos dados secundários.

Visando garantir as condições de navegabilidade na Hidrovia Rio Jacuí – apesar de alguns trechos apresentarem condições ideais para a navegação fluvial, e outros estarem em situação crítica por possuírem calado não satisfatório quando em águas mínimas (na sua maioria, locais de depósitos de sedimentos) – foram executados melhoramentos, por intermédio das obras de implantação das Barragens Eclusas Fandango (década de 1950), da Eclusa de Anel de Dom Marco (década de 1960) e de Amarópolis (década de 1970), cujas características técnicas principais estão relacionadas no Quadro 6.3 do capítulo referente à consolidação dos dados secundários.

Quanto às travessias hidroviárias intermunicipais, a atividade ocorre por intermédio de autorização da SUPRG, que concede a execução da atividade a operadores locais, bem como fiscaliza e normatiza o funcionamento da travessia. Desta forma, por meio de dados da SPH (2014d), de vistoria de reconhecimento de campo e entrevista com o Comitê – no âmbito do Plano da Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí –, foram identificadas 5 travessias no Rio Jacuí por intermédio de balsas, duas inseridas na área do Zoneamento Ambiental, sendo uma intermunicipal e outra dentro do próprio município (Quadro 6.4).

Cita-se ainda a existência das seguintes travessias rodoviárias (pontes) na Hidrovia Rio Jacuí: Porto Alegre/Eldorado do Sul: PK-7 (externa à bacia); São Jerônimo/General Câmara: PK-61; e Pantano Grande/Rio Pardo: PK-145.

Quando analisada a presença de portos e terminais, na Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí existem atualmente 3 portos localizados às margens do Rio Jacuí, nos municípios de Charqueadas, Rio Pardo e Cachoeira do Sul, além de 4 terminais, conforme Quadro 9.17.

Quadro 9.17 – Portos e terminais na Hidrovia Rio Jacuí inseridos na bacia do Baixo Jacuí.

Porto/Terminal	Município	PK	Tipo de operação	Tipo de terminal
Porto de Cachoeira do Sul[1]	Cachoeira do Sul	225	Cargas diversas	Público - Administrado pela SUPRG/Fluvial
Terminal CESA	Cachoeira do Sul	228	Operação eventual (conforme demanda) - grãos	Privado, fora do porto público
Porto de Rio Pardo	Rio Pardo	146	A Prefeitura Municipal de Rio Pardo sublocou o porto para três empresas privadas do setor de mineração de areia. A administração deverá retornar à SPH, conforme audiências realizadas em 2013 e 2014.	Público - Administração atual - Prefeitura Municipal de Rio Pardo (desde 2004, após a assinatura de um termo de cessão de uso entre a antiga SPH e a Prefeitura).

[8] Instituição extinta conforme disposto na Lei número 14.983, de 16 de janeiro de 2017, sendo as funções hidroportuárias assumidas pela Superintendência do Porto de Rio Grande - SUPRG.

Porto/Terminal	Município	PK	Tipo de operação	Tipo de terminal
Porto de Charqueadas	Charqueadas	46	Cargas diversas	Público - Administração AHSUL
Terminal AÇOS FINOS PIRATINI	Charqueadas	46	Operação eventual (conforme demanda) descarga de minério de ferro paletizado	Privativo no Porto de Charqueadas
TUP COPELMI	Charqueadas	46	Efetiva - carregamento de carvão	Terminal de Uso Privativo: TUP - fora do Porto de Charqueadas/ Fluvial
TUP Santa Clara - BRASKEM	Triunfo	13	Efetiva - carga/descarga de produtos petroquímicos, carvão, contêineres	Terminal de Uso Privativo: TUP - Misto (Alfandegado)/ Marítimo

[1] Não operacional, de acordo com informação fornecida pela SPH. Fonte: SPH (2014e), MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES (2014), FREITAS (2013) e CAMPÊLO e DUHÁ (2009) *apud* DRH/SEMA (2015a).

9.3.2.2 Recreação e lazer

Em relação aos balneários, áreas de recreação e lazer na área em estudo, os dados foram obtidos por meio de pesquisa em diferentes fontes, como questionários, vistoria de reconhecimento de campo da bacia, pesquisa nos provedores gratuitos *Google Maps* e *Google Earth*, banco de dados dos licenciamentos ambientais de empreendimentos localizados nos municípios da bacia, fornecido pela FEPAM, sites (das prefeituras municipais integrantes da bacia, da Secretaria do Turismo do Rio Grande do Sul e sites de divulgação dos empreendimentos turísticos) e projeto balneabilidade da FEPAM.

Os estabelecimentos de lazer localizados às margens do Rio Jacuí, inseridos na área em estudo, são elencados na sequência.

Quadro 9.18 – Estabelecimentos de lazer localizados às margens do Rio Jacuí.

Município	Estabelecimentos de Lazer
Cachoeira do Sul	Praia Nova, Praia Velha, Balneário do Seringa e Balneário Caixa D'Água.
Rio Pardo	Balneário Santa Vitória, Praia dos Ingazeiros, Mirante (na Praia dos Ingazeiros), Balneário Porto Ferreira, Balneário Porto das Mesas e Balneário do Lambari.
Vale Verde	Balneário Monte Alegre.
General Câmara	Balneário da Cachoerinha e Vila de Santo Amaro do Sul.
São Jerônimo	Praia do Encontro.
Charqueadas	Pousada e Balneário Gonzales de Souza e Praia das Pedrinhas.
Triunfo	Praia do Estaleiro, Camping do Areal e Balneário do Porto Batista (também conhecido como “camping do Porto Batista”).

9.3.2.3 Pesca

Em relação ao Zoneamento Ambiental para a Atividade de Mineração de Areia foram realizadas 35 entrevistas com pescadores ao longo do Rio Jacuí, as quais tiveram por objetivo obter informações sobre a realidade pesqueira na área de estudo, entre elas, os locais de pesca, os perfis dos pescadores, as principais espécies pescadas, a percepção dos pescadores com relação ao volume pescado no Rio Jacuí ao longo do tempo, bem como os possíveis conflitos da atividade.

As principais organizações de pescadores artesanais identificadas no Rio Grande do Sul são as próprias Colônias de Pescadores; a Federação dos Pescadores do RS; o Fórum Regional dos Pescadores do RS; os Fóruns da Pesca e a Federação dos Sindicatos de Pescadores do Rio Grande do Sul - FESINPERS. As principais colônias de pescadores identificadas para os municípios em estudo estão apresentadas no Quadro 9.19.

Quadro 9.19 – Colônia de pescadores em municípios que interceptam o Rio Jacuí.

Município	Colônia de pescadores
Cachoeira do Sul	Z13
Rio Pardo	Z41
Fórum Delta do Jacuí	Z4 e Z5

No entanto, outras entidades foram notadas ao longo da pesquisa, são elas:

- Sindicato dos Pescadores de São Jerônimo e região;
- Associação de Pescadores e Pescadoras de Santo Amaro do Sul;
- Associação dos Pescadores de Charqueadas.

Os Fóruns da Pesca, divididos por regiões da pesca, são arranjos institucionais de gestão compartilhada do espaço e constituem a principal forma de organização da pesca artesanal no estado, seja ela realizada em ambientes lagunares, estuarinos ou marítimos (PERUCCHI, KUBO E COELHO DE SOUZA, 2012).

O Fórum do Delta do Jacuí, Lago Guaíba e Norte da Lagoa dos Patos, denominado Fórum Delta do Jacuí, foi fundado em 2009, a partir da mobilização dos pescadores artesanais das colônias de pescadores Z-4 e Z-5 e das associações de pescadores artesanais da região. Este fórum objetiva o ordenamento pesqueiro dos rios Jacuí, dos Sinos, Delta do Jacuí, Lago Guaíba e Norte da Laguna dos Patos (DE PAULA, 2013). O sindicato referente ao Rio Jacuí no trecho em estudo é o Sindicato dos Pescadores de São Jerônimo, Charqueadas, Triunfo, General Câmara e Taquari.

O levantamento de dados primários indicou dois perfis principais em relação à pesca no Rio Jacuí, permitindo uma clara diferenciação entre os pescadores profissionais e amadores. Os pescadores profissionais encaram a pesca como algo passado de geração em geração, vivendo em residências simples próximas ao rio e trabalhando todos os dias da semana e durante todo o ano, exceto no período de defeso. Já os pescadores amadores, em

grande parte aposentados em outra profissão, utilizam o rio para atividade de pesca em períodos específicos (feriados, fins de semana etc.), encarando a atividade como lazer e um complemento a sua alimentação.

Os pescadores apontaram ainda uma grande variação nas quantidades usualmente capturadas de acordo com o período, mas a maioria dos entrevistados observou uma diminuição da pesca ao longo dos anos, ressaltando que não conseguem um volume de peixes para estoque. Em relação ao consumo, boa parte dos pescadores entrevistados utiliza o pescado para consumo próprio ou venda no local de residência. Alguns possuem pequenas estruturas (geladeiras, freezers etc.) que permitem manter o pescado congelado para venda em outros períodos do ano.

Em razão da falta de condições para acondicionamento do pescado em maior quantidade e da dificuldade para escoamento do produto, as vendas na maioria dos casos ocorrem por meio de atravessadores, que buscam o pescado em quantidades menores junto aos pescadores, encaminhando para mercados e restaurantes locais. Os pescadores possuem ainda como principais clientes veranistas, viajantes e moradores da região.

A partir das entrevistas com pescadores foram apontadas questões ambientais que, na visão dos entrevistados, interferem na disponibilidade do estoque pesqueiro. As colocações mais citadas foram:

- Lançamento de esgoto no Rio Jacuí;
- Presença de agrotóxico das lavouras;
- Pesca predatória, aumento no número de pescadores e conflitos em relação à captura de indivíduos pequenos, influenciando no desenvolvimento e consequentemente na quantidade de pescado adulto existente (conflito associado em grande parte a pescadores esportivos);
- Extração de areia: captura, por meio das dragas, de alevinos, além de eventuais o arraste de materiais dos pescadores pela passagem das dragas.

As questões elencadas aparecem de modo generalista, não constituindo um consenso social ou setorial sobre a relação de potenciais impactos ambientais e a atividade de pesca. As questões ambientais relacionadas a áreas de ocorrência ou atores específicos que, em tese, poderiam ser "mapeáveis" pelos entrevistados, não foram.

O diagnóstico produzido junto aos pescadores indicou todo o Rio Jacuí como potencial para a atividade pesqueira. De maneira geral, os pescadores não apontaram locais específicos, citando que sua distribuição e movimentação se dá ao longo de todo o Rio Jacuí, possuindo como referência apenas os pontos de embarque e desembarque nas margens, geralmente associados às Colônias de Pesca/ Associações ou comunidades ribeirinhas e, especialmente, locais de residência dos pescadores.

Como esforço complementar para identificar potenciais áreas com maior presença da atividade de pesca, foi realizada análise de deslocamentos a partir das comunidades existentes ao longo do Rio Jacuí. Com base no perfil padrão das embarcações utilizadas na

área foi determinada a velocidade média dos barcos (barcos de 15 HP: velocidade média de 35 km/h) e estimadas duas horas de deslocamento a montante e a jusante dos pontos das comunidades com pescadores. A partir destes dados (velocidade e tempo médio de deslocamento) foram geradas linhas de 70 km a montante e a jusante das comunidades com pescadores. O procedimento possibilitou identificar que somente um trecho do rio os deslocamentos não estavam sobrepostos, enquanto no restante as linhas geradas ficaram sobrepostas, indicando a insuficiência de tal método para delimitação de áreas preferenciais para a atividade.

Ressalta-se que, apesar da pesca não estar inserida diretamente nos descritores dos mapas temáticos, o tema foi integrado pelo estabelecimento de faixas para a garantia dos múltiplos usos do rio pelas populações que moram às suas margens. Desta maneira, buscou-se assegurar que a população que depende da atividade de pesca como meio de subsistência e que vive às margens do rio, tivesse um raio de afastamento em relação a áreas onde a atividade de mineração poderá ocorrer, visando assegurar a manutenção de suas atividades e relação com o rio e, assim, garantir sua manutenção social e econômica.

9.3.2.4 Abastecimento humano

O levantamento relacionado à captação de água foi feito a partir de consulta junto ao banco de dados do Sistema de Outorga de Água do Rio Grande do Sul – SIOUT, sob responsabilidade do DRHS/SEMA. A consulta foi realizada em outubro/2019, quando foram obtidas as planilhas de captação para todos os municípios integrantes do diagnóstico. Posteriormente os dados foram filtrados, visando identificar apenas as captações realizadas no Rio Jacuí.

Em relação às captações junto ao Rio Jacuí, observa-se que a irrigação corresponde pela maior parcela das solicitações, distribuídas, especialmente, nos municípios de Cachoeira do Sul, Rio Pardo, Eldorado do Sul e Triunfo.

Cachoeira do Sul é o município que apresenta maior número de processos junto ao Sistema de Outorgas, com diferentes usos, incluindo navegação, abastecimento público, irrigação, dessedentação animal e turismo/lazer/balneário/recreação.

Quadro 9.20 – Captações junto ao Rio Jacuí.

Município	Finalidade	Vazão Média (m³/s)	Latitude (º)	Longitude (º)
Triunfo	-	0,030000	-29,9150	-51,5192
Triunfo	Irrigação	0,110000	-29,9525	-51,3522
Triunfo	Irrigação	5,555556	-29,9513	-51,4097
Triunfo	Irrigação	5,555556	-29,9702	-51,4058
Triunfo	Dessedentação animal	0,000036	-29,9133	-51,5522
Triunfo	Abastecimento público	0,041000	-29,9456	-51,7200
Triunfo	Irrigação	0,388889	-29,9551	-51,4527
Triunfo	Irrigação	0,069000	-29,9507	-51,3466
Triunfo	Irrigação	0,013889	-29,9288	-51,6301
Triunfo	Irrigação	0,011111	-29,9288	-51,6304

Município	Finalidade	Vazão Média (m³/s)	Latitude (º)	Longitude (º)
Triunfo	Irrigação	0,125000	-29,9481	-51,3392
Triunfo	Irrigação	0,138000	-29,9506	-51,3464
Eldorado do Sul	Irrigação	0,256400	-29,9758	-51,3687
Eldorado do Sul	Irrigação	0,256400	-29,9637	-51,3399
Eldorado do Sul	Irrigação	0,256400	-29,9614	-51,3403
Eldorado do Sul	Irrigação	0,256400	-29,9633	-51,3463
Eldorado do Sul	Irrigação	0,256400	-29,9656	-51,3515
Eldorado do Sul	Irrigação	0,256400	-29,9687	-51,3564
Eldorado do Sul	Irrigação	0,257160	-29,9744	-51,3659
Charqueadas	Abastecimento industrial	2,000000	-29,9476	-51,6146
São Jerônimo	Irrigação	0,069000	-29,9593	-51,7741
General Câmara	Navegação	-	-29,9480	-51,7270
General Câmara	Navegação	-	-29,9462	-51,8938
General Câmara	Irrigação	0,335750	-29,9472	-51,7894
General Câmara	Irrigação	0,030000	-29,9144	-51,9322
General Câmara	Irrigação	0,107000	-29,9188	-51,9712
Rio Pardo	Navegação	-	-30,0713	-52,5100
Rio Pardo	Navegação	-	-30,0900	-52,4950
Rio Pardo	Irrigação	0,043200	-30,0247	-52,4244
Rio Pardo	Irrigação	0,115556	-29,9962	-52,3847
Rio Pardo	Irrigação	0,115556	-29,9962	-52,3847
Rio Pardo	Abastecimento público	0,092000	-29,9953	-52,3772
Rio Pardo	Irrigação	0,154319	-30,0863	-52,4478
Rio Pardo	Irrigação	0,115556	-29,9960	-52,3820
Rio Pardo	Irrigação	0,115556	-29,9961	-52,3849
Cachoeira do Sul	Irrigação	0,337000	-29,9497	-53,0552
Cachoeira do Sul	Navegação	-	-29,9280	-53,1094
Cachoeira do Sul	Irrigação	0,081000	-30,0474	-52,8004
Cachoeira do Sul	Irrigação	-	-30,0397	-52,7972
Cachoeira do Sul	Navegação	-	-30,0714	-52,9261
Cachoeira do Sul	Turismo/lazer/balneário/recreação	0,100000	-30,0556	-52,8803
Cachoeira do Sul	Irrigação	0,295000	-30,0331	-52,7998
Cachoeira do Sul	Navegação	-	-30,0628	-52,8975
Cachoeira do Sul	Irrigação	0,048200	-30,0720	-52,9267
Cachoeira do Sul	Irrigação	0,048180	-30,0720	-52,9267
Cachoeira do Sul	Abastecimento público	0,410000	-30,0647	-52,8981
Cachoeira do Sul	Irrigação	0,023000	-29,9946	-53,0172
Cachoeira do Sul	Irrigação	0,048000	-29,9946	-53,0172
Cachoeira do Sul	Irrigação	0,334000	-30,0331	-52,8005
Cachoeira do Sul	Irrigação	0,093000	-29,8917	-53,1193
Cachoeira do Sul	Irrigação	0,210000	-29,9932	-53,0164
Cachoeira do Sul	Turismo/lazer/balneário/recreação	0,000306	-30,0556	-52,8808
Cachoeira do Sul	Abastecimento público	0,290000	-30,0647	-52,8981
Cachoeira do Sul	Irrigação	0,138000	-29,9296	-53,0750

Município	Finalidade	Vazão Média (m³/s)	Latitude (º)	Longitude (º)
Cachoeira do Sul	Irrigação	0,144000	-29,9271	-53,0808
Cachoeira do Sul	Irrigação	0,156000	-29,9266	-53,0988
Cachoeira do Sul	Irrigação	0,064300	-30,0216	-52,7979
Cachoeira do Sul	Dessedentação animal	-	-30,0145	-52,9943
Cachoeira do Sul	Irrigação	0,012861	-30,0719	-52,9267
Cachoeira do Sul	Irrigação	0,064300	-30,0208	-52,9739
Cachoeira do Sul	Irrigação	0,064300	-30,0216	-52,7979
Cachoeira do Sul	Irrigação	0,045000	-30,0356	-52,8033
Cachoeira do Sul	Irrigação	0,045000	-30,0353	-52,8033
Cachoeira do Sul	Irrigação	0,016718	-30,0703	-52,9283
Cachoeira do Sul	Irrigação	0,444444	-30,0142	-52,9945
Cachoeira do Sul	Irrigação	0,057900	-30,0210	-52,7950
Cachoeira do Sul	Irrigação	0,057900	-30,0217	-52,7939
Cachoeira do Sul	Irrigação	0,096450	-30,0738	-52,9238

Fonte: SIOUT/ DRHS/ SEMA (2019).

Em relação à captação de água para consumo humano, o levantamento realizado junto ao banco de dados do SIOUT/DRH/SEMA resultou em 5 pontos de captação junto ao Rio Jacuí, todos relacionados à Companhia Riograndense de Saneamento (CORSAN), nos municípios de Triunfo, Rio Pardo e Cachoeira do Sul. Os pontos de captação para abastecimento humano podem ser observados no Quadro 9.21.

Quadro 9.21 – Captações de água para consumo humano.

Município	Nome do Usuário	Vazão Média (m³/s)	Latitude (º)	Longitude (º)
Triunfo	Companhia Riograndense de Saneamento	0,041000	-29,9456	-51,7200
Triunfo	Companhia Riograndense de Saneamento	0,030000	-29,9150	-51,5192
Rio Pardo	Companhia Riograndense de Saneamento	0,092000	-29,9953	-52,3772
Cachoeira do Sul	Companhia Riograndense de Saneamento	0,410000	-30,0647	-52,8981
Cachoeira do Sul	Companhia Riograndense de Saneamento	0,290000	-30,0647	-52,8981

Fonte: SIOUT/ DRHS/ SEMA (2019).

9.3.3 Mineração de areia e demais atividades de mineração

Na Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí a extração de bens minerais tem por objetivo principal suprir a demanda na área de construção civil, principalmente com areia, argila e saibro. A exploração de combustíveis fósseis também é representativa, dado o fato da importância geográfica destas rochas na área da bacia.

O diagnóstico identificou 1.131 processos em andamento na ANM, em outubro de 2014, totalizando uma área requerida de 579.595 ha. Considerando a modalidade de requerimento minerário, foram identificados 506 processos administrativos objetivando a atividade de extração mineral ou com lavra concedida e 625 processos com vistas à pesquisa. As áreas requeridas para licenciamento, registro de extração e concessão de lavra compreendiam 158.138 ha, já para pesquisa mineral a área requerida era de 421.457 ha.

Considerando a análise por fase dos processos minerários na ANM, a grande maioria dos processos existentes se encontrava na fase de autorização de pesquisa, tanto em número de processos, quanto em área requerida, representando 478 processos nesta fase (42 % do total), abrangendo uma área requerida de 308.892 ha (Figura 9.50). Tinha-se ainda uma área representativa de processos na fase de requerimento de pesquisa (147 processos/112.565 ha) e na fase de concessão de lavra (149 processos/ 79.186ha).

As áreas para extração mineral com empreendimentos em fase de concessão de lavra, licenciamento e registro de extração representam 81.307 ha (Figura 9.51), cerca de 19 % da área requerida para o desenvolvimento de pesquisas minerais.

Os polos minerários da Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí estavam representados pelas empresas de mineração de carvão e de calcário, extração de areia, prefeituras municipais, empresas de engenharia, indústria cerâmica e empresas de prospecção mineral. Cabe salientar que, entre todos os empreendedores, o mais representativo era a CPRM, empresa de economia mista, vinculada ao Ministério de Minas e Energia, com a missão estratégica de organizar e sistematizar o conhecimento geológico brasileiro. Outro importante empreendedor era a Votorantim Metais Zinco S/A com 51.275 ha requeridos junto à ANM.

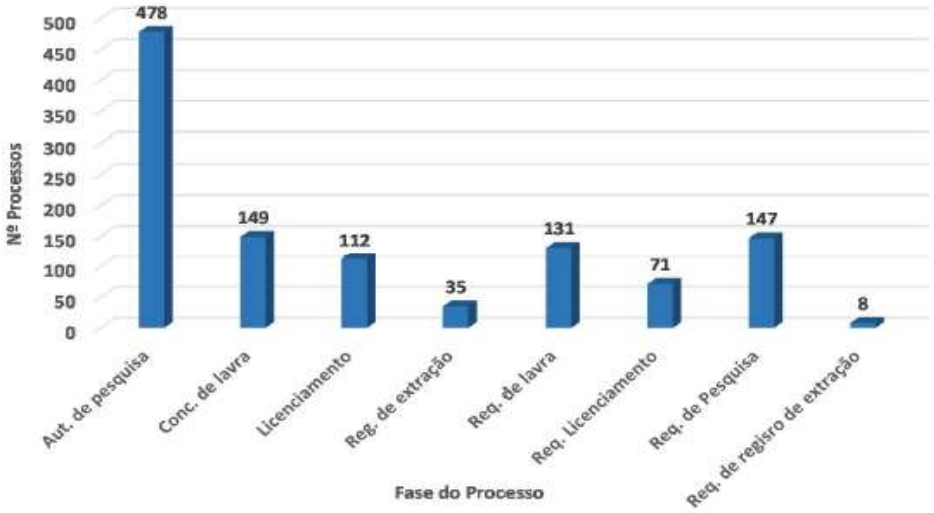


Figura 9.50 – Número de processos distribuídos por fases (Out. 2014).
Fonte: DNPM/SIGMINE/CGEO/CGTIG (2014) *apud* DRH/SEMA (2015a).

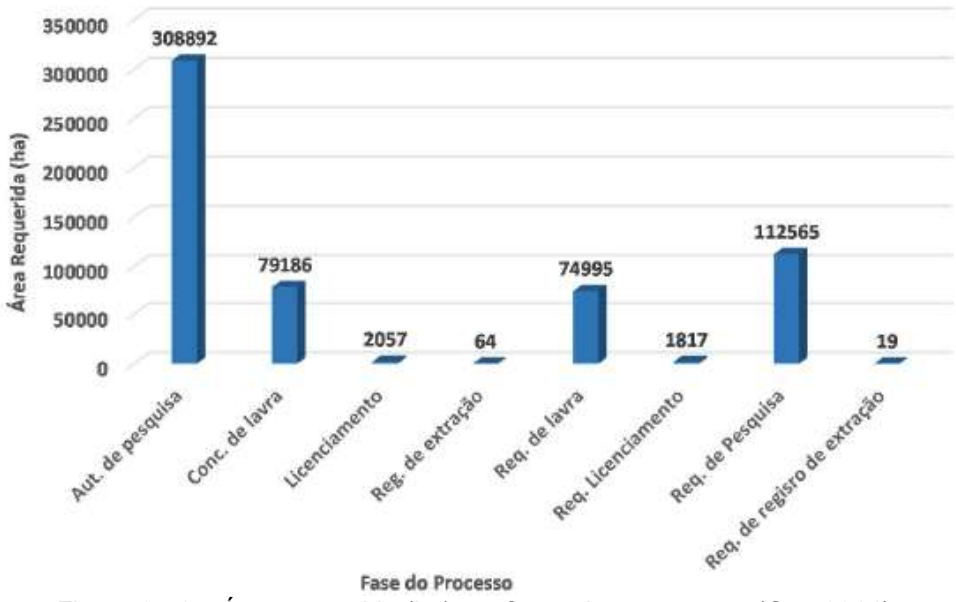


Figura 9.51 – Área requerida (ha) por fases dos processos (Out. 2014).
Fonte: DNPM/SIGMINE/CGEO/CGTIG (2014) *apud* DRH/SEMA (2015a).

Em relação às principais substâncias mineradas, os produtos extraídos na bacia correspondiam especialmente aos materiais para utilização na construção civil (substâncias minerais Classe II) totalizando 57 % dos processos e cerca de 17 % da totalidade da área requerida na bacia.

A análise do cadastro da ANM na área da Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí permitiu identificar que existiam 375 processos de requerimento para areia, constituindo cerca de 33 % do número total de processos em tramitação na ANM. Pode-se identificar também que o carvão abrangia a maior área requerida, representando 229.403 ha em 178 processos, área muito superior comparada a área requerida para areia (36.056 ha).

Na classe de substâncias para uso na indústria, foram requeridas áreas junto à ANM de sienito, areia para vidro e caulim. Havia também processos correntes para a exploração de carvão, turfa e demais substâncias da classe de combustíveis fósseis sólidos. Havia 74 pedidos para minérios metálicos (chumbo, cobre, estanho, ouro, zinco). As ocorrências no cadastro mineiro da ANM de substâncias para uso industrial somavam 107 processos na bacia.

A análise do Plano de Bacia mostrou que os principais métodos de extração utilizados eram o do tipo a céu aberto e a extração mineral subaquosa nos cursos d'água, por meio da utilização de dragas.

De uma forma geral, por intermédio da análise dos processos existentes na ANM, evidenciou-se que a Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí aponta para um aumento na demanda de extração de bens minerais nos próximos anos, em virtude da quantidade de processos de requerimento de concessão, instrumentados por meio da pesquisa mineral. Tais processos, que por ora encontram-se em fase de pesquisa com a evolução do andamento deles, tendem a receber a concessão de lavra, intensificando a atividade minerária na bacia.

As cargas de areia obtidas a partir do processo de dragagem são encaminhadas pelas embarcações para pontos de depósito e comércio, onde é feito o descarregamento e posterior venda do material. O diagnóstico apontou a existência de depósitos e comércio nos municípios de Cachoeira do Sul, Rio Pardo, São Jerônimo, Charqueadas e Triunfo.

Neste contexto, a região da Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí é responsável pela produção da grande maioria da areia consumida no Rio Grande do Sul. O trecho do rio chamado Baixo Jacuí – que limita os municípios de Triunfo, Nova Santa Rita, Charqueadas e Eldorado do Sul – fornece mais de 2/3 de toda areia consumida na RMPA.

9.3.3.1 Títulos minerários

O mercado envolvendo a indústria da extração de areia no estado do Rio Grande do Sul, conforme dados gerados pela Agência Nacional de Mineração (ANM, 2020), tem uma produção média anual de aproximadamente 11 milhões de toneladas, auferindo anualmente em média R$108.801.870,15.

Tabela 9.7 – Dados da produção de areia no RS, quantidade de venda e valor.

Ano	Quantidade Produção Minério (t)	Quantidade Venda (t)	Outros Destinos	Valor Venda (R$)	Valor por Tonelada (R$)
2010	12.773.262,75	11.329.306,08	1.443.956,67	78.319.640,42	6,91
2011	13.976.347,90	13.532.948,41	443.399,49	96.827.610,86	7,15
2012	13.312.081,90	13.140.502,17	171.579,73	94.579.478,51	7,20
2013	13.686.546,36	13.662.764,50	23.781,86	130.244.787,12	9,53
2014	12.063.017,91	11.545.871,54	517.146,37	135.450.442,97	11,73
2015	12.103.172,51	12.078.713,58	24.458,93	123.837.545,90	10,25
2016	9.877.173,92	9.672.717,38	204.456,54	107.024.651,39	11,06
2017	9.490.742,38	9.176.960,42	313.781,96	103.415.512,50	11,27
2018	9.057.835,47	8.743.098,12	314.737,35	101.160.641,36	11,57
2019	9.673.866,78	9.458.524,88	215.341,90	117.158.390,45	12,39

Fonte: ANM (2020).

A análise das informações indica que a produção de areia no Estado reduziu a partir de 2013 chegando ao menor valor em 2018. Em 2019 ocorreu um aquecimento na produção, mas ainda com uma produção que representa cerca de 75 % da produção total do ano de 2013, pico da produção com um total de 13.686.546,36 t. Observa-se que a quantidade de venda do produto acompanhou esta oscilação, enquanto a destinação do material para outros fins ficou estável, o que permite inferir que a diminuição da produção está relacionada aos eventos econômicos desfavoráveis dos últimos anos o que ocasionou uma diminuição na demanda pelo produto (Figura 9.52).

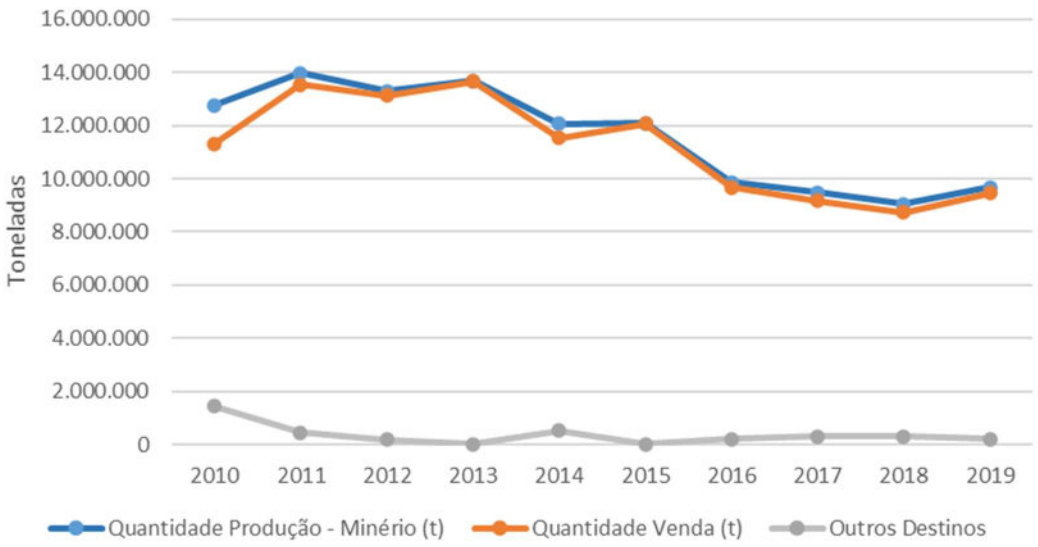


Figura 9.52 – Oscilações da extração de areia e destino segundo informações do Anuário Mineral.

O volume financeiro gerado pela indústria da extração de areia no Rio Grande do Sul vem diminuindo desde 2014, certamente afetado pela baixa na procura pelo produto, o que gerou uma menor diminuição da quantidade de material comercializado, com uma inflexão da linha de queda em 2019 (Figura 9.53).

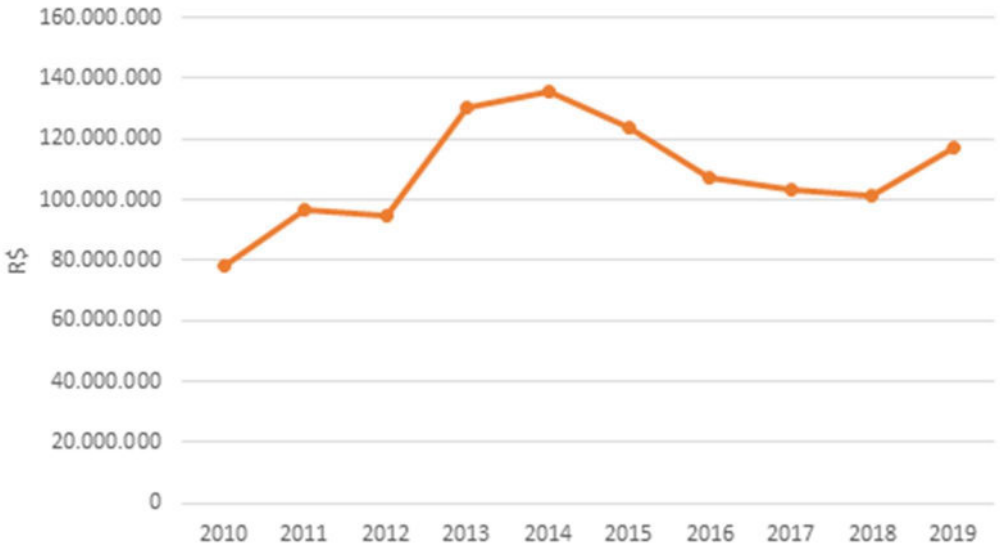


Figura 9.53 – Volume financeiro gerado pela extração de areia no Rio Grande do Sul.

O valor médio cobrado pela tonelada de areia apresentado na Tabela 9.7 foi obtido a partir das informações disponibilizadas pelo Anuário Mineral de 2020 (Quantidade Venda (t)/ Valor Venda (R$)). A oscilação deste valor resultou positiva desde o ano de 2010, com um pico de aumento no preço da areia em 2013, seguido de uma baixa em 2015. Cabe salientar, que a partir de 2015, quando se intensificou a diminuição do volume de venda de areia, o preço por tonelada de areia manteve uma tendência de alta, chegando a seu máximo em 2019, quando a tonelada de areia comercializada por R$12,39 (Figura 9.54).

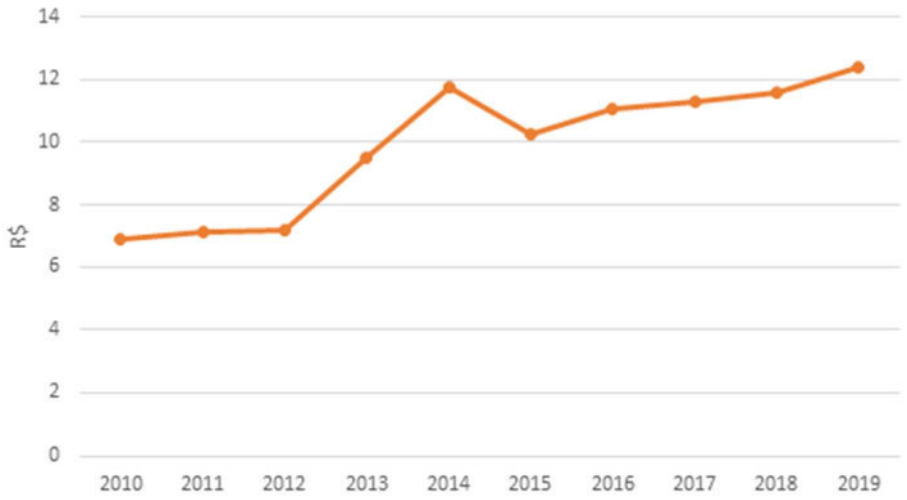


Figura 9.54 – Valor médio da tonelada de areia extraída, conforme análise dos dados disponibilizados pela ANM, 2020.

A caracterização do mercado local da extração de areia na área de estudo, ocorreu a partir das informações disponibilizadas junto ao site da ANM e com base nos dados fornecidos pela Agência Nacional de Mineração, que através do DESPACHO SEI nº 881/SEFAM-RS/2020 no âmbito do processo administrativo nº 00786.001174/2019-18 informou os volumes e quantidades de areia extraída por trecho da área de estudo (Quadro 9.22).

As informações fornecidas pela ANM foram analisadas no período entre os anos 2010 e 2019, pois é nesta janela de tempo que foram publicadas as informações da versão de 2020 do Anuário Mineral (ANM, 2020), o que possibilitou comparar os dados das duas fontes. As informações obtidas junto à ANM, primeiramente indicam uma distinção clara na quantidade de extração no leito do rio em comparação com a faixa transversal ao leito, pois esta última área representa somente 0,4 % do montante total extraído na área de estudo (Figura 9.55).

Outro aspecto ressaltado na Figura 9.55 é que os subtrechos mais próximos da Região Metropolitana de Porto Alegre, contribuem com valores mais expressivos de extração de areia em relação ao Subtrecho C, porção de montante da área de estudo.

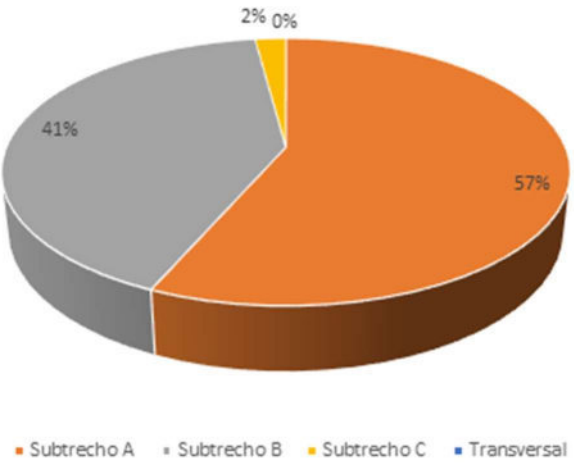


Figura 9.55 – Distribuição da quantidade de extração de areia nos subtrechos em estudo (2010-2019).

Quadro 9.22 – Produção de areia no leito do Rio Jacuí ao longo do trecho em estudo.

PRODUÇÃO DE AREIA NO LEITO DO RIO JACUÍ POR TRECHO				
Trecho	Barrado do Vacacaí	Anel de Dom Marco	Eclusa de Amarópolis	TRANSVERSAL
	Anel de Dom Marco	Eclusa de Amarópolis	Foz do Rio Jacuí	Eclusa de Amarópolis
2002 m³	0	991.136	1.979.167	8.475
2003 m³	36.197	862.943	1.755.422	15.270
2004 m³	41.603	1.264.615	1.849.275	16.320
2005 m³	41.180	1.327.298	2.411.423	43.474
2006 m³	54.419	1.201.911	2.575.407	48.362
2007 m³	44.298	1.048.582	2.523.798	12.768
2008 t	118.117	2.134.499	4.557.445	0
2009 t	97.905	2.454.903	3.275.438	0
2010 t	128.702	2.558.256	3.495.101	0
2011 t	165.028	2.316.252	4.493.705	0
2012 t	178.870	1.784.425	4.107.334	66.807
2013 t	240.007	825.721	3.230.769	81.229
2014 t	166.936	1.047.592	4.449.265	0
2015 t	174.489	955.295	3.723.081	0
2016 t	91.936	921.007	3.067.841	0
2017 t	66.598	993.249	2.308.927	0
2018 t	119.930	1.110.271	2.367.944	1.037
2019 t	141.866	1.885.946	1.764.488	85.085

Produção dos anos 2002 a 2007 disponível em metros cúbicos (m³)
Produção dos anos 2008 a 2019 disponível em toneladas (t³)

Fonte: Informações disponibilizadas pela ANM (Despacho n. 03430/2020/PFE-ANM/PGF/AGU).

A distribuição da quantidade de areia extraída desde 2019 por Subtrecho mostra que o Subtrecho A teve a maior diminuição no montante extraído no período de análise, inclusive continuou a diminuir mesmo em 2019, ano que a produção de areia no Estado teve uma recuperação. Já o Subtrecho B ocorreu um declínio rápido entre 2012 e 2013, sucedido por uma manutenção e agora em 2019 um aumento de produção importante (Figura 9.56), ultrapassando inclusive pela primeira vez o Subtrecho A em produção anual.

O Subtrecho C manteve a produção constante ao longo do período analisado, embora com montantes bem menores em relação aos outros Subtrechos. A extração na área Transversal no início dos anos 2000 foi mais representativa, mas no presente esta extração ocorre de forma sazonal, embora em 2019 tenha ocorrido a extração de uma quantidade expressiva de areia.

Com base nas informações advindas da análise do valor médio aferido por cada tonelada de areia extraída no Rio Grande do Sul, pode-se inferir que o volume financeiro gerado pela extração de areia nos Subtrechos em estudo (Tabela 9.8).

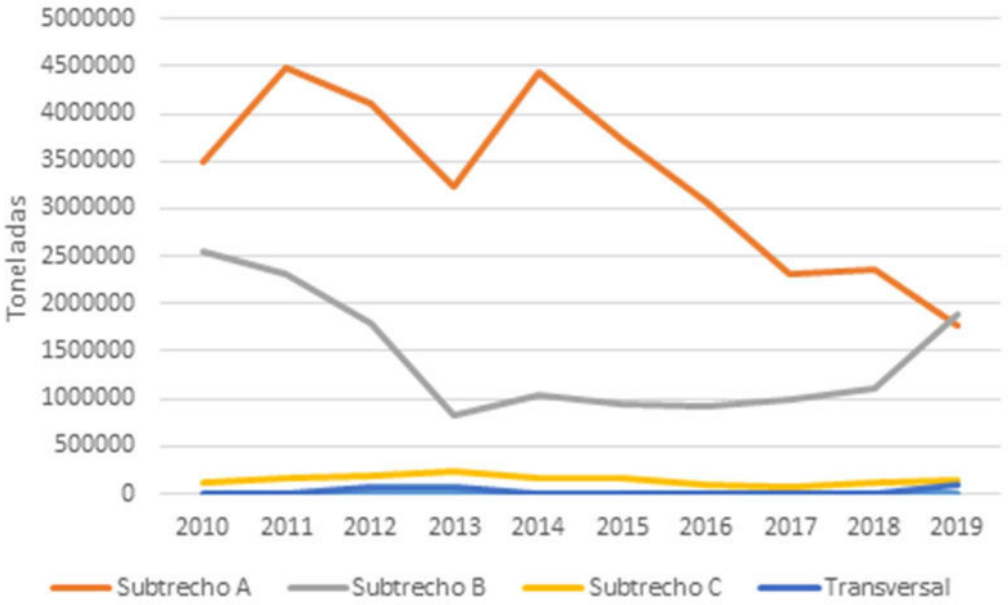


Figura 9.56 – Quantidade de areia extraída entre 2009 e 2019 na área de estudo.

Como foi utilizado um valor médio por tonelada extraída de areia, a Figura 9.57 apresenta as mesmas tendências de segmentação da produção apresentada na Figura 9.56, mas cabe salientar os volumes financeiros gerados pela extração no Subtrecho A, que no ano de 2014 teve seu melhor ano, vindo após decrescendo até ser ultrapassado pelo Subtrecho B no ano de 2019.

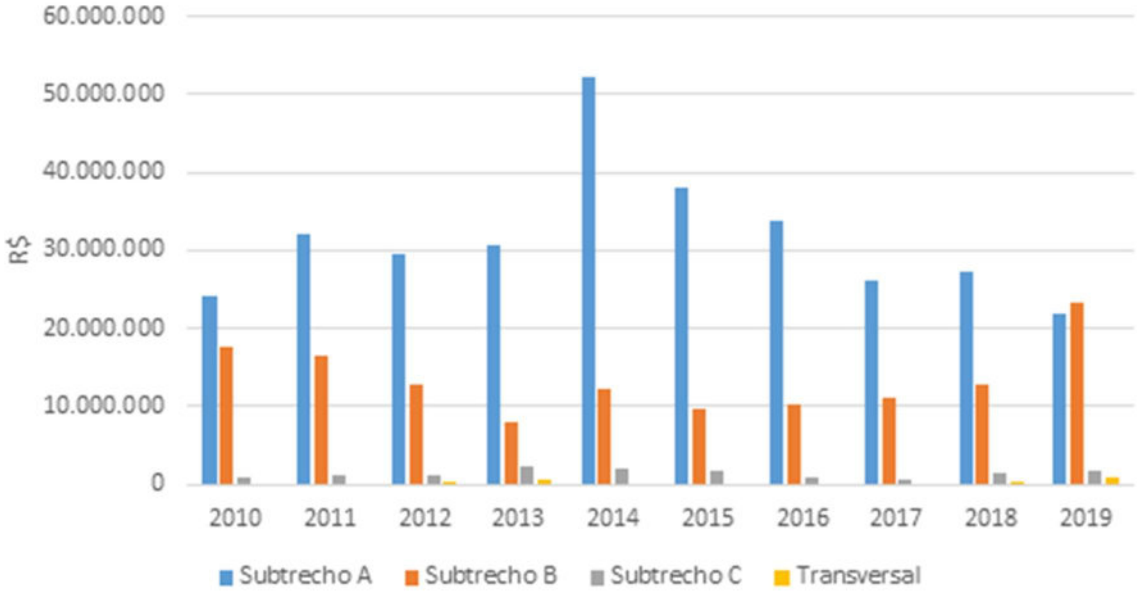


Figura 9.57 – Volume financeiro gerado pela extração de areia pôr Subtrecho.

Tabela 9.8 – Volume financeiro gerado pela extração de areia nos Subtrechos em estudo.

Ano	Subtrecho A			Subtrecho B			Subtrecho C			Transversal		
	Volume Extraído (t)	Valor Médio Tonelada	Total Venda	Volume Extraído (t)	Valor Médio Tonelada	Total Venda	Volume Extraído (t)	Valor Médio Tonelada	Total Venda	Volume Extraído (t)	Valor Médio Tonelada	Total Venda
2010	3.495.101	6,91	24.151.148	2.558.256	6,91	17.677.549	128.702	6,91	889.331	0	6,91	0,00
2011	4.495.705	7,15	32.144.291	2.316.252	7,15	16.561.202	165.028	7,15	1.179.950	0	7,15	0,00
2012	4.107.769	7,20	29.575.937	1.784.425	7,20	12.847.860	178.870	7,20	1.287.864	66.807	7,20	481.010,40
2013	3.230.769	9,53	30.789.229	825.721	9,53	7.869.121	240.007	9,53	2.287.267	81.229	9,53	774.112,37
2014	4.449.265	11,73	52.189.878	1.047.592	11,73	12.288.254	166.936	11,73	1.958.159	0	11,73	0,00
2015	3.723.081	10,25	38.161.580	955.295	10,25	9.791.774	174.489	10,25	1.788.512	0	10,25	0,00
2016	3.067.841	11,06	33.930.321	921.007	11,06	10.186.337	91.936	11,06	1.016.812	0	11,06	0,00
2017	2.308.927	11,27	26.021.607	993.249	11,27	11.193.916	66.598	11,27	750.559	0	11,27	0,00
2018	2.367.944	11,57	27.397.112	1.110.271	11,57	12.845.835	119.930	11,57	1.387.590	1.037	11,57	11.998,09
2019	1.764.488	12,39	21.862.006	1.885.946	12,39	23.366.871	141.866	12,39	1.757.720	85.085	12,39	1.054.203,15
Total	**33.010.890**		**316.223.110**	**14.398.014**		**134.628.720**	**1.474.362**		**14.303.765**	**234.158**		**2.321.324,00**

A análise da informação local e do Estado permite inferir que a extração de areia no leito do Rio Jacuí não foi tão afetada pela diminuição de demanda, o que ocorreu é uma mudança de Subtrecho, passando o Subtrecho B ser mais representativo que o Subtrecho A.

Neste cenário, a análise das informações disponibilizadas pela ANM constantes no Sistema de Informações Geográficas da Mineração – SIGMINE permite inferir que os empreendedores adotam diferentes modalidades legais ou regimes de aproveitamento dos recursos minerais (regimes de autorizações e concessões, de licenciamento e de extração) para viabilizar a extração de areia na área de estudo.

Com base nas informações da ANM, foi verificado que existiam cerca de 1.131 processos em andamento no órgão, em outubro de 2014, totalizando uma área requerida de 579.595 ha. A menor área requerida varia em torno de 1 ha, já a maior compreende uma área de 2.346 ha. Quanto às fases dos processos na ANM, identifica-se que a grande maioria dos processos existentes se encontrava na fase de autorização de pesquisa, tanto em número de processos, quanto em área requerida, representando 478 processos nesta fase (42 % do total), abrangendo uma área requerida de 308.892 ha.

A análise das informações com referência aos empreendedores e licenciamento ambiental junto a FEPAM permite aferir que existiam 54 processos ambientais ativos, sendo destes, 34 processos em vigor, com licenças emitidas entre os anos de 2015 e 2018 e 20 prorrogados com licenças emitidas entre os anos de 2007 e 2014.

9.3.3.2 Operação das dragas

As informações disponibilizadas pela ANM indicam que o montante maior de extração de areia na área de estudo ocorre ao longo do Rio Jacuí, em detrimento da área transversal ao leito. Para executar esta atividade os empreendedores utilizam dragas flutuantes instaladas em embarcações com capacidade de carga média em torno de 600/800 m³.

As dragas, equipamentos de extração mineral, que realizam suas atividades em cursos hídricos, só podem extrair em determinadas áreas, conforme sua Licença de Operação. Para garantir que não ocorram extrações minerais além dos limites definidos pelo órgão ambiental, foi criado um sistema de cercamento eletrônico e rastreamento de dragas. Assim, extrações irregulares, que ocorram fora de áreas licenciadas e por equipamentos de dragagens licenciados, podem ser identificadas em tempo real, através de um sistema de rastreamento das embarcações e identificação das poligonais autorizadas para a dragagem. Quando identificada uma extração fora da área autorizada é realizado um registro no sistema e o equipamento pode ser desligado remotamente. Após o registro o órgão toma as medidas cabíveis.

O sistema de cercamento eletrônico e rastreamento de dragas entrou em operação em meados de 2008. O sistema é operado conjuntamente pela FEPAM e por empresas de rastreamento e monitoramento que estejam homologadas e autorizadas pelo órgão ambiental para prestação do serviço. As informações coletadas por este sistema se referem a posição das dragas em diferentes status envolvidos na operação. Estas informações estão disponíveis

na Plataforma de Rastreamento de forma online e/ou podem ser obtidas através de acesso ao sistema.

Foram analisados os relatórios do sistema de rastreamento, acessados através da FEPAM, obtendo-se os registros de posicionamento, trajeto de navegação e status operacional das dragas (em operação de carga, descarga ou motor de sucção desligado). Os registros disponibilizados correspondem ao período entre 2017 e 2020. Os registros utilizados para análise compreendem os posicionamentos das dragas em operação (bomba de sucção acionada), em coordenadas, registradas no período de operação da bomba. Os registros obtidos se referem a atualização do posicionamento de cada draga de extração em intervalos máximos de 5 minutos.

Tabela 9.9 – Formato dos dados referentes ao posicionamento das dragas em operação.

Nome Equipamento	Data e Hora do Registro	Coordenadas (º)			
Normandie	02/01/2019 07:08	-29.949022	-51.710903	-29.949.022	-51.710903
Normandie	02/01/2019 07:13	-29.949314	-51.711369	-29.949.314	-51.711369
Normandie	02/01/2019 07:23	-29.949444	-51.711464	-29.949.444	-51.711464
Normandie	02/01/2019 07:28	-29.949456	-51.711728	-29.949.456	-51.711728
Normandie	02/01/2019 07:33	-29.949483	-51.712078	-29.949.483	-51.712078

Fonte: Gente e Terra Rastreamento e Telemetria. Centro de Rastreamento de Dragas – CRD (2020).

Os registros obtidos referente à localização das dragas no período compreendendo o ano de 2017 a 2020 geraram uma nuvem de pontos (Figura 9.58), que foram analisadas conjuntamente e por ano. Para tais análises utilizou-se rotinas SIG para gerar um mapa de calor, utilizando o estimador de densidade Kernel, que compreende um método estatístico de estimação de curvas de densidades.

Neste método cada uma das observações é ponderada pela distância em relação a um valor central, o núcleo. O mapa gerado permite determinar a intensidade pontual de determinado fenômeno em toda a região de estudo, neste caso os pontos gerados através da obtenção dos registros de motor de sucção (bomba) ligado das dragas que utilizam a área de estudo para extração de areia (Mapa 9.20).

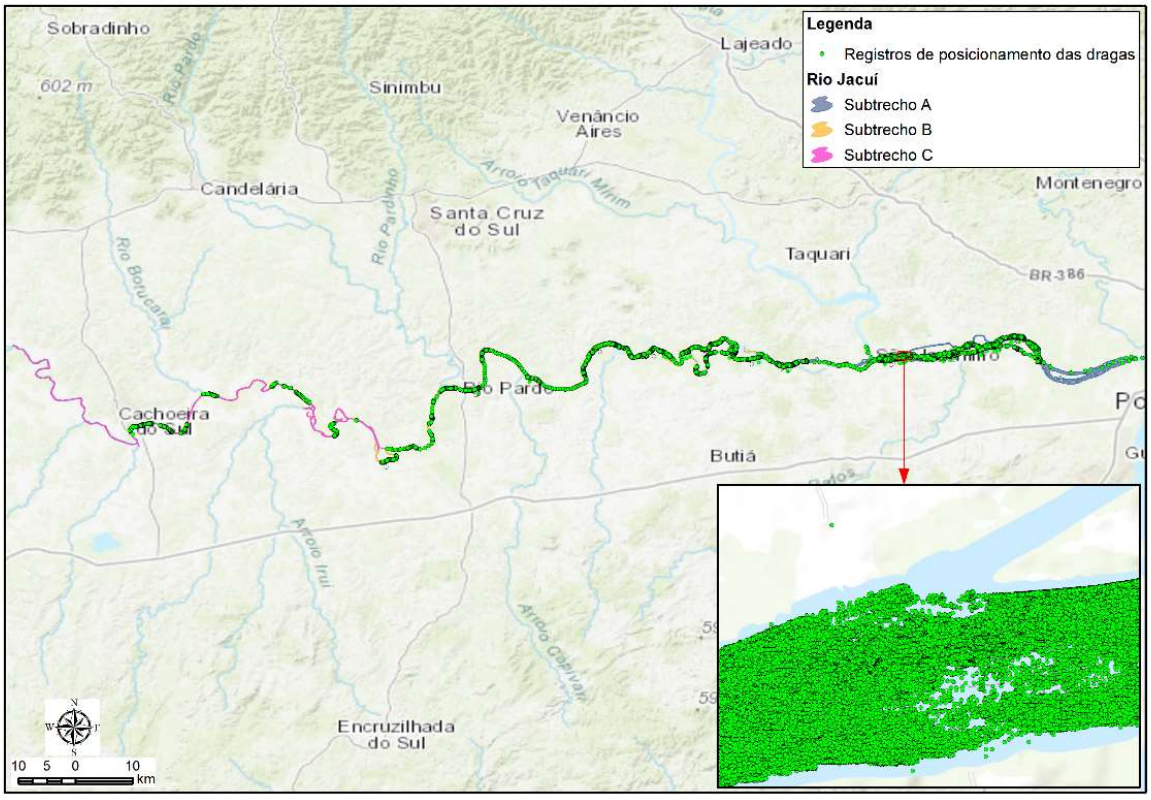
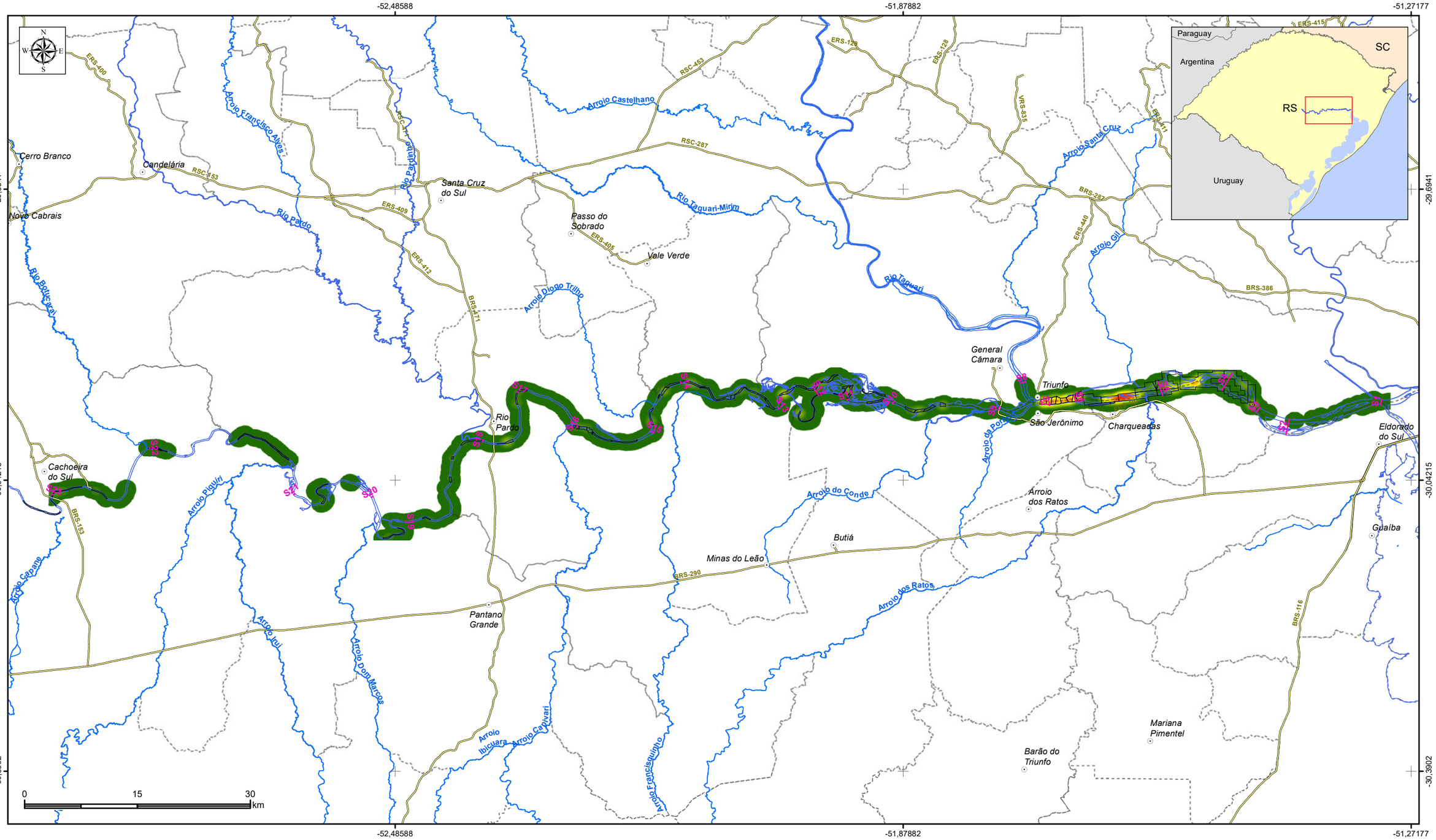


Figura 9.58 – Nuvem de pontos gerados através dos registros de posicionamento das dragas.
Fonte: Adaptado de Gente e Terra Rastreamento e Telemetria. Centro de Rastreamento de Dragas – CRD (2020).



LEGENDA

- Sede municipal
- Seção
- Rodovia
- Rios principais
- Limite municipal
- Processos minerários validadados

Densidade de pontos de extração de areia (ponto/km²)

- 0
- 0,01 - 5.000
- 5.000,01 - 10.000
- 10.000,01 - 15.000
- 15.000,01 - 20.000
- 20.000,01 - 25.000
- 25.000,01 - 30.000
- 30.000,01 - 35.000
- 35.000,01 - 45.000
- 45.000,01 - 50.000
- 50.000,01 - 55.000
- 55.000,01 - 60.000
- 60.000,01 - 65.000
- 65.000,01 - 70.000
- 70.000,01 - 75.000
- 75.000,01 - 80.000
- 80.000,01 - 85.000
- 85.000,01 - 95.000
- 95.000,01 - 105.000
- 105.000,01 - 110.960

Elaboração

PROFILL

RELATÓRIO FINAL

ZONEAMENTO AMBIENTAL PARA A ATIVIDADE DE MINERAÇÃO DE AREIA NOS CURSOS MÉDIO E BAIXO DO RIO JACUÍ

Contratação e fiscalização

Fepam

Sistema de Coordenadas Geodésicas
Sistema Geodésico de Referência
SIRGAS2000
Escala: 1:500.000

Mapa 9.20 - Concentração dos pontos de extração de areia registrados entre 2017 e 2020 no Baixo Jacuí

Fonte de dados:
- Sede municipal: SEMARS (2018)
- Limite municipal: SEMARS (2018)
- Limite estadual: IBGE (2019)
- Subtrechos: Adaptado de DRH/SEMA (2015)
- Seções: Profill, 2019
- Densidade de pontos: Gerado a partir dos pontos de rastreamento das dragas

Através de rotinas SIG foi possível determinar a intensidade dos registros por unidade de área, o que permitiu correlacionar com as poligonais dos processos minerários existentes na área de estudo, gerando as intensidades de registro apresentadas na Tabela 9.10.

Tabela 9.10 – Intensidade de registros por km².

Processo	Mínima concentração de pontos por km²	Máxima concentração de pontos por km²	Média de pontos por km²
810595/2009	0,00	0,00	0,00
810035/2000	4,20	4,76	4,49
810170/2016	3,69	13,09	7,85
810294/2016	6,27	16,92	13,43
810295/2016	11,92	15,62	14,52
810043/2000	5,17	467,33	106,61
810034/2000	4,22	2.565,17	224,13
810391/1993	0,00	1.171,83	269,35
810085/2002	310,32	880,83	650,09
810133/1987	0,00	3.244,67	918,03
810386/1993	80,82	3.550,37	1.356,09
810371/1994	0,98	7.536,61	2.772,48
810382/1993	463,55	5.939,40	2.831,82
810039/2000	1.377,01	6.316,95	3.267,53
810656/2003	1.334,79	6.402,31	3.444,22
810370/1994	109,35	9.581,72	3.969,53
810525/1999	1.177,93	15.163,26	4.095,33
810040/2000	2.835,00	5.065,12	4.150,60
810727/1994	1.882,45	13.227,80	4.642,33
810024/2006	2.079,42	6.361,55	4.724,88
811076/2009	565,56	8.623,70	4.821,88
910602/1985	4,58	26.963,17	4.937,40
810037/2000	1.060,26	11.072,72	5.182,10
810585/2008	2.982,41	6.274,61	5.281,54
910573/1985	64,84	21.838,56	5.535,20
810036/2000	153,12	15.364,54	6.474,08
810042/2000	382,64	13.053,75	6.891,67
810467/2016	6.315,82	7.137,97	6.963,20
810543/1994	1.285,48	12.615,86	7.124,73
910572/1985	4,02	20.912,39	7.192,49
810086/2001	1.531,49	13.369,28	7.394,89
810041/2000	2.808,67	13.146,02	7.874,34
810955/2014	1.245,88	12.162,33	7.996,62
810384/1993	1.741,67	14.031,35	8.129,64
810385/1993	558,32	16.644,72	8.500,39
810390/1993	1.732,49	17.647,89	9.338,88
810389/1993	5.319,37	15.763,64	10.156,14
810993/2014	7.968,90	11.868,19	10.432,17
810526/1999	4.082,01	21.190,03	11.382,43
910595/1985	1,19	43.220,54	11.507,68
810983/2014	8.403,43	12.453,29	11.561,07
910599/1985	4.065,36	17.312,05	11.752,14
910596/1985	0,00	38.637,60	12.108,91

Processo	Mínima concentração de pontos por km²	Máxima concentração de pontos por km²	Média de pontos por km²
810387/1993	1.142,10	20.155,66	12.238,07
810728/1994	1.651,39	19.875,35	12.775,40
910600/1985	1.264,98	34.660,07	12.831,12
910594/1985	8.144,31	17.971,13	14.423,26
910597/1985	191,59	38.480,34	14.558,52
910598/1985	4,15	53.903,35	14.692,11
810038/2000	8.967,71	19.929,34	16.756,32
810047/2000	4.491,41	23.332,95	16.903,33
810526/1995	13.995,92	20.303,39	18.325,10
810657/2003	1.660,48	25.984,70	19.229,53
810527/1999	9.911,31	23.805,68	20.360,11
810045/2000	751,90	34.648,70	20.951,97
910571/1985	0,00	67.835,10	21.704,76
810767/2007	20.924,71	26.109,11	24.098,33
810033/1995	15.613,76	47.208,81	33.230,58
910604/1985	29.435,29	56.175,19	41.704,82
810034/1995	7.482,16	63.227,49	42.703,72
910603/1985	16.194,41	103.497,28	58.274,19
810037/1995	32.371,84	68.211,63	59.432,41
810040/1995	37.169,95	72.363,81	59.802,93
810038/1995	32.280,94	72.088,26	60.428,66
810039/1995	36.132,57	72.368,75	62.410,37
810035/1995	35.282,98	79.979,48	66.104,90
810036/1995	52.825,79	79.961,80	68.480,22
910601/1985	35.285,81	110.959,16	83.142,47

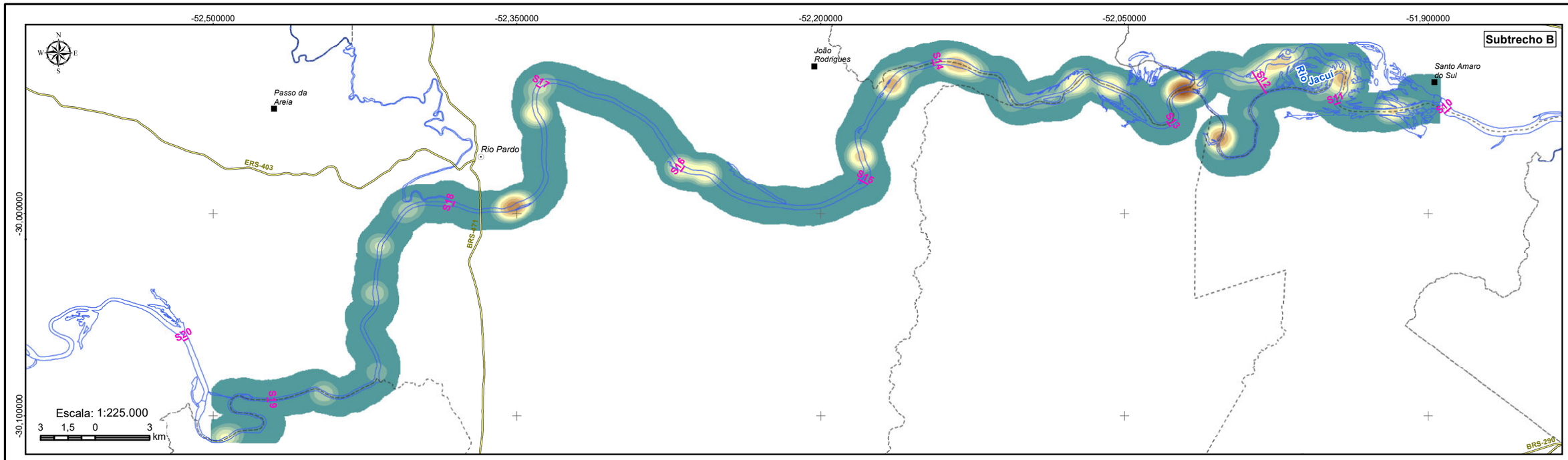
As médias de concentração de registro mostram que as maiores concentrações de extração ocorrem no Subtrecho A, com as 10 maiores concentrações de registros localizados nos processos requeridos principalmente a jusante da confluência do Rio Jacuí e do Taquari (Figura 9.59). Por outro lado, a tendência de concentrações médias menores de registros de extração está principalmente localizada no Subtrecho C.

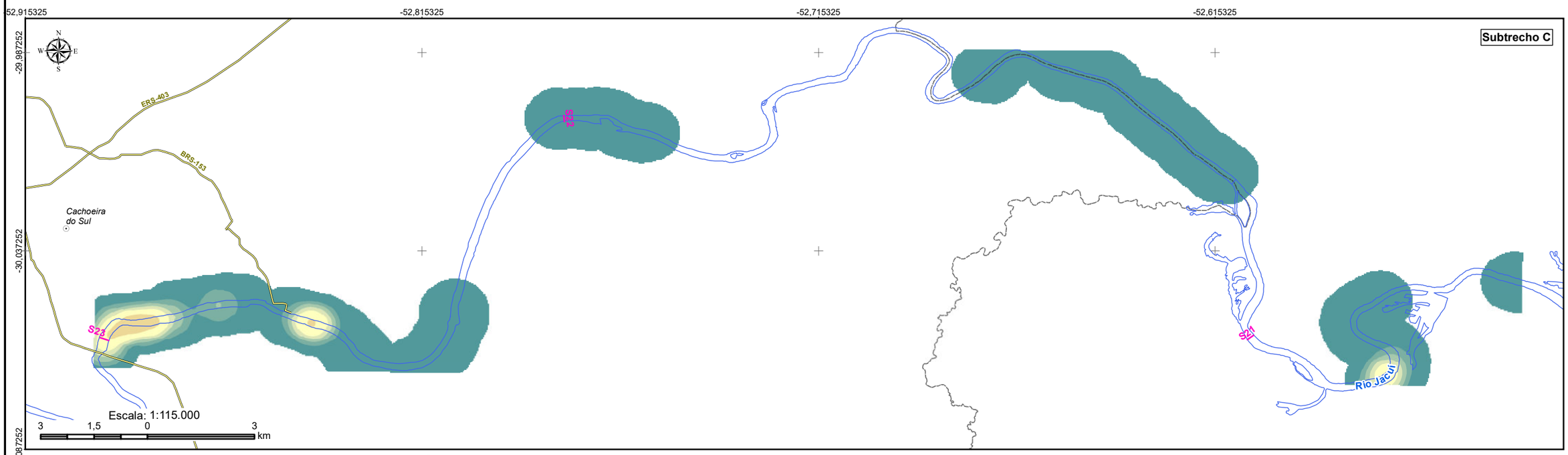
A representação das nuvens de pontos utilizando o estimador de densidade Kernel gerou a Figura 9.58, onde é possível inferir que a extração de areia nos últimos 4 anos ocorreu em praticamente todo o trecho em estudo, mas com descontinuidades de extração localizadas principalmente nos Subtrechos C e A e áreas com maior concentração de registros.

A concentração de registros ocorreu principalmente em trechos específicos do subtrecho A, entre a Foz do Rio Taquari e do arroio dos Ratos e no subtrecho B, a jusante da cidade de Santo Amaro do Sul (Mapa 9.21) e no subtrecho C, nas proximidades da cidade de Rio Pardo. Cabe salientar, que o trecho próximo à cidade de Cachoeira do Sul também conta com uma concentração de registros (Mapa 9.21).



Figura 9.59 – Concentração de registros por km².





LEGENDA

- Sede municipal
- Vila
- Seção
- Rodovia
- Rios principais
- Limite municipal

Densidade de pontos de extração de areia (ponto/km²)

- 0
- 1 - 2.500
- 2.501 - 5.000
- 5.001 - 7.500
- 7.501 - 10.000
- 10.001 - 15.000
- 15.001 - 20.000
- 20.001 - 25.000
- 25.001 - 30.000
- 30.001 - 35.000
- 35.001 - 40.000



Elaboração

PROFILL

RELATÓRIO FINAL

ZONEAMENTO AMBIENTAL PARA A ATIVIDADE DE MINERAÇÃO DE AREIA NOS CURSOS MÉDIO E BAIXO DO RIO JACUÍ

Contratação e fiscalização

Fepam

Sistema de Coordenadas Geodésicas
Sistema Geodésico de Referência
SIRGAS2000
Escala: Indicada

Mapa 9.21 - Concentração dos pontos de extração de areia registrados entre 2017 e 2020 nos Segmentos B e C do Baixo Jacuí

Fonte de dados:
- Sede municipal: SEMARS (2018)
- Limite municipal: SEMARS (2018)
- Limite estadual: IBGE (2019)
- Hidrografia: SEMARS (2018)
- Subtrechos: Adaptado de DRH/SEMA (2015)
- Densidade de pontos: Gerado a partir dos pontos de rastreamento das dragas

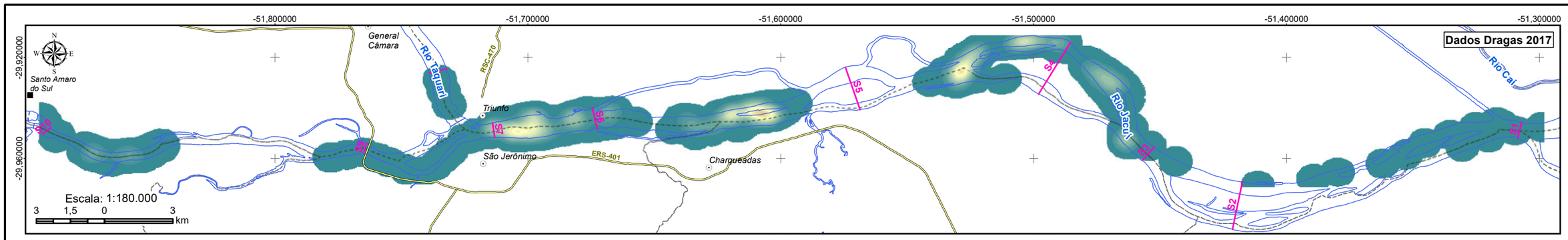
As concentrações representadas por ano de registro, permitem identificar que nos últimos 4 anos as áreas de extração no Subtrecho A vem sendo menos utilizadas para a extração, com alguns trechos aparecendo sem registros anuais. Esta possível migração da mineração pode indicar, que os mineradores após minerar as áreas próximo aos limites de extração determinados, colocam em “descanso” estas áreas para que a pilha sedimentar se forme novamente no leito (Mapa 9.22).

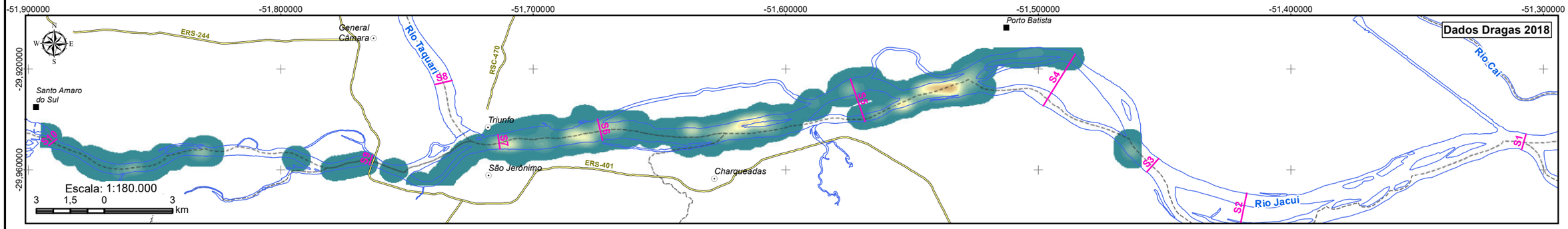
No ano de 2017, os registros ao longo do Subtrecho A evidenciavam uma atividade mais difundida ao longo de todo o trecho, com reduzidos intervalos sem extração. As maiores concentrações de registros ocorreram entre a foz do Taquari e arroio dos Ratos e mais dois trechos menores a montante da localidade Passo Raso.

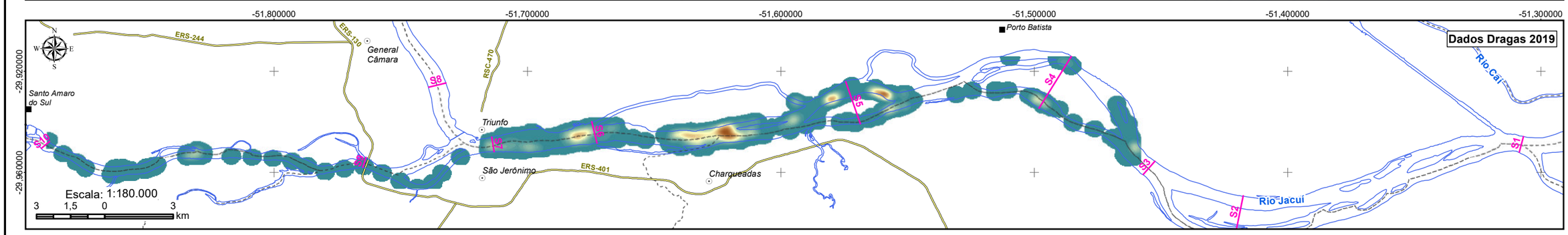
Em 2018 os trechos sem registros aumentaram principalmente na porção de jusante do Subtrecho A, com concentração da extração no trecho entre a foz do Taquari e arroio dos Ratos. Os registros também mostram alterações nas áreas de extração utilizadas para extração, pois algumas áreas sem registro em 2017, passaram a ter registro em 2018.

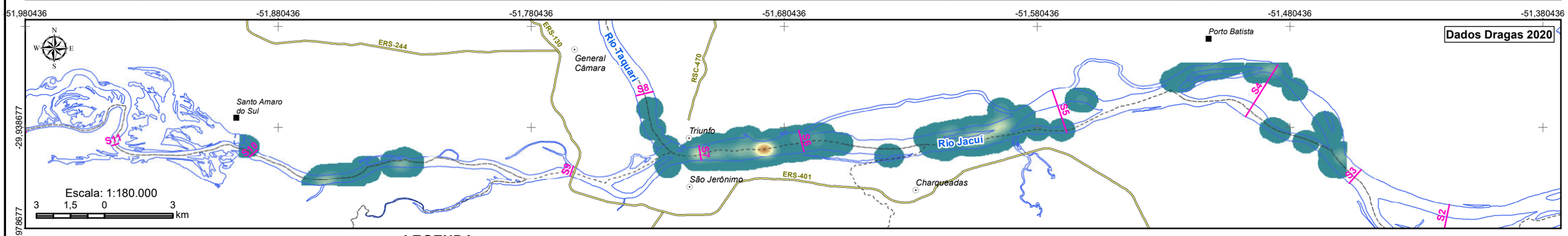
Em 2018 os trechos sem registros aumentaram principalmente na porção de jusante do Subtrecho A, com concentração da extração no trecho entre a foz do Taquari e arroio dos Ratos. Os registros também mostram alterações nas áreas de extração utilizadas para extração, pois algumas áreas sem registro em 2017, passaram a ter registro em 2018. Já em 2019 e 2020 é possível acompanhar a diminuição de pontos com registro de extração, havendo as áreas produtivas que não tiveram atividade de extração durante o referido ano de registro, indicando uma diminuição na atividade extrativista na área de estudo.

A verificação da redução do volume de extração no Subtrecho A é corroborada pela análise das informações enviadas pela ANM. Através da análise dos volumes de extração de areia do subtrecho A e do subtrecho B foi possível verificar que no ano de 2019, o volume de extração do subtrecho A foi inferior, pela primeira vez, ao volume do Subtrecho B (Figura 9.56)









LEGENDA

- Sede municipal
- Vila
- Seção
- Rodovia
- Rios principais
- Limite municipal

Densidade de pontos de extração de areia (ponto/km²)

- 0
- 1 - 5.000
- 5.001 - 10.000
- 10.001 - 15.000
- 15.001 - 20.000
- 20.001 - 25.000
- 25.001 - 30.000
- 30.001 - 35.000
- 35.001 - 40.000
- 40.001 - 45.000
- 45.001 - 50.000
- 50.001 - 55.000
- 55.001 - 60.000
- 60.001 - 65.000
- 65.001 - 70.000
- 70.001 - 75.000
- 75.001 - 80.000
- 80.001 - 85.000
- 85.001 - 90.000
- 90.001 - 95.000
- 95.001 - 100.000
- 100.001 - 105.000
- 105.001 - 110.000
- 110.001 - 115.000
- 115.001 - 120.000
- 120.001 - 125.000
- 125.001 - 130.000



Elaboração

PROFILL

RELATÓRIO FINAL

ZONEAMENTO AMBIENTAL PARA A ATIVIDADE DE MINERAÇÃO DE AREIA NOS CURSOS MÉDIO E BAIXO DO RIO JACUÍ

Contratação e fiscalização

Fepam

Sistema de Coordenadas Geodésicas
Sistema Geodésico de Referência SIRGAS2000
Escala: Indicada

Mapa 9.22 - Concentração dos pontos de extração de areia registrados, por ano, entre 2017 e 2020 no Segmento A do Baixo Jacuí

Fonte de dados:
- Sede municipal: SEMARS (2018)
- Limite municipal: SEMARS (2018)
- Limite estadual: IBGE (2019)
- Hidrografia: SEMARS (2018)
- Subtrechos: Adaptado de DRH/SEMA (2015)
- Densidade de pontos: Gerado a partir dos pontos de rastreamento das dragas

9.3.4 Inventário de estruturas, balneários, obras civis e ocupação das margens

O inventário apresentou um panorama dos diferentes municípios que compõem a área em estudo, a partir da localização de estruturas/localidades existentes ao longo das áreas próximas ao Rio Jacuí. A localização dos pontos considera o processo histórico de ocupação e formação territorial dos municípios. Os mapas apresentados dentro do capítulo referente ao Meio Socioeconômico refletem o levantamento realizado (Mapa 6.1, Mapa 6.2 e Mapa 9.19).

Os pontos de Interesse foram identificados a partir dos dados secundários e atividades de campo que contemplaram áreas urbanas, pequenas comunidades, balneários, áreas de recreação e lazer. As comunidades com pescadores estão contempladas nos pontos de interesse, a partir da sua identificação nas atividades de campo.

Observa-se que o uso das margens do Rio Jacuí engloba um mosaico de diferentes atividades, por vezes associadas a cadeias econômicas com maior amplitude (silos para armazenagem de grãos; portos para escoamento de produtos; empresas de depósito e comércio de areias, etc.) até usos mais restritos a população local ou de municípios próximos (pequenos comércios, bares, balneários, etc.).

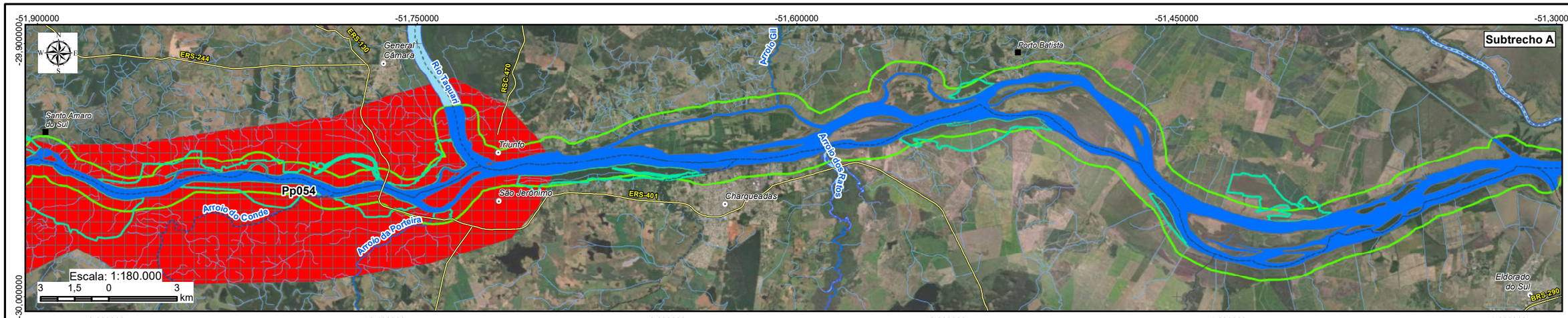
Em relação aos pequenos estabelecimentos existentes nas comunidades próximas ao Rio Jacuí, de maneira geral os locais apresentam mais de 10 anos de atividade e faturamento mensal bruto inferior a 5 mil reais. Em sua maioria, as construções são de uso misto, ou seja, a atividade econômica se dá no mesmo local da residência. A força de trabalho é composta em sua maioria pelo proprietário(a) em conjunto com algum membro da família (cônjuge e/ou filhos).

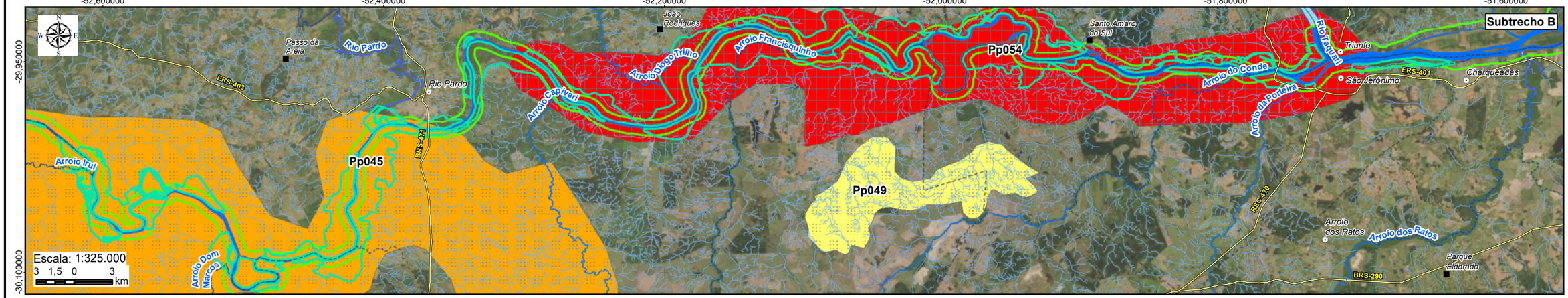
Os proprietários entrevistados no âmbito do diagnóstico ambiental entendem a importância do Rio Jacuí para a região. No caso de proprietários de bares e restaurantes próximos a balneários, os destaques, na relação com o rio, estão associados à beleza cênica que contribui como fator de atração para o público consumidor. Para aqueles donos de peixarias, por exemplo, o olhar é voltado, principalmente, à sobrevivência, já que destacam viver do que pescam no rio e vendem. Embora cada proprietário tenha suas considerações a respeito da importância do Rio Jacuí, relacionada muitas vezes ao seu objeto de trabalho, fica evidenciada a relevância do rio no contexto econômico local e regional.

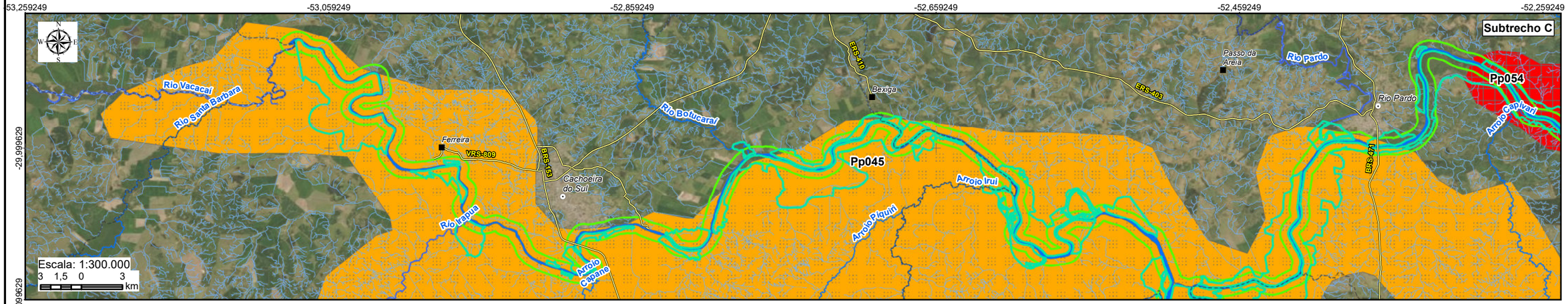
9.3.5 Áreas prioritárias para compensação ambiental

Em relação à compensação ambiental, a indicação de Áreas Prioritárias para a Conservação (MMA) contribui ao delimitar aquelas áreas com maior importância e prioridade de conservação. Neste contexto, como observado no diagnóstico, a área deste estudo engloba três áreas mapeadas: PpZc100 - PE Delta do Jacuí (municípios de Charqueadas, Eldorado do Sul e Triunfo); Pp045 Campos de Pantano Grande (municípios de Pantano Grande, Rio Pardo e Cachoeira do Sul) e; Pp054 - Entorno Baixo Jacuí - Região Carbonífera (Vale Verde, General Câmara, Triunfo, Minas do Leão, Butiá e São Jerônimo). O Mapa 9.23 apresenta as Áreas Prioritárias para a Conservação localizadas na área de estudo do presente zoneamento.

A jusante na área de estudo destaca-se a presença do Parque Estadual do Delta do Jacuí pelo seu caráter de preservação dos recursos hídricos, ecossistemas de banhados, restingas e formações florestais. Já na porção intermediária, a área do “Entorno Baixo Jacuí - Região Carbonífera” está classificada com importância e prioridade extremamente alta para conservação, onde a ação principal indicada é a "criação de UC de proteção integral em ilha fluvial com uma UC de uso sustentável no entorno" (MMA, 2007). Na porção mais a montante da área de estudo encontra-se a área denominada "Campos de Pantano Grande", caracterizada por um campo arbustivo-herbáceo, associado a florestas de galeria compostas por espécies arbóreas deciduais (MMA, 2007).







LEGENDA

- Sede municipal
- Vila
- Rios principais
- Hidrografia
- Rodovia
- Limite municipal
- Rio Jacuí
- Ambientes marginais
- Raio de 500 m do canal principal

Áreas Prioritárias para Conservação da Biodiversidade

Prioridade

- Extremamente Alta
- Muito Alta
- Alta

Áreas Prioritárias para Conservação da Biodiversidade

Importância

- Extremamente Alta
- Muito Alta
- Alta



Elaboração

PROFILL

RELATÓRIO FINAL

ZONEAMENTO AMBIENTAL PARA A ATIVIDADE DE MINERAÇÃO DE AREIA NOS CURSOS MÉDIO E BAIXO DO RIO JACUÍ

Contratação e fiscalização

Fepam

Sistema de Coordenadas Geodésicas
Sistema Geodésico de Referência
SIRGAS2000
Escala: Indicada

Mapa 9.23 – Áreas Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade na área de estudo

Fonte de dados:

- Sede municipal: SEMARS (2018)
- Limite municipal: SEMARS (2018)
- Limite estadual: IBGE (2019)
- Rodovia: SEMARS (2018)
- Hidrografia: SEMARS (2018)
- APCBs: MMA

9.3.6 Conclusão

A estrutura econômica da maior parte dos municípios está diretamente atrelada ao setor primário. Observa-se ainda uma forte dependência entre a população dos municípios estudados e o Rio Jacuí, a partir dos seus diferentes usos econômicos, incluindo as captações para abastecimento público, agricultura, pecuária, atividades de pesca e navegação, mineração, além do turismo e do lazer.

Em relação ao Meio Socioeconômico, considerando as principais atividades e usos vinculados ao Rio Jacuí, o Zoneamento Ambiental incorporou áreas impróprias para a mineração e diretrizes ambientais específicas, somando-se as delimitações de classes de sensibilidade.

As áreas impróprias e as diretrizes ambientais, detalhadas nos Capítulos 10.4 e 12, respectivamente, tratam de restrições e da necessidade de avaliações específicas associadas à atividade de mineração junto a comunidades/ocupações humanas, à utilização do rio por pescadores, à travessia de balsas, pontes e outras estruturas, pontos de captação de água para abastecimento humano e entorno de Áreas de Lazer, Balneários e Praias, objetivando analisar a viabilidade do empreendimento em relação aos múltiplos usos das margens e do rio.

9.4 Áreas Legalmente Protegidas

O trecho definido para o zoneamento ambiental da atividade de mineração de areia nos cursos médio e baixo do Rio Jacuí tem parte de suas áreas incluídas na poligonal definida na Lei Nº 11.428/2006 (BRASIL, 2006), que dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica, e dá outras providências. Essa lei, que busca conciliar o desenvolvimento e a proteção ambiental do bioma continental mais ameaçado do Brasil, define parâmetros a serem seguidos para a supressão de formações florestais em estágio médio e avançado das distintas fácies que compõem o bioma.

Embora a atividade minerária não afete diretamente os ambientes florestais sob proteção da Lei, o fato de haver legislação específica para a proteção dos ambientes ribeirinhos deve ser visto como um alerta quanto à eventual influência da atividade sobre ambientes nos quais incide legislação específica, além daquela que já se aplica às Áreas de Preservação Permanente – APP, Lei nº 12.651/2012 (BRASIL, 2012a).

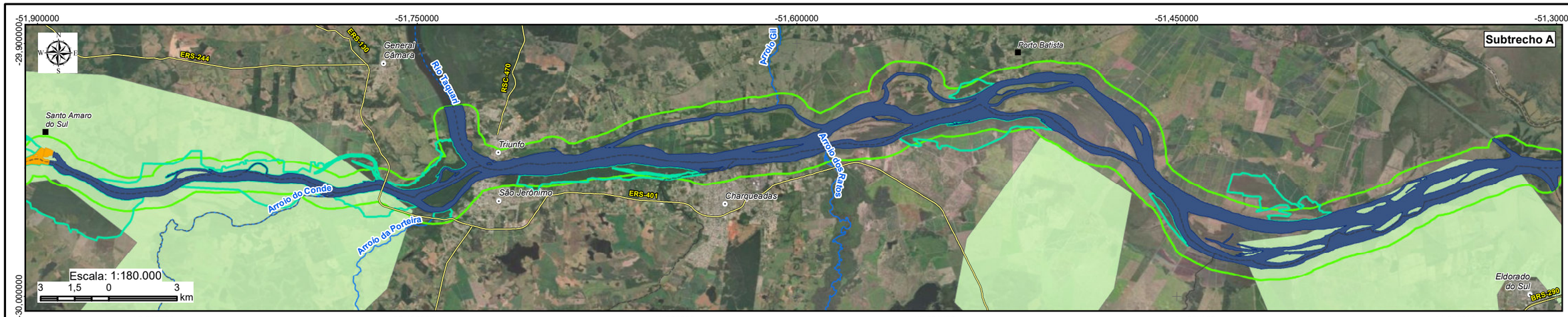
O Mapa 9.24 apresenta a área objeto do zoneamento está incluída na "Reserva da Biosfera da Mata Atlântica", e parte está incluída na poligonal definida na Lei Nº 11.428/2006 (BRASIL, 2006), que dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica, e dá outras providências. O Mapa 9.25 apresenta a situação da área prevista para o zoneamento com relação à Reserva da Biosfera da Mata Atlântica.

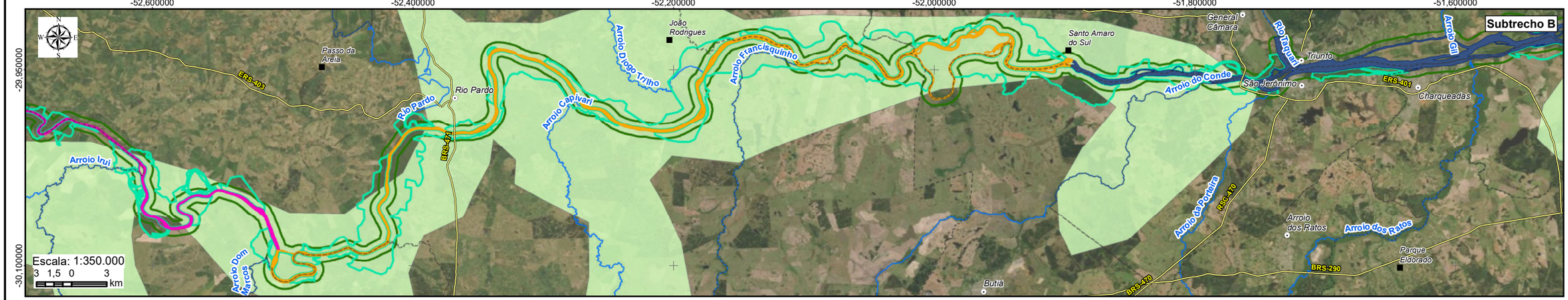
Já em relação a presença de Unidades de Conservação, foram identificadas 6 UCs situadas a um raio de 10 km de distância da área de estudo (Quadro 9.23 e Mapa 9.26).

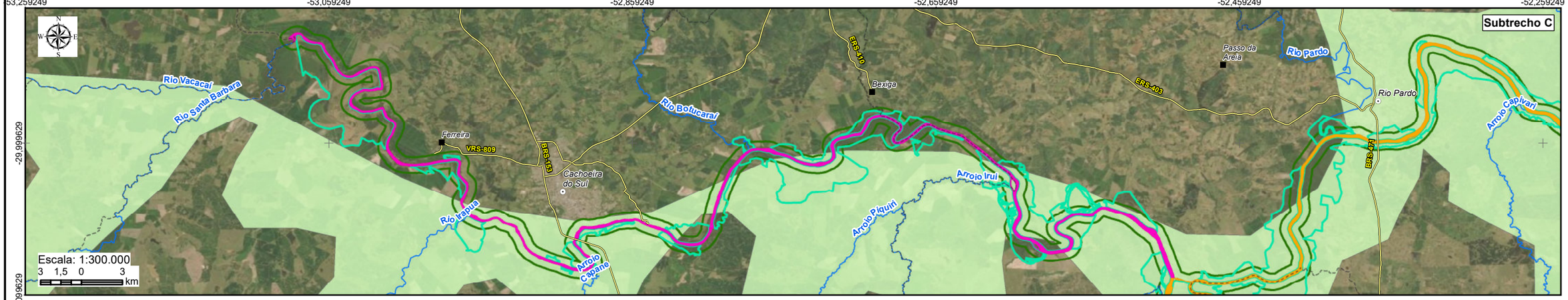
Quadro 9.23 – Unidades de Conservação identificadas.

Nome	Município	Área (ha)	Categoria	Instrumento de Criação	Jurisdição
RPPN Sítio Porto da Capela	Charqueadas	14,0	Uso Sustentável	Portaria nº 164/ 1995	Federal
PE do Delta do Jacuí	Diversos	14.242,05	Proteção Integral	Decreto Estadual nº 24,385/1976 (Revogado pela Lei nº 12.371/2005)	Estadual
APA Delta do Jacuí	Diversos	22.826,39	Uso Sustentável	Lei nº 12.371/2005	Estadual
APA Gerdau	Charqueadas	1,12	Uso Sustentável	-	Municipal
APA Ilha Dona Antônia	Charqueadas	1,12	Uso Sustentável	Lei Municipal nº 602/1994	Municipal
REBIO Ademir Scarpatti	Charqueadas	9,0	Proteção Integral	Lei Municipal nº1410/2002	Municipal
APA Lagoa de Amarópolis	General Câmara	0,85	Uso Sustentável	Lei Municipal nº 1.701/2012	Municipal

Em relação à presença de terras indígenas e/ou quilombolas, as consultas realizadas junto a FUNAI e ao INCRA não identificaram comunidades dentro de um raio de 10 km de distância da calha do Rio Jacuí. Da mesma forma, as consultas junto aos atores institucionais dos municípios englobados pelo estudo não revelaram a existência de terras indígenas e/ou quilombolas na área de estudo do zoneamento.







LEGENDA

- Sede municipal
- Vila
- Rios principais
- Rodovia
- Limite municipal
- Lei da Mata Atlântica

Rio Jacuí

- Subtrecho A
- Subtrecho B
- Subtrecho C
- Ambientes marginais
- Raio de 500 m do canal principal



Elaboração: PROFILL

RELATÓRIO FINAL

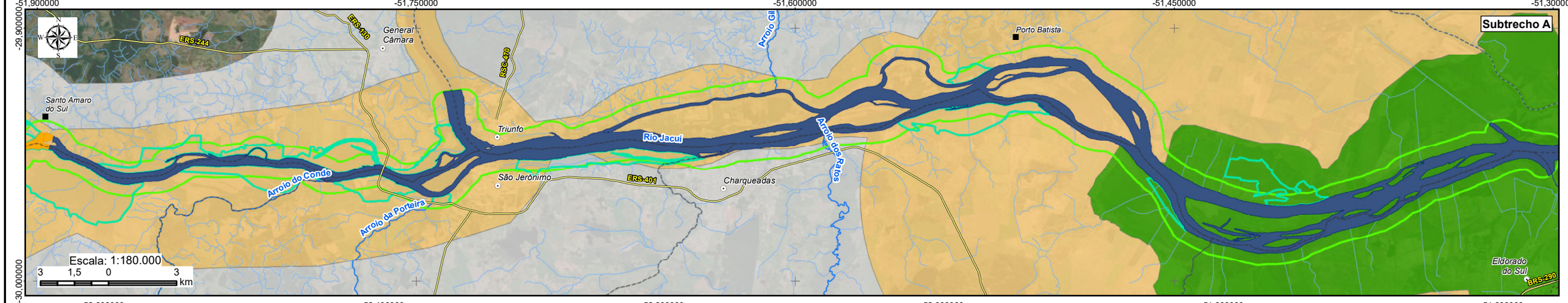
ZONEAMENTO AMBIENTAL PARA A ATIVIDADE DE MINERAÇÃO DE AREIA NOS CURSOS MÉDIO E BAIXO DO RIO JACUÍ

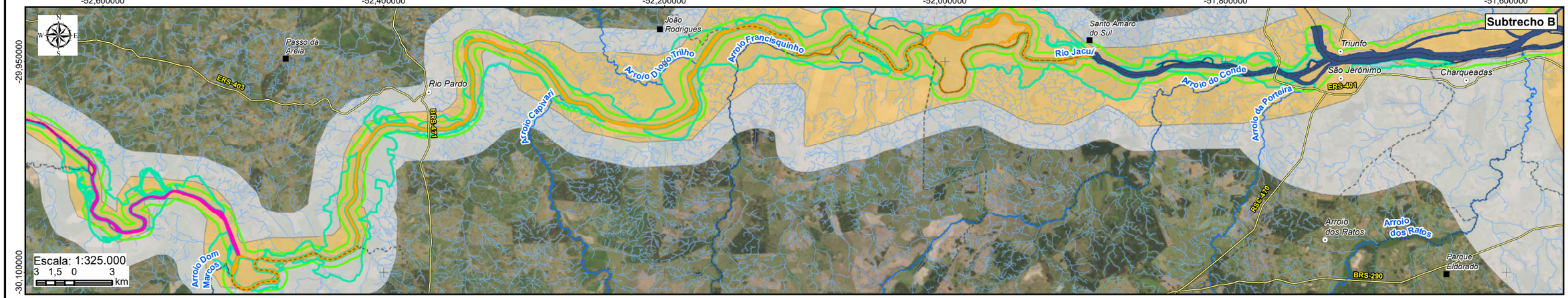
Contratação e fiscalização: Fepam

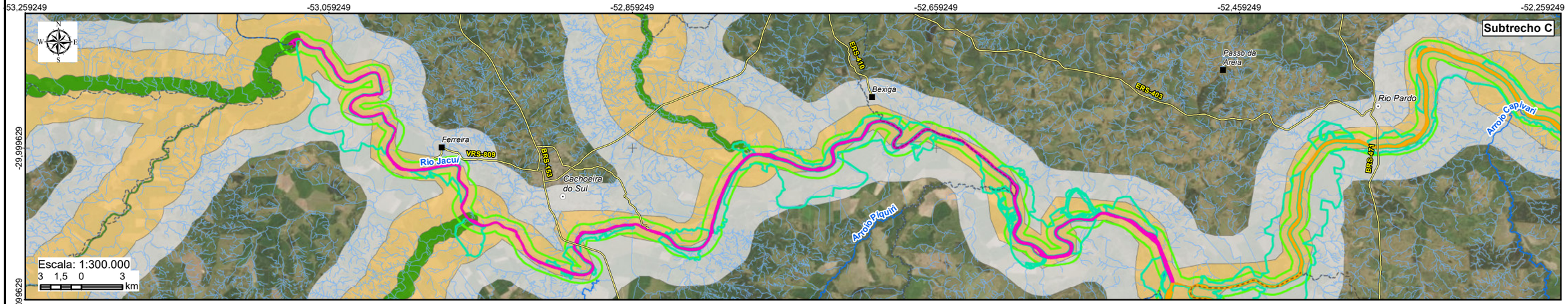
Sistema de Coordenadas Geodésicas
Sistema Geodésico de Referência SIRGAS2000
Escala: Indicada

Mapa 9.24 – Área de estudo do zoneamento em relação à Reserva da Biosfera da Mata Atlântica - Lei Nº 11.428/2006

Fonte de dados:
- Sede municipal: SEMARS (2018)
- Limite municipal: SEMARS (2018)
- Limite estadual: IBGE (2019)
- Rodovia: SEMARS (2018)
- Hidrografia: SEMARS (2018)
- Mata Atlântica: Brasil (2006)







LEGENDA

- Sede municipal
- Vila
- Rios principais
- Hidrografia
- Rodovia
- Limite municipal

Reserva da Biosfera da Mata Atlântica

Zona

- Núcleo
- Amortecimento
- Transição

Rio Jacuí

- Subtrecho A
- Subtrecho B
- Subtrecho C
- Ambientes marginais
- Raio de 500 m do canal principal



Elaboração: PROFILL

RELATÓRIO FINAL

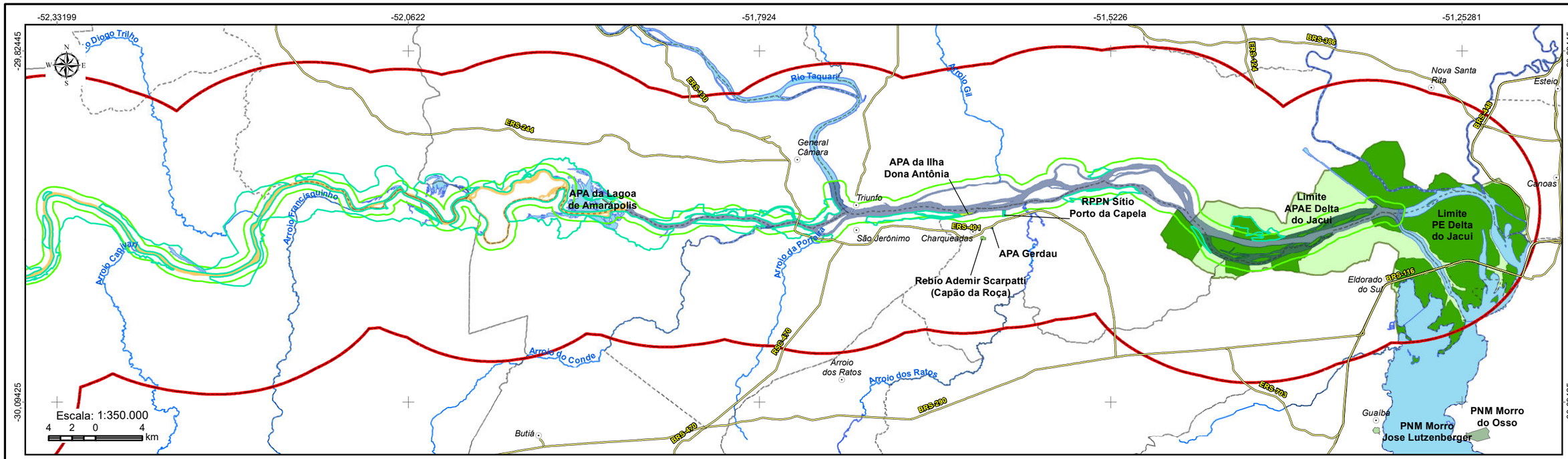
ZONEAMENTO AMBIENTAL PARA A ATIVIDADE DE MINERAÇÃO DE AREIA NOS CURSOS MÉDIO E BAIXO DO RIO JACUÍ

Contratação e fiscalização: Fepam

Sistema de Coordenadas Geodésicas
Sistema Geodésico de Referência
SIRGAS2000
Escala: Indicada

Mapa 9.25 – Reserva da Biosfera da Mata Atlântica na área de estudo

Fonte de dados:
- Sede municipal: SEMARS (2018)
- Limite municipal: SEMARS (2018)
- Limite estadual: IBGE (2019)
- Rodovia: SEMARS (2018)
- Hidrografia: SEMARS (2018)
- RBMA: Brasil (2006)



LEGENDA

- Sede municipal
- Rios principais
- Rodovia
- Massa d'água
- Limite municipal
- Raio 10km da calha do Rio Jacuí na área de estudo
- Ambientes marginais
- Raio de 500 m do canal principal

Rio Jacuí

- Subtrecho A
- Subtrecho B
- Subtrecho C

Unidades de Conservação

- APA Gerdau
- APA da Ilha Dona Antônia
- APA da Lagoa de Amarápolis
- RPPN Sítio Porto da Capela
- Rebio Ademir Scarpatti (Capão da Roça)
- Parque Estadual do Delta do Jacuí
- APAE Delta do Jacui
- PNM Morro Jose Lutzenberger
- PNM Morro do Osso

Elaboração: PROFILL

RELATÓRIO FINAL

ZONEAMENTO AMBIENTAL PARA A ATIVIDADE DE MINERAÇÃO DE AREIA NOS CURSOS MÉDIO E BAIXO DO RIO JACUÍ

Contratação e fiscalização: Fepam

Sistema de Coordenadas Geodésicas
Sistema Geodésico de Referência SIRGAS2000
Escala: 1:350.000

Mapa 9.26 – Unidades de Conservação na área de estudo

Fonte de dados:
- Sede municipal: SEMARS (2018)
- Limite municipal: SEMARS (2018)
- Quilombolas: INCRA (2019)
- Hidrografia: SEMARS (2018)
- Subtrechos: Adaptado de DRH/SEMA (2015)
- UCs: SEMARS, ICMBio, MMA, Prefeituras

10 ANÁLISE INTEGRADA

10.1 Metodologia

10.1.1 Análise de Hotspots

A metodologia sugerida para a definição da divisão territorial que estabelecerá as zonas a partir das quais serão definidas as diretrizes específicas para o licenciamento da atividade de mineração de areia no Médio e Baixo Jacuí compreende uma análise de agrupamento denominada "*Hotspot Analysis*".

Desenvolvida em ambiente de SIG (ArcGis Pro - ESRI®), essa análise corresponde a um teste estatístico em que a hipótese de nulidade afirma que a distribuição de um dado conjunto de dados é aleatória. A rejeição da hipótese de nulidade permite que se visualize os locais onde há uma concentração estatisticamente significativa e onde se formam os "pontos-quente" (*hotspots*).

Diversas características particulares a este estudo determinaram a concepção da análise aqui proposta, que difere de outras experiências de zoneamento executadas no Rio Grande do Sul e voltadas para atividades econômicas distintas, como foram, por exemplo, os casos da silvicultura e da geração de energia eólica.

O presente estudo consiste no primeiro zoneamento direcionado especificamente a um trecho de rio. O formato da área avaliada, alongada no sentido leste-oeste e de baixa amplitude latitudinal, além da importância dos fluxos associados ao escoamento hídrico já destacada, juntamente com a dificuldade de espacializar algumas informações levantadas no diagnóstico, representam aspectos essenciais considerados para fins de definição da metodologia adotada.

Diante dessas características, optou-se por construir o mapeamento a partir de um conjunto de pontos obtidos no diagnóstico ambiental, adaptados para o objetivo específico de se definirem zonas de interesse para os distintos temas considerados.

A opção pela topologia de pontos permite que se trate um conjunto díspar de dados com um mínimo de uniformidade, o que oferece uma maior confiança em termos da perspectiva de uma análise conjunta das informações incorporadas ao estudo.

Análises de *hotspots* têm um amplo emprego em biologia da conservação, em escala macrorregional, para a delimitação de áreas significativas para a biodiversidade terrestre (MYERS *et al.*, 2000). O mesmo tipo de metodologia também pode ser aplicado a ambientes marinhos, incorporando tanto aspectos ecológicos como sociais (MAHBOUBI *et al.,* 2015).

A metodologia também pode ser aplicada para o planejamento de reservas conciliando informações técnicas com a percepção do público (*Public Participatory GIS*), como no trabalho de BAGSTAD *et al.* (2016) em seis áreas de florestas nacionais nos estados americanos do Colorado e Wyoming, podendo ainda ser empregada para a delimitação de áreas relevantes para a oferta de serviços ecossistêmicos, como no trabalho de LI *et al.* (2017).

FU *et al.* (2017) fizeram uma avaliação das condições dos ambientes ripários do Rio Songhua, no nordeste da China e o quinto maior do país, a partir de uma avaliação da integridade estrutural e física que considerou parâmetros como a declividade das margens, cobertura florestal, tipo de sedimento, presença de processos erosivos e usos antrópicos predominantes. O trabalho, apoiado tanto por informações obtidas a partir de sensoriamento remoto como a checagem a campo, avaliou, entre outros temas, a presença de *clusters* de ambiente com maior integridade a partir da análise de *hotspots* empregando a estatística espacial de Getis-Ord Gi* (GETIS & ORD, 1992).

Em termos teóricos, a análise de *hotspots* está baseada nas análises de agrupamento (*cluster analysis*) em que, a partir da avaliação dos desvios padrões (*z-scores*) verificado na dispersão de um conjunto de dados no espaço, para determinados intervalos de confiança ou probabilidade (*p-values*), é possível identificar padrões que fogem da distribuição aleatória e podem representar áreas sensíveis do ponto de vista dos atributos avaliados, a partir da concentração mostrada pelos descritores. Ao considerar também o peso relativo atribuído a cada um dos pontos identificados, a avaliação apresenta características de uma análise multicritério aplicada a um conjunto de dados geograficamente relacionados.

A avaliação desenvolvida considera tanto os padrões de distribuição espacial como a importância relativa das características específicas de cada um dos pontos de cada descritor definido. Para isso, o conhecimento dos técnicos responsáveis pelo estudo revestiu-se de especial importância, uma vez que a partir disso foram estabelecidos os parâmetros para qualificar, em um processo de valoração, a relevância dos temas mapeados frente aos objetivos do zoneamento.

Assim sendo, a análise proposta foi concebida de maneira a conciliar essas duas características básicas dos pontos incorporados ao SIG que tratam das características ambientais relevantes identificadas no diagnóstico: i) sua distribuição espacial; ii) sua importância ou relevância (valoração).

Esse tipo de abordagem busca reduzir o grau de subjetividade inerente a qualquer trabalho relacionado à produção de mapas e aos desdobramentos que se dão quando do emprego desses como ferramenta de tomada de decisões, mantendo o grau de incerteza que acompanha qualquer análise dessa natureza nos menores níveis possíveis, diante das limitações técnicas e teóricas que são inevitavelmente enfrentadas.

Embora o tipo de análise proposto possa se ressentir da subestimativa de certas características que se apresentem espacialmente isoladas, ainda que importantes, essa limitação é atenuada nos desdobramentos do estudo que se seguem à elaboração do mapa síntese, quando os temas avaliados na modelagem hidrológica foram incorporados como “áreas de atenção” e ainda foram estabelecidas as “áreas impróprias” que compõem o zoneamento.

Uma vez executada a análise, a metodologia empregada permite a criação de “mapas de calor” (*heatmap*) onde os agrupamentos de pontos estatisticamente significativos são convertidos a um mapa em formato *raster* em que os gradientes entre as classes geradas pelo *z-scores* se distribuem de maneira contínua.

A metodologia adotada para a interpolação necessária à geração dos mapas de superfície contínua foi a Ponderação do Inverso das Distâncias (*Inverse Distance Weighting* - IDW) que corresponde a um método determinístico que parte do pressuposto que valores próximos estão mais relacionados entre si do que valores distantes, incorporando diretamente o enunciado conhecido como a primeira lei da geografia, que afirma que “tudo está relacionado com tudo o mais, mas as coisas perto estão mais relacionadas do que as coisas distantes" (Tobler, 1970).

Para que seja possível determinar o valor de um dado local em que não há registros relativos ao fenômeno que se pretende analisar, o método de interpolação por IDW emprega os valores disponíveis à sua volta, atribuindo a eles um peso maior do que o atribuído a valores mais distantes, diminuindo o valor interpolado nas áreas sem informação à medida em que a distância aumenta, fazendo com que a influência de cada ponto seja proporcional ao inverso da distância de cada nó da matriz interpolada.

As características da interpolação IDW a tornam particularmente apropriada para o emprego nas avaliações aqui desenvolvidas, em função do caráter complementares das análises, ao adotarem como premissa subjacente a autocorrelação espacial dos dados avaliados, tanto na interpolação propriamente dita como na análise de *hotspots* a partir do qual aquela se dá.

Os mapas interpolados por IDW foram então reclassificados para eliminação dos valores negativos, para evitar os efeitos na operação posterior de soma dos mapas, uma vez que valores negativos para um determinado tema poderiam anular valores positivos de outro, nos casos em que haja sobreposição entre eles. Posteriormente, os valores positivos também foram reclassificados, adotando-se a mesma faixa definida quando da valoração dos pontos para a análise de *hotspots*.

10.1.2 Análise Multicritério

Depois de consolidado o mapa de superfície contínua de cada descritor, foi desenvolvida uma análise multicritério empregando um processo de análise hierárquica (*Analytic Hierarchy Process - AHP*), que é um método baseado na metodologia de apoio à tomada de decisões desenvolvida por Thomas L. Saaty (SAATY, 1977) e que consiste na comparação de critérios pareados (descritores), que são hierarquizados para fins de atribuição de pesos na etapa de cruzamento dos mapas, para a produção do mapa síntese.

O emprego de seis descritores vai ao encontro de recomendações encontradas em referenciais teóricos para esse tipo de avaliação, que afirmam ser importante a limitação do número de variáveis, de modo a permitir que a análise de sensibilidade seja efetuada de modo o mais eficiente possível (TREVISAN, 2008).

Para o preenchimento da matriz de comparação foi empregada a calculadora de prioridade AHP (GOEPEL, 2018), disponível online[9] e que teve seu preenchimento conduzido a partir da realização de uma oficina que envolveu a participação de técnicos da Consultora

[9] https://bpmsg.com/ahp/ahp-calc.php

e da Fepam, e que gerou os resultados apresentados na Tabela 10.1 a seguir. A Figura 10.1 mostra o preenchimento da matriz na calculadora de prioridade AHP que gerou os pesos calculados.

Tabela 10.1 – Pesos atribuídos a cada descritor para o cruzamento de mapas.

Descritor	Peso (%)
Morfodinâmica das Margens	29,6
Leito Estável (*bedrock*)	8,3
Ambientes da Ictiofauna	22,0
Mesohabitats bentônicos	27,7
Conectividade de manchas de vegetação para a fauna terrestre	4,1
Socioeconomia	8,3

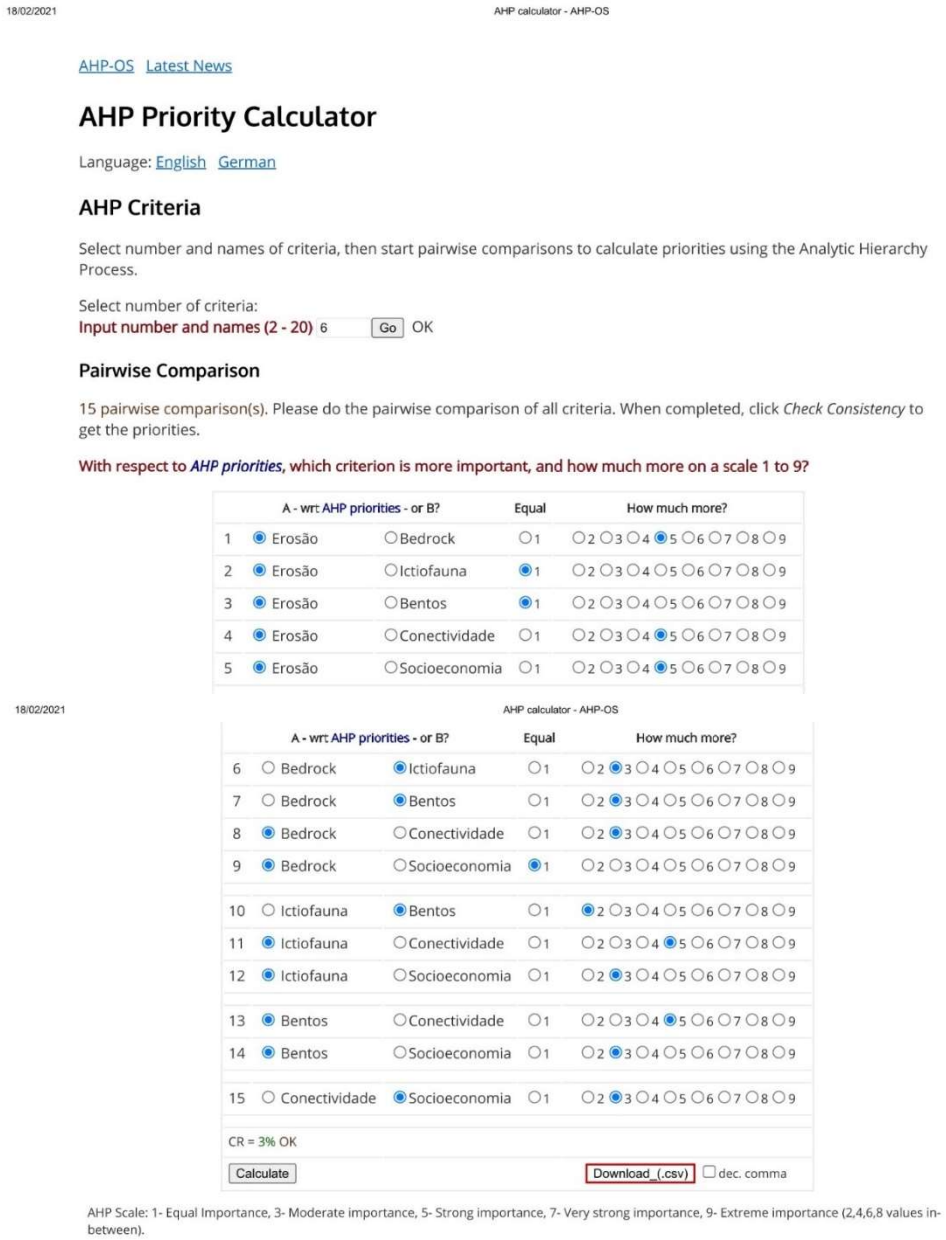


Figura 10.1 – Dados de preenchimento da matriz de comparação pareada entre os descritores.

10.2 Mapa Síntese

Após terem sido definidos os pesos dos mapas temáticos de cada descritor, foi efetuado o procedimento de álgebra de mapas com o emprego da ferramenta “soma com pesos” (*Weighted Sum*) disponível no *software* empregado para as análises (ArcGis Pro). Nessa rotina, é possível fazer a sobreposição de um conjunto de mapas em que os valores atribuídos a cada célula de cada mapa temático são multiplicados pelos pesos definidos na etapa de análise multicritério, sendo posteriormente somados em uma única feição.

Uma vez gerado o mapa do somatório, esse foi reclassificado para as quatro classes que compõem o mapa síntese, sendo a quinta formada pelas áreas impróprias.

Para a reclassificação do mapa do somatório foi empregada a opção “*Classify*”, da ferramenta *Reclassify* (*Spatial Analyst Tools* → *Reclass*). Essa rotina permite a classificação automática dos valores que constam da tabela de atributos do mapa a ser reclassificado, definindo-se como parâmetro de entrada o número de classes que se deseja obter no arquivo *raster* a ser gerado.

O mapa em formato matricial (*raster*) foi posteriormente convertido para o formato vetorial (*shapefile*) com o emprego da ferramenta *Raster to Polygon*. O arquivo vetorial gerado foi então recortado (ferramenta *Clip*) pela delimitação da área de estudo, que compreende o envoltório da calha do Rio Jacuí, com uma área total de 148 km².

A Figura 10.2 a seguir apresenta o fluxo de trabalho adotado na análise integrada, incluindo as etapas posteriores à tratada neste documento e que irão compor o zoneamento propriamente dito. A Figura 10.3 e a Figura 10.4 trazem um exemplo da sequência de mapas produzida na análise, revelando os resultados relativos ao descritor “Morfodinâmica das Margens”, que é um dos descritores definidos para o meio físico, como destacado em item específico.

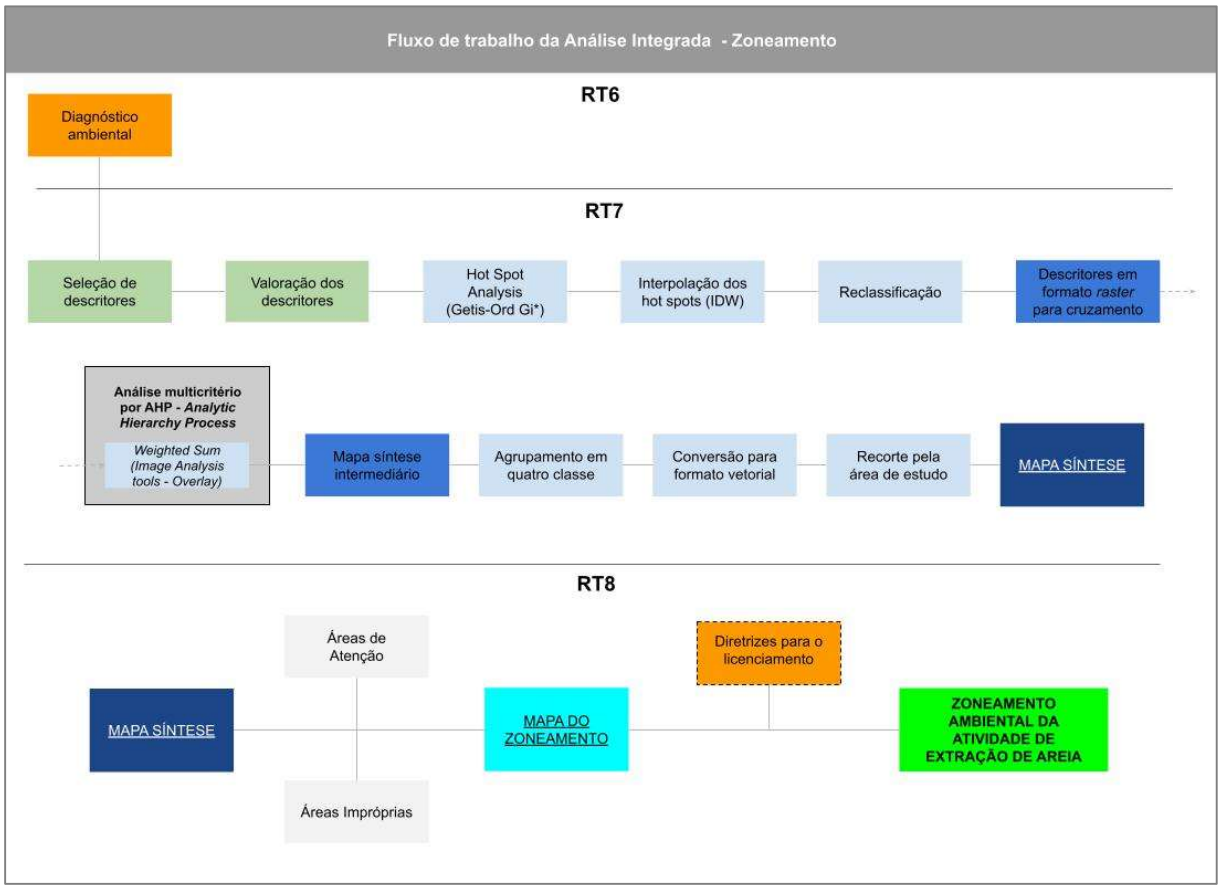


Figura 10.2 – Fluxo de trabalho para construção do Zoneamento Ambiental de Mineração de Areia.

A Tabela 10.2 e a Tabela 10.3 que se seguem às figuras resumem os parâmetros adotados na rodagem da análise de *hotspots* (*Getis-Ord Gi**) e nas interpolações que geraram o mapa de superfície contínua de cada um dos descritores avaliados.

Tabela 10.2 – Parâmetros para a rodagem da análise de *hotspots* (*Getis-Ord Gi**).

Parâmetro	Definição
Conceptualization of Spatial Relationships	*Fixed Distance Band*
Distance Method	*Euclidean Distance*
Standadization	*Row*

Obs.: Nomenclatura de acordo com as definições da ferramenta de análise no módulo de análise do ArcGis Pro.

Tabela 10.3 – Características dos descritores empregadas para a análise de *hotspots* (*Getis-Ord Gi**).

Descritor	Pontos	Valoração	Tolerância da pesquisa de vizinhança (m)*
Leito Estável (*bedrock*)	166	1 - 4	17.288,54
Morfodinâmica das Margens	316	1 - 5	2.431,90
Ambientes da Ictiofauna	358	1 – 4	5.615,11
Conectividade de manchas de vegetação para a fauna terrestre	100	1 - 3	6.646,83
Mesohabitats bentônicos	357	1 – 4	9.822,38
Socioeconômico	98	1 – 3	7.191,29





Figura 10.3 – Pontos valorados e análise de *hotspots* do descritor “Morfodinâmica das Margens”.





Figura 10.4 – Interpolação (IDW) e mapa síntese intermediário descritor “Morfodinâmica das Margens”.

10.3 Áreas de Atenção para a Mineração

As áreas de atenção são propostas, neste estudo de Zoneamento Ambiental aplicado à Mineração de Areia nos trechos médio e baixo do Rio Jacuí, a partir dos resultados obtidos nas simulações hidrodinâmicas e de transportes de sedimentos desenvolvidas no âmbito deste trabalho.

Conforme está detalhado em relatório específico sobre a modelagem (RT5 – Hidrografia, hidrossedimentometria e prognósticos), os estudos foram desenvolvidos para todo o trecho de interesse do Rio Jacuí, com os seguintes objetivos:

- Mostrar os padrões de escoamento (velocidades e nível d'água) do Rio Jacuí, quando submetido às condições hidrológicas simuladas;
- Estimar o aporte de sedimentos ao trecho de interesse (Rio Jacuí), considerando as contribuições de montante e dos afluentes;
- Avaliar o comportamento das seções topobatimétricas, ao longo da simulação: variações no leito, classificando os trechos como "deposição", "erosão" ou "sem alteração";
- Avaliar as alterações nos padrões de escoamento e no comportamento das seções, quando alteradas pela mineração.

A base de dados para construção da geometria do trecho simulado pode ser resumida com as seguintes informações: foi gerado um modelo numérico do terreno, para o Rio Jacuí, e faixa marginal, a partir das 25 seções do levantamento batimétrico de campo, 29 processos de licenciamento (na FEPAM) com seções de levantamentos anteriores (dados secundários), e o relevo das áreas marginais obtido na base cartográfica do Rio Grande do Sul. Ao final deste processo, o modelo estava concluído com 805 seções transversais para o Rio Jacuí, no trecho de interesse, sendo as 25 levantadas em campo e 780 seções interpoladas.

O procedimento de simulação propriamente dito, foi composto por duas etapas, a saber: (i) a simulação hidrodinâmica do Rio Jacuí, com determinação de níveis d'água e velocidades de escoamento, a partir da inserção das vazões de entrada: Jacuí (montante) e afluentes; e (ii) a simulação do transporte de sedimentos, a partir dos resultados anteriores, e considerando as curvas granulométricas nas seções do Jacuí, as curvas-chave de sedimentos no Jacuí (a montante) e afluentes e a inserção das profundidades do *bedrock*.

Com isto, foram simulados dois cenários: a condição atual (que também serviu para a calibração do modelo) e um cenário com a geometria das seções alterada pela mineração. Os resultados do primeiro cenário possibilitam a caracterização de cada subtrecho do Rio Jacuí, quanto a capacidade de transporte de sedimentos. Em complemento, a comparação entre os resultados dos dois cenários possibilitou a avaliação do impacto da mineração no padrão de escoamento e transporte do Rio Jacuí nos trechos de interesse.

Para registro, resgatam-se aqui as condições para a definição da geometria da calha nos dois cenários: Cenário 1 (condição atual): geometria construída a partir dos dados primários e secundários; Cenário 2 (alterado pela mineração): geometria do Cenário 1, com

alteração nas áreas de mineração (ativos na ANM e os que possuem licença na FEPAM), com os critérios de alteração, listados abaixo.

- Afastamento das margens: 50 m;
- Afastamento de ilhas: 50 m;
- Afastamento de pontes e outras obras de infraestrutura, conforme legislação;
- Limitação de afastamento mínimo, em relação ao *bedrock*: 1 m;
- Lança máxima de mineração: 11 m (a partir do NA).

Como dito anteriormente, o primeiro descritor selecionado para a geração do mapa de áreas de atenção é resultante do Cenário 1, descrito acima, e versa sobre a caracterização das seções quanto ao transporte de sedimentos. Com o auxílio do modelo, o transporte de sedimentos é simulado, e se estimam as taxas de transferências para cada uma das 805 seções transversais (25 levantadas em campo e 780 interpoladas). De modo alternativo, esta caracterização pode ser estabelecida através da diferença média da cota do leito do rio, entre o início e o final da simulação.

As seções que apresentam rebaixamento das cotas, ou que indicam uma taxa de transporte de sedimento negativa, correspondem a seções com comportamento erosivo, em relação ao leito. Por outro lado, as seções com taxas positivas, ou elevação nas cotas, indicam um comportamento deposicional (sedimentar).

Assim, as seções foram classificadas em 05 categorias

- **Alta deposição** (elevações de cota superiores a 0,5 m);
- **Deposição** (elevações de cota superiores a 0,2 m);
- **Sem alteração** (alterações inferiores a 0,2 m, com elevação ou rebaixamento);
- **Erosão** (rebaixamentos de cota superiores a 0,2 m);
- **Alta erosão** (rebaixamentos de cota superiores a 0,5 m).

Para o mapa das áreas de atenção, foram selecionadas as áreas de “alta erosão”, ou seja, áreas com rebaixamento de cotas no período simulado (um ano hidrológico) superior a 0,5 m, que correspondem a 6 % das seções transversais estudadas.

Um segundo descritor selecionado para a composição do mapa das áreas de atenção, é resultado da comparação entre os resultados dos dois cenários simulados, e diz respeito ao risco potencial erosivo-hidrodinâmico, e indicando o impacto da atividade minerária no potencial de erosão das margens do Rio Jacuí.

Assim, foram calculados os aumentos das velocidades do escoamento devido à alteração do leito pela mineração, através da comparação entre os dois cenários. A análise possibilitou observar trechos onde houve aumento ou diminuição da velocidade, tanto na calha quanto próximo às margens. Esta alteração no padrão de velocidade do escoamento é a variável a ser considerada nesta análise sobre o risco erosivo-hidrodinâmico.

É possível afirmar que o risco potencial de erosão das margens será maior onde ocorre incremento significativo da velocidade do escoamento. Daí o nome escolhido para este descritor: risco erosivo associado à hidrodinâmica do Rio Jacuí.

Os maiores aumentos de velocidade acontecem em determinados trechos onde há estrangulamentos da seção, principalmente com a elevação natural do leito (substrato rochoso, em pedrais, por exemplo), resultando em pequenas lâminas d'água. Por outro lado, os trechos com diminuição da velocidade de escoamento, ocorrem quando a alteração da geometria da seção resulta numa melhora da eficiência das condições hidráulicas de escoamento (alargamento, por exemplo).

Essa variação entre incrementos e reduções de velocidade foi o indicador selecionado para descrever esta variável, que foi classificada, de acordo com a variação da velocidade, em 05 classes, conforme segue:

- **Baixíssimo risco** (redução na velocidade acima de 0,5 m/s);
- **Baixo risco** (redução na velocidade abaixo de 0,5 m/s);
- **Risco normal** (alterações nas velocidades inferiores a 0,1 m/s);
- **Alto risco** (aumentos na velocidade abaixo de 0,5 m/s);
- **Altíssimo risco** (aumentos na velocidade acima de 0,5 m/s).

Para o mapa das áreas de atenção, foram selecionadas as áreas de "altíssimo risco erosivo", ou seja, áreas com aumento de velocidades, entre os cenários, superior a 0,5 m/s.

Ainda dentro das áreas de atenção foram classificadas as áreas no entorno das fozes dos cursos d'água mapeados com "foz de rio" quando da identificação das áreas importantes para a ictiofauna. O Quadro a seguir apresenta a relação desses cursos d'água.

A inclusão de fozes de cursos de água como áreas de atenção se justifica pela sua importância para o evento da piracema, migração reprodutiva de espécies de peixes que têm esse comportamento em determinada época do ano. Neste período deverá ser suspensa qualquer atividade de mineração na faixa de 500 metros a montante e à jusante da foz do curso d'água, de acordo com o que estipula a Portaria Normativa IBAMA n° 46, de 18 de outubro de 2007 que vem sendo usada como referência para o tema.

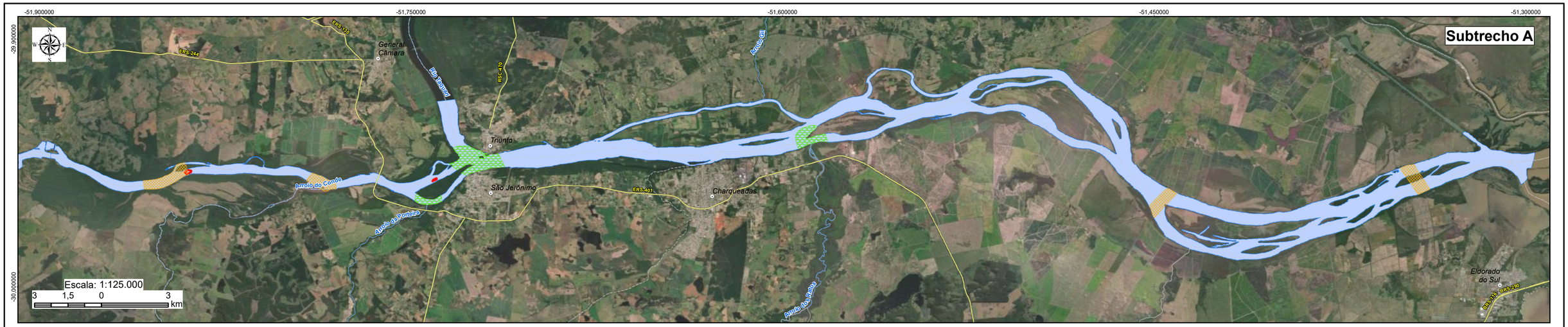
Quadro 10.1 – Relação das áreas de fozes de cursos d´água identificados como áreas importantes para a ictiofauna.

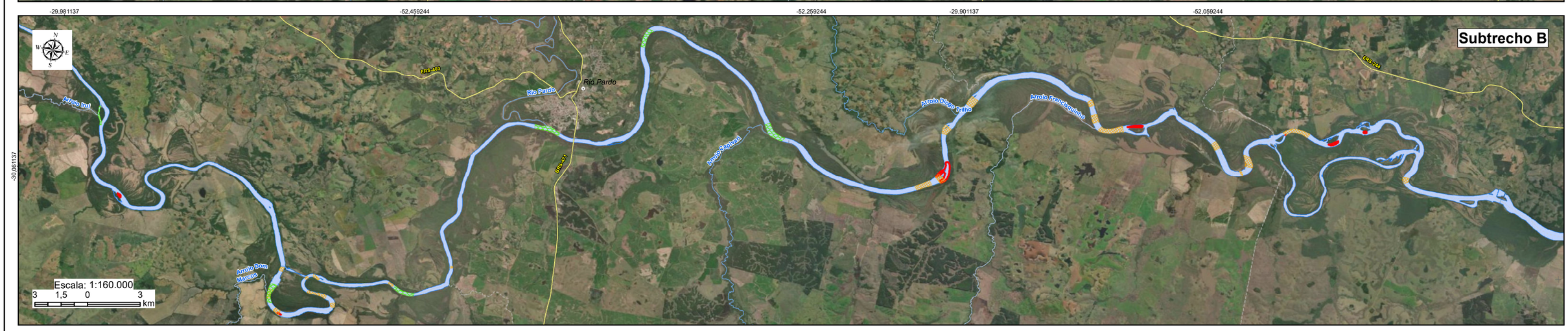
Curso d'água	Posição	Segmento da área de estudo
Rio Vacacaí	Margem direita	C
Rio Irapuá	Margem direita	C
Arroio Capané	Margem direita	C
Arroio São Nicolau	Margem direita	C
Rio Botucaraí	Margem esquerda	C
Arroio Irui	Margem direita	C
Arroio Dom Marcos	Margem direita	B

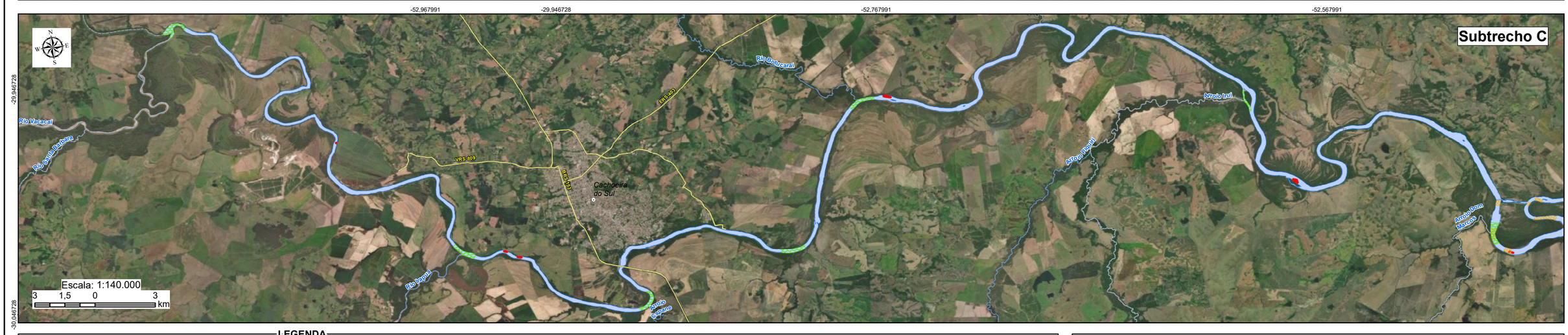
Curso d'água	Posição	Segmento da área de estudo
Arroio Tabatingaí	Margem direita	B
Rio Pardo	Margem direita	B
Arroio do Couto	Margem esquerda	B
Arroio Capivari	Margem direita	B
Arroio da Porteira	Margem direita	A
Rio Taquari	Margem esquerda	A
Arroio dos Ratos	Margem direita	A

Considerando os dois descritores referidos acima, foi elaborado o Mapa das Áreas de Atenção, apresentado a seguir. Tal mapa deve ser sobreposto ao mapa de sensibilidade (classes) decorrente do cruzamento entre os mapas temáticos, de modo a trazer elementos adicionais na análise quanto ao licenciamento das áreas de mineração, indicando, inclusive, diretrizes adicionais ao licenciamento.

Percebe-se que as áreas de atenção estão dispersas por todo o trecho de análise, sem grandes concentrações. Observa-se um pouco mais de proximidade no segmento entre Arroio Capivari e o Rio Taquari, que corresponde a uma grande extensão contígua com processos minerários.







LEGENDA

- Sede municipal
- Rios principais
- Rodovia
- Limite municipal
- Rio Jacuí

Áreas de Atenção

- Risco Erosivo Altíssimo
- Alta Erosão
- Foz de Rio



Elaboração: PROFILL

RELATÓRIO FINAL

ZONEAMENTO AMBIENTAL PARA A ATIVIDADE DE MINERAÇÃO DE AREIA NOS CURSOS MÉDIO E BAIXO DO RIO JACUÍ

Contratação e fiscalização: Fepam

Sistema de Coordenadas Geodésicas
Sistema Geodésico de Referência SIRGAS2000
Escala: Indicada

Mapa 10.1 – Mapa das áreas de atenção para a mineração

Fonte de dados:
- Sede municipal: SEMARS (2018)
- Limite municipal: SEMARS (2018)
- Limite estadual: IBGE (2019)
- Rodovia: SEMARS (2018)
- Hidrografia: SEMARS (2018)
- Áreas de atenção: Profill (2020)

10.4 Áreas Impróprias para a Mineração

A partir da análise integrada de relatórios técnicos e mapas intermediários, com enfoque nas aptidões e restrições ambientais dentre as zonas identificadas destacam-se aquelas consideradas impróprias à mineração pelo conjunto de fatores e condições ambientais sensíveis. Estas áreas representam porções do leito fluvial e da planície de inundação com restrições ambientais importantes, que apresentam riscos inerentes e potenciais conflitos que inviabilizam a extração de areia, resultando em elevado potencial de impacto.

Os critérios utilizados no estabelecimento das áreas impróprias foram gerados através da interpretação da legislação vigente, que aborda os temas correlatos à extração de areia em recurso hídrico e através de critérios técnicos. Esses critérios técnicos foram identificados a partir da integração do diagnóstico ambiental consolidado, com enfoque nas aptidões e restrições ambientais de cada subtrecho que compõem este estudo, elencando pontos, trechos ou atividades, que são ou podem ser impactadas de forma irreversível pela atividade de extração de areia.

As áreas impróprias para mineração identificadas neste processo dizem respeito a:

- Pontos de captação de água bruta para abastecimento humano;
- Pontes, estruturas e balsas;
- Áreas de lazer, balneários e praias;
- Áreas de comunidades;
- Unidades de conservação; e
- Ambientes marginais.

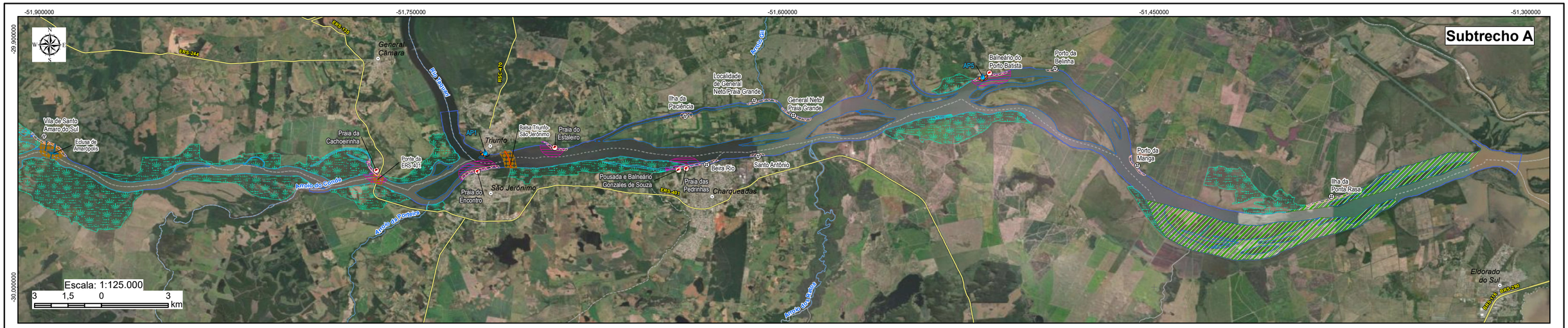
Ao passo que foram elencadas as áreas impróprias, tornou-se necessário o estabelecimento dos parâmetros a serem utilizados para delimitar cada uma dessas áreas (Quadro 10.2). As áreas impróprias geradas pela interferência da mineração sobre pontos de captação, pontes e estruturas foram delimitadas utilizando os parâmetros estabelecidos na NRM-03 - Lavras Especiais da Portaria DNPM nº 237 de 18/10/2001. Ao longo do trecho de estudo foi possível identificar somente uma unidade de proteção integral, cuja área foi delimitada como imprópria.

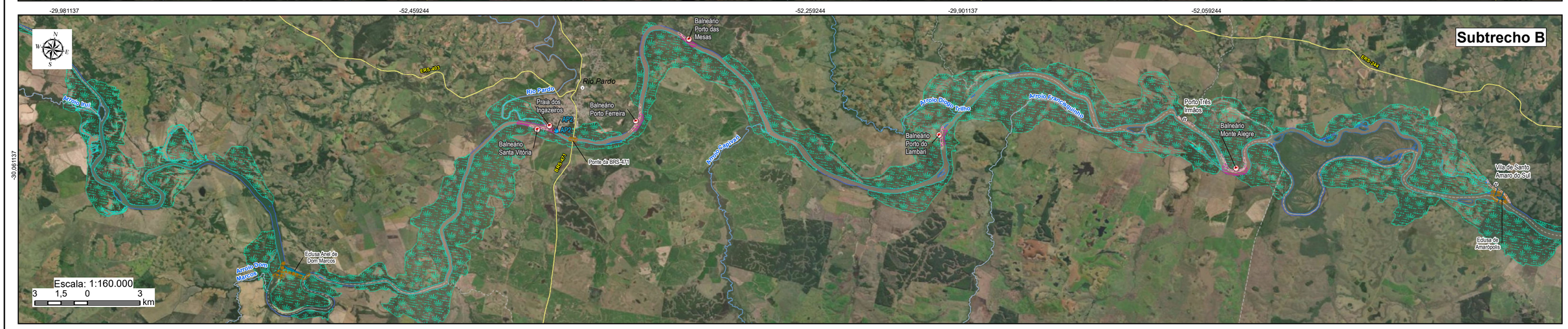
Ainda, as áreas impróprias materializadas pela interferência da mineração de areia sobre áreas de lazer, balneários, comunidades e ambientes marginais foram geradas com base em critérios técnicos, determinados a partir da minimização de impactos como segurança dos usuários, geração de ruído, impacto visual, diminuição das barras de areia utilizadas para recreação e preservação de áreas para pesca. No caso das áreas impróprias

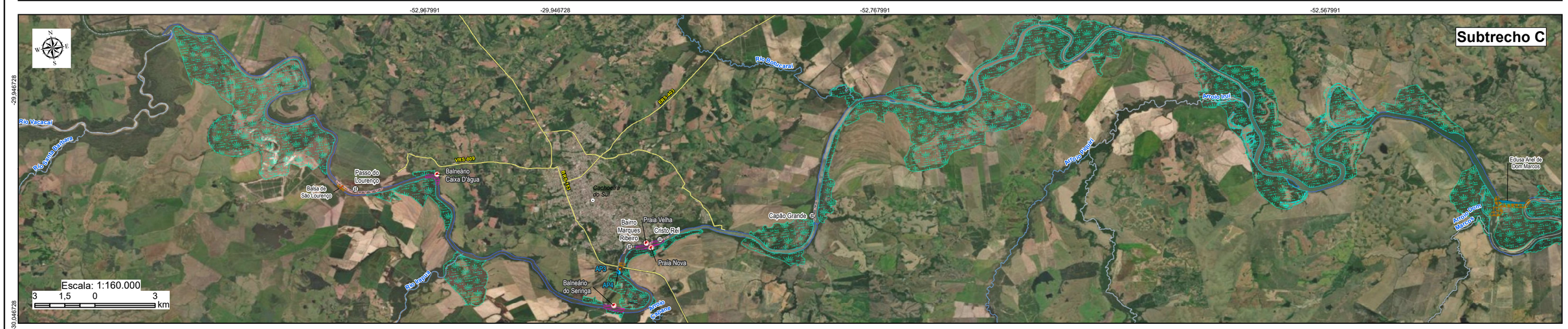
associadas aos ambientes marginais o critério utilizado foi a preservação de habitats presentes na planície de inundação, que apresentam elevada riqueza de espécies bentônicas, especialmente de organismos escavadores, e peixes, cumprindo função de berçários, refúgios e fontes de alimentação. Estes ambientes apresentam maior conectividade com o rio em época de cheia (Quadro 10.2 e Mapa 10.2).

Quadro 10.2 – Descrição dos tipos de áreas impróprias identificadas ao longo do estudo.

ID	Tipo de Área	Critério Técnico	Critério Legal	Parâmetro	Diretriz Ambiental Associada
1	Pontos de Captação de água bruta para abastecimento público	Proteção da estrutura da captação e da qualidade da água considerando a geração de pluma de contaminação na atividade de dragagem ou por vazamentos de combustíveis.	NRM-03 - Lavras Especiais – Portaria ANM nº 237, de 18/10/2001.	*Buffer* de 200 m.	Elaboração de estudos de qualidade da água e dispersão da pluma de contaminação.
2	Pontes, Estruturas e Balsas	Proteção dos pilares que sustentam a superestrutura das pontes. Por analogia, neste estudo utilizou-se esta Norma para proteção das demais estruturas existentes na área de estudo.	NRM-03 - Lavras Especiais – Portaria ANM nº 237, de 18/10/2001.	*Buffer* de 200 m no entorno das pontes e demais estruturas de engenharia (eclusas).	Proibição de extração mineral nessas áreas.-
3	Áreas de Lazer, Balneários e Praias	Impacto visual, geração de ruídos, segurança dos usuários, manutenção qualidade da água. Ainda, como medida para proteção da barra em pontal utilizada para estes fins, assim como manutenção da beleza cênica dos locais identificados.	Lei Estadual nº 13.660, de 12/01/2011.	*Buffer* de 450 m a partir da linha de praia utilizada como Praia/Balneário.	Consultar o município sobre a localização e abrangência das áreas mapeadas em escala regional por este estudo como balneários/praias/lazer durante o processo de licenciamento.
4	Áreas de Comunidades	Impacto visual, geração de ruídos, proteção da pesca de subsistência e manutenção qualidade da água.	Lei Estadual nº 15434, de 09/01/2020.	Faixa de 100 m a o longo das ocupações humanas nas margens do rio.	Consultar a municipalidade quanto à extensão do perímetro urbano e área de proteção, resguardando a distância de proteção das margens de 50 metros.
5	Unidades de Conservação	Unidade de Conservação é o espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituído pelo Estado, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção.	Lei Federal n° 9.985, de 18/072000 e Lei Estadual nº 12.371/2005, de 11/11/2015.	Limites das unidades de conservação.	Consulta ao gestor das áreas de conservação com interferência nas áreas de interesse minerário.
6	Ambientes Marginais	Os habitats presentes na planície de inundação, apresentam elevada riqueza de espécies bentônicas, especialmente de organismos escavadores, e peixes, cumprindo função de berçários, refúgios e fontes de alimentação. Estes ambientes apresentam maior conectividade com o rio em época de cheia.	Lei Federal nº 12.651, de 25/05/2012.	Lagoas marginais terão seus contornos somados às suas APPs e à APP do rio.	Proibição de extração mineral nessas áreas.







LEGENDA

- Sede municipal
- Rios principais
- Rodovia
- Limite municipal
- Balneários e Praias
- Comunidades
- Pontos de Captação para abastecimento público
- Balsa
- Eclusa
- Ponte
- Ambientes Marginais
- Pontos de Captação para abastecimento público - Buffer de 200 m
- Áreas de Comunidades - Buffer de 100 m
- Balneários e Praias - Buffer de 450 m
- Pontes, Estruturas e Balsas - Buffer de 200 m
- Parque Estadual do Delta do Jacuí



Elaboração: PROFILL

RELATÓRIO FINAL

ZONEAMENTO AMBIENTAL PARA A ATIVIDADE DE MINERAÇÃO DE AREIA NOS CURSOS MÉDIO E BAIXO DO RIO JACUÍ

Contratação e fiscalização: Fepam

Sistema de Coordenadas Geodésicas	Mapa 10.2 – Mapa das áreas impróprias para a mineração	Fonte de dados:
Sistema Geodésico de Referência SIRGAS2000 Escala: Indicada		- Sede municipal: SEMARS (2018) - Limite municipal: SEMARS (2018) - Limite estadual: IBGE (2019) - Hidrografia: SEMARS (2018) - Áreas impróprias: PROFILL (2021)

Os polígonos gerados a partir da aplicação de critérios e parâmetros associados à delimitação de áreas impróprias perfazem uma área de 107,60 km^2. Cabe salientar, que este quantitativo se refere às áreas que se localizam na calha do rio e, também, à porção da área de estudo emersa (Quadro 10.3).

Quadro 10.3 – Quantitativos de áreas impróprias delimitadas.

Área	Área de Impróprias (km^2)	Total de Interferência na calha do rio (km^2)
Pontos de Captação	0,26	0,26
Pontes, Estruturas e balsas	1,82	1,82
Lazer, Balneários e Praias	4,42	4,42
Comunidades	2,64	2,64
Unidades de Conservação de Proteção integral	15,01	15,01
Ambientes Marginais	83,44	0,00
Total de Áreas Impróprias	**107,60**	**24,15**
Total da Área de Estudo	**148,31**	**148,31**

As áreas impróprias de maior relevância são os ambientes marginais e a área do Parque do Delta do Jacuí, representando 78 % e 15 % das áreas mapeadas como impróprias, respectivamente. Ainda, cabe referência às áreas impróprias geradas pela proteção de áreas de lazer, balneários e praias, que representam 4 % do montante total das áreas impróprias (Figura 10.5).

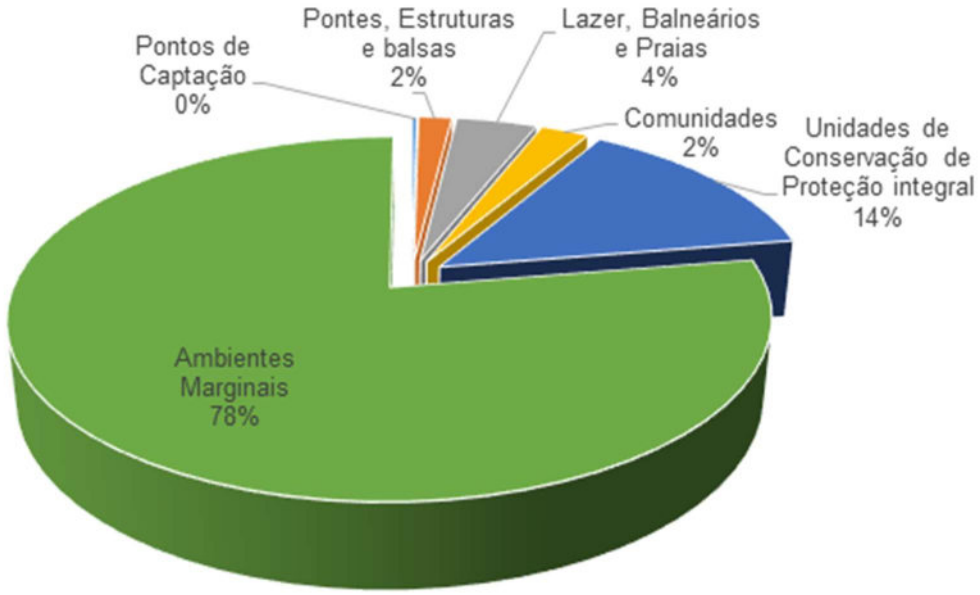


Figura 10.5 – Comparativo entre os tipos de áreas impróprias.

Quando a análise se restringe à área da calha do rio, ainda se tem a área imprópria referente às unidades de conservação como a de maior abrangência, seguindo pelas áreas de lazer, balneários e praias e, por fim, áreas impróprias associadas às comunidades, compreendendo uma área total de 24,15 km^2, representando cerca 16 % da área total da calha do rio abrangida pela área de estudo Quadro 10.4.

Quadro 10.4 – Comparativo das áreas mapeadas como impróprias na calha do rio.

Área	Áreas Impróprias na Calha (km²)	Porcentagem da Área da Calha (%)
Pontos de Captação	0,26	0,18
Pontes, Estruturas e balsas	1,82	1,23
Lazer, Balneários e Praias	4,42	2,98
Comunidades com pescadores e residentes	2,64	1,78
Unidades de Conservação de Proteção integral	15,01	10,12
Total	**24,15**	**16,29**

As áreas impróprias representam uma classe de zoneamento que restringe por completo a atividade de extração de areia, diferentemente das demais zonas propostas por este Zoneamento que indicam aptidões e graus de restrição para a execução da atividade minerária. O estabelecimento das áreas foi baseado em levantamentos de dados e diagnósticos, realizados ao longo de todo o trabalho, que permitiram a identificação de temas mais críticos em cada um dos meios e compartimentos analisados. A seguir são caracterizados os impactos potenciais que se objetiva evitar e minimizar através da definição de áreas impróprias à mineração de areia, assim como elencar os critérios e parâmetros utilizados para delimitação das superfícies poligonais.

10.4.1 Pontos de Captação de Água Bruta para Abastecimento Público

As áreas impróprias à mineração de areia, referentes aos pontos de captação de água bruta do Rio Jacuí, foram contempladas em função dos efeitos que a atividade minerária pode acarretar, trazendo prejuízos aos usuários do sistema de captação e às atividades econômicas desenvolvidas nas cidades abastecidas. Tais impactos potenciais podem estar associados aos seguintes aspectos:

- Manutenção da qualidade da água no entorno do ponto de captação, principalmente no que se refere a turbidez e sólidos suspensos totais;
- Acidentes com derramamento de combustíveis a montante do ponto de captação;
- Proteção das estruturas de bombeamento e canais de aproximação.

Para o estabelecimento da área imprópria à mineração de areia referente à captação de água para consumo humano utilizou-se como referência o critério da segurança das estruturas de engenharia, que está determinada na NRM – 03 da Portaria DNPM nº 237 de 18/10/2001, que aprova as Normas Reguladoras de Mineração - NRM, de que trata o art. 97 do Decreto-lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967.

A utilização do parâmetro estabelecido na Norma se justifica, pois, a captação de água no Rio Jacuí ocorre com a utilização de estruturas de bombeamento, estruturas de engenharia composta por canais de aproximação e tubulações.

Como parâmetro para estabelecimento do *buffer* da área imprópria foi identificado o ponto de captação através dos dados disponibilizados pelo SIOUT - Sistema de Outorga de Água do Rio Grande do Sul. Os pontos de captação humana identificados no SIOUT foram os seguintes:

- Ponto de Captação Porto Batista, distrito de Triunfo;
- Ponto de Captação Triunfo;
- Ponto de Captação Rio Pardo; e
- Ponto de Captação Cachoeira do Sul.

A área imprópria gerada a partir dos pontos selecionados tem forma semicircular, abrangendo 200 metros para montante e jusante, assim como para o interior no canal (Figura 10.6).

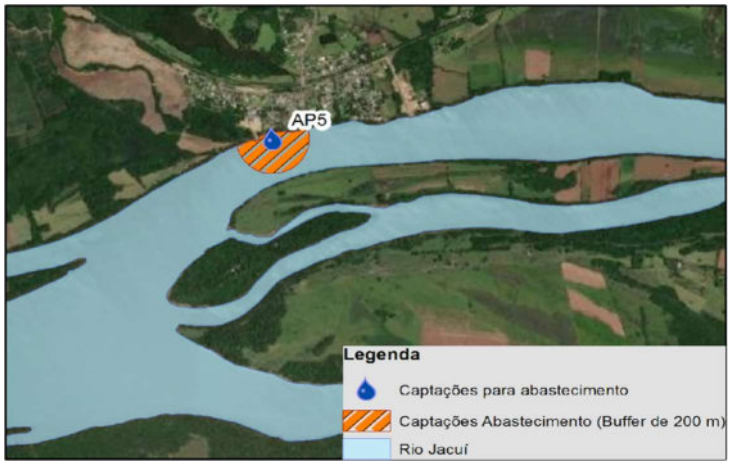


Figura 10.6 – Croqui do estabelecimento da área imprópria em ponto de captação.

Como diretriz ao licenciamento ambiental indica-se a necessidade de intensificar as solicitações referentes a estudos de dispersão de pluma de contaminação gerada pela extração de areia, assim como execução e amostragens de área logo a jusante do ponto de captação.

10.4.2 Pontes, Estruturas e Balsas

Como critério legal que orienta a delimitação das áreas impróprias associadas a existência de pontes, estruturas de engenharia e travessia de balsas está a NRM – 03 da Portaria DNPM nº 237 de 18/10/2001, que *aprova as Normas Reguladoras de Mineração - NRM, de que trata o art. 97 do Decreto-lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967.*

A Portaria disciplina o aproveitamento racional das jazidas, considerando-se as condições técnicas e tecnológicas de operação, de segurança e de proteção ao meio ambiente, já a NRM- 03 trata das lavras especiais tipo dragas flutuantes, que entre outras regulamentações estabelece o afastamento mínimo de 200 m (duzentos metros) para a operação de dragas junto aos pilares de sustentação de pontes.

Considerando as condições técnicas e tecnológicas de segurança na operação de dragas flutuantes, foi estendido o mesmo critério de delimitação de áreas impróprias para proteger outros tipos de estruturas de engenharia e transporte por balsas, que existem ao longo da calha do Rio Jacuí na área de estudo. Tais pontos foram identificados a partir da localização em imagens de satélite e ao longo das atividades de campo realizadas no âmbito do diagnóstico ambiental. Tal identificação gerou topônimos que foram utilizados para o estabelecimento das áreas impróprias, elencadas abaixo:.

- Ponte RS - 401
- Ponte BR - 471
- Eclusa Amarópolis
- Eclusa de Dom Marco
- Balsa Triunfo-São Jerônimo

O parâmetro utilizado para o estabelecimento da abrangência da área imprópria para pontes utilizou a borda da superestrutura das pontes, criando a partir desta linha um *buffer* de 200 metros para montante e jusante, abrangendo a totalidade do trecho (Figura 10.7).

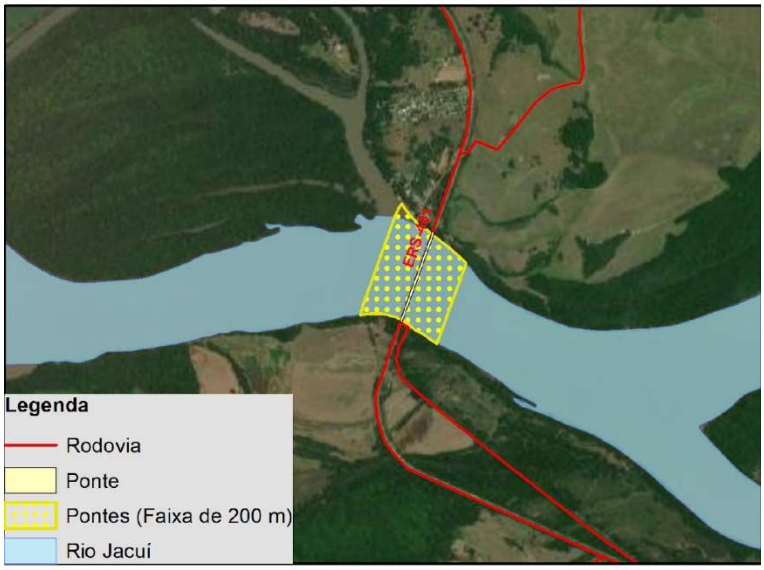


Figura 10.7 – Croqui do estabelecimento da área imprópria na ponte da ERS-401.

Para as demais estruturas de engenharia presentes na área de estudo foi adaptado o princípio existente na NRM-03, delimitando o *buffer* a partir da totalidade das estruturas que compõem a intervenção no rio e não somente das estruturas que transpassam o leito do rio. Para o caso da Eclusa de Amarópolis, a área imprópria também levou em conta a Marina de Santo Amaro (Figura 10.8).

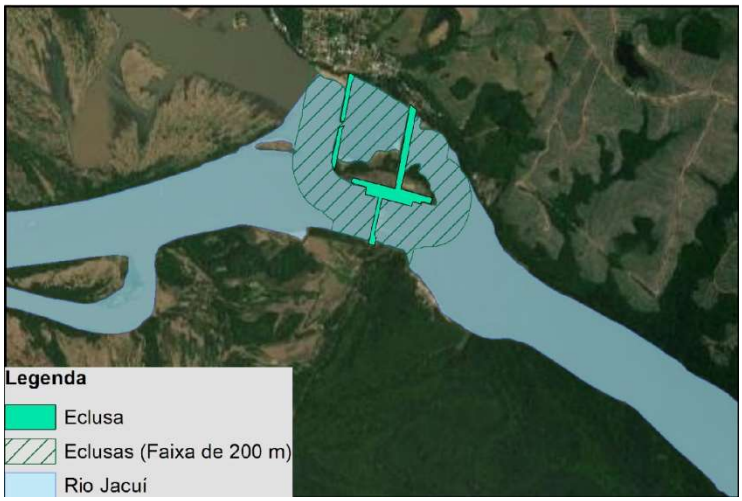


Figura 10.8 – Croqui do estabelecimento da área imprópria junto a Eclusa de Amarópolis e Marina de Santo Amaro.

Como o sistema de travessias transversais de passageiros e de veículos por sistema de balsas não conta com legislação própria para delimitação de área de segurança, utilizou-se o princípio existente na NRM-03. Nas hidrovias transversais existentes ao longo do trecho de estudo, foi delimitado um *buffer* de 200 metros a partir da linha principal de movimentação das balsas como área imprópria para operação de dragas de extração de areia. (Figura 10.9).



Figura 10.9 – Croqui do estabelecimento da área imprópria junto a linha de movimentação das Balsas entre as cidades de Triunfo-São Jerônimo.

10.4.3 Áreas de Lazer, Balneários e Praias

Estas áreas foram contempladas em função dos efeitos que a atividade minerária pode acarretar, trazendo transtornos aos moradores, turistas e às atividades de lazer, recreação, esportes, pesca e demais atividades econômicas desenvolvidas nesses locais, considerando aspectos como:

- Geração de ruídos e vibrações;
- Perda da qualidade da água;
- Acidentes com derramamento de combustíveis;
- Risco de acidentes para banhistas e pequenas embarcações, devido à operação de dragas e formação de depressões no leito do rio;
- Impacto visual.

Como critério legal que orienta a delimitação das áreas impróprias associadas aos balneários está a Lei nº 13.660, de 12 de janeiro de 2011, que altera a Lei nº 8.676, de 14 de julho de 1988, que determina a obrigatoriedade de demarcação das áreas de pesca, lazer ou recreação, nos municípios com orla marítima, lacustre ou fluvial. A Lei apresenta, no seu Art. 1º, que "*os municípios que em seu território tiverem praias banhadas por lagoas ou rios deverão demarcar, nas áreas centrais de todos os seus balneários, no prazo de 60 (sessenta) dias, numa extensão de 450m (quatrocentos e cinquenta metros), os locais destinados aos desportos de diferentes modalidades, à recreação e ao lazer em geral*".

Para delimitação das áreas de balneários contempladas no presente item, as informações foram extraídas de dados de órgãos oficiais, tais como as Prefeituras Municipais e Secretaria do Desenvolvimento Econômico e Turismo. Tais pontos foram identificados a partir da localização em imagens de satélite, gerando topônimos, observados ainda nas atividades de campo realizadas no âmbito do diagnóstico ambiental. Os pontos identificados como balneários e praias são listados abaixo.

A determinação do *buffer* de 450 m ocorreu com base nos pontos levantados a campo e a partir da delimitação da linha de praia por meio de imagem de satélite (Figura 10.10).



Figura 10.10 – Área imprópria gerada pela presença dos Balneário Porto Batista.

Quadro 10.5 – Pontos para definição das áreas impróprias referente aos balneários e praias.

Nome	Definição	Longitude (º)	Latitude (º)
Balneário Caixa D'água	Balneários e áreas de lazer	-52,9728	-30,0102
Balneário do Porto Batista	Balneários e áreas de lazer / Comunidade com pescadores residentes	-51,5165	-29,9136
Balneário do Seringa	Balneários e áreas de lazer	-52,9024	-30,0796
Balneário Monte Alegre	Balneários e áreas de lazer / Comunidade com pescadores residentes	-52,0308	-29,9542
Balneário Porto das Mesas	Balneários e áreas de lazer / Comunidade com pescadores residentes	-52,3185	-29,9377
Balneário Porto do Lambari	Balneários e áreas de lazer / Comunidade com pescadores residentes	-52,1836	-29,9639
Balneário Porto Ferreira	Balneários e áreas de lazer / Comunidade com pescadores residentes	-52,3381	-29,9838
Balneário Santa Vitória	Balneários e áreas de lazer / Comunidade com pescadores residentes	-52,387	-29,9967
Pousada e Balneário Gonzales de Souza	Balneários e áreas de lazer	-51,642	-29,9527
Praia da Cachoeirinha	Balneários e áreas de lazer / Comunidade com pescadores residentes	-51,764	-29,9529
Praia das Pedrinhas	Balneários e áreas de lazer / Comunidade com pescadores residentes	-51,6389	-29,9521
Praia do Encontro	Balneários e áreas de lazer / Comunidade com pescadores residentes	-51,7232	-29,9533
Praia do Estaleiro	Balneários e áreas de lazer / Comunidade com pescadores residentes	-51,692	-29,9436
Praia dos Ingazeiros	Balneários e áreas de lazer / Comunidade com pescadores residentes	-52,3812	-29,9939
Praia Nova	Balneários e áreas de lazer	-52,8822	-30,0561
Praia Velha	Balneários e áreas de lazer / Comunidade com pescadores residentes	-52,8841	-30,0539

Como diretriz ao licenciamento ambiental indica-se a necessidade de consultar o município em relação à localização e abrangência das áreas mapeadas por este estudo como

lazer/balneários/praias, objetivando avaliar potenciais impactos de empreendimentos em relação a esses locais.

10.4.4 Comunidades com pescadores residentes

Assim como os balneários, as áreas de comunidades com pescadores residentes ao longo do rio, que tem relação direta com o mesmo, foram contempladas em função dos efeitos que a atividade minerária pode acarretar, trazendo conflitos com moradores e atividades econômicas desenvolvidas nesses locais, considerando os aspectos:

- Geração de ruídos e vibrações;
- Segurança dos usuários;
- Proteção da atividade pesqueira;
- Manutenção da qualidade da água;
- Acidentes com derramamento de combustíveis;
- Impacto visual.

A delimitação da área imprópria para proteção das comunidades associadas ao Rio Jacuí considerou uma distância mínima de 100 m a partir da margem, visando assegurar a manutenção de suas atividades e interação com o rio do ponto de vista social e econômico, considerando as territorialidades estabelecidas nas proximidades das localidades onde residem.

As informações referentes às áreas de comunidades associadas ao Rio Jacuí foram extraídas de dados de órgãos oficiais, tais como as Prefeituras Municipais e o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Os pontos foram identificados a partir da localização em imagens de satélite, gerando topônimos, observados ainda nas atividades de campo realizadas no âmbito do diagnóstico ambiental. Os pontos identificados como lazer, balneários, praias e comunidades são listados abaixo.

Quadro 10.6 – Pontos utilizados para definição das áreas impróprias referente às comunidades.

Nome	Definição	Longitude (º)	Latitude (º)
Praia Velha	Balneários e áreas de lazer / Comunidade com pescadores residentes	-52,8841	-30,0539
Balneário Santa Vitória	Balneários e áreas de lazer / Comunidade com pescadores residentes	-52,387	-29,9967
Praia dos Ingazeiros	Balneários e áreas de lazer / Comunidade com pescadores residentes	-52,3812	-29,9939
Balneário Porto Ferreira	Balneários e áreas de lazer / Comunidade com pescadores residentes	-52,3381	-29,9838
Balneário Porto das Mesas	Balneários e áreas de lazer / Comunidade com pescadores residentes	-52,3185	-29,9377
Balneário Porto do	Balneários e áreas de lazer / Comunidade com	-52,1836	-29,9639

Nome	Definição	Longitude (º)	Latitude (º)
Lambari	pescadores residentes		
Balneário Monte Alegre	Balneários e áreas de lazer / Comunidade com pescadores residentes	-52,0308	-29,9542
Vila de Santo Amaro do Sul	Balneários e áreas de lazer / Comunidade com pescadores residentes	-51,8981	-29,9391
Praia da Cachoeirinha	Balneários e áreas de lazer / Comunidade com pescadores residentes	-51,764	-29,9529
Praia do Encontro	Balneários e áreas de lazer / Comunidade com pescadores residentes	-51,7232	-29,9533
Praia do Estaleiro	Balneários e áreas de lazer / Comunidade com pescadores residentes	-51,692	-29,9436
Praia das Pedrinhas	Balneários e áreas de lazer / Comunidade com pescadores residentes	-51,6389	-29,9521
Balneário do Porto Batista	Balneários e áreas de lazer / Comunidade com pescadores residentes	-51,5165	-29,9136
Passo do Lourenço	Comunidade com pescadores residentes	-53,0099	-30,0117
Bairro Marques Ribeiro	Comunidade com pescadores residentes	-52,8918	-30,0544
Cristo Rei	Comunidade com pescadores residentes	-52,8777	-30,0531
Capão Grande	Comunidade com pescadores residentes	-52,8087	-30,052
Porto Três Irmãos	Comunidade com pescadores residentes	-52,061	-29,9338
Ilha da Paciência	Comunidade com pescadores residentes	-51,6393	-29,931
Beira Rio	Comunidade com pescadores residentes	-51,6306	-29,9504
Localidade de General Neto/Praia Grande	Comunidade com pescadores residentes	-51,6114	-29,9248
Santo Antônio	Comunidade com pescadores residentes	-51,6098	-29,9472
General Neto/ Praia Grande	Comunidade com pescadores residentes	-51,5955	-29,9308
Porto da Belinha	Comunidade com pescadores residentes	-51,4899	-29,9118
Porto da Manga	Comunidade com pescadores residentes	-51,4568	-29,951
Ilha da Ponta Rasa	Comunidade com pescadores residentes	-51,3784	-29,9635

Para delimitação das áreas impróprias geradas pela presença de comunidades foi observada linha de margem com presença de residências unifamiliares e arruamentos, determinando a partir desta linha um *buffer* de 100 metros em direção ao leito do rio conforme a seguir.

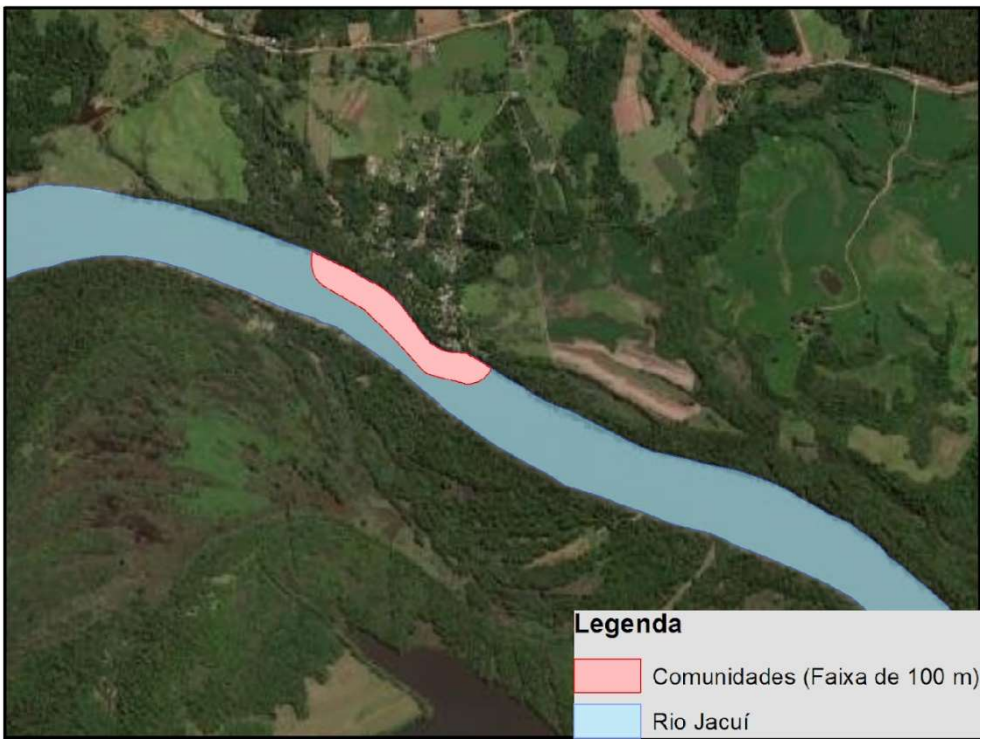


Figura 10.11 – Exemplo de delimitação de área imprópria à mineração de areia gerada pela presença de comunidade.

Como diretriz ao licenciamento ambiental, quando as poligonais de interesse minerários se localizarem próximo a malhas urbanas consolidadas às margens do Rio Jacuí, se indica a consulta à municipalidade quanto à delimitação da área ocupada e a extensão das áreas impróprias à mineração, por meio de certidão de viabilidade da Prefeitura Municipal relativa ao atendimento às diretrizes municipais de desenvolvimento e plano diretor (uso do solo) e sobre a localização do empreendimento quanto a áreas urbanas e a presença de áreas de recreação e lazer nas margens, dentro do segmento a ser licenciado.

Indica-se ainda a necessidade de estudos mais detalhados sobre os locais de pesca caso o licenciamento ocorra próximo a comunidade com pescadores. A análise da atividade pesqueira deve incluir a aplicação de entrevistas junto a representantes e profissionais atuantes e/ou residentes no segmento a ser minerado e ao longo de uma distância mínima a partir dos limites da área de lavra de 1 km a montante e 5 km a jusante, visando traçar o perfil da atividade no trecho sob influência do empreendimento.

10.4.5 Unidades de Conservação

Como critério legal que orienta a delimitação das áreas impróprias associadas à existência de unidades de conservação foram consideradas as Lei Federal nº 9.985, de 18 de julho de 2000 e Lei Estadual nº 12.371/2005, *que regulamenta e institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação e que institui o Parque Estadual Delta do Jacuí.*

Nos levantamentos executados ao longo deste estudo foi possível identificar seis unidades de conservação na área de estudo. Dessas áreas somente a área do PE Delta do Jacuí foi incorporada às áreas impróprias (Figura 10.11):

- APA da Ilha Dona Antônia.
- RPPN Sítio Porto da Capela.
- APA Gerdau.
- APA Delta do Jacuí.
- APA Lagoa de Amarópolis.
- PE Delta do Jacuí.

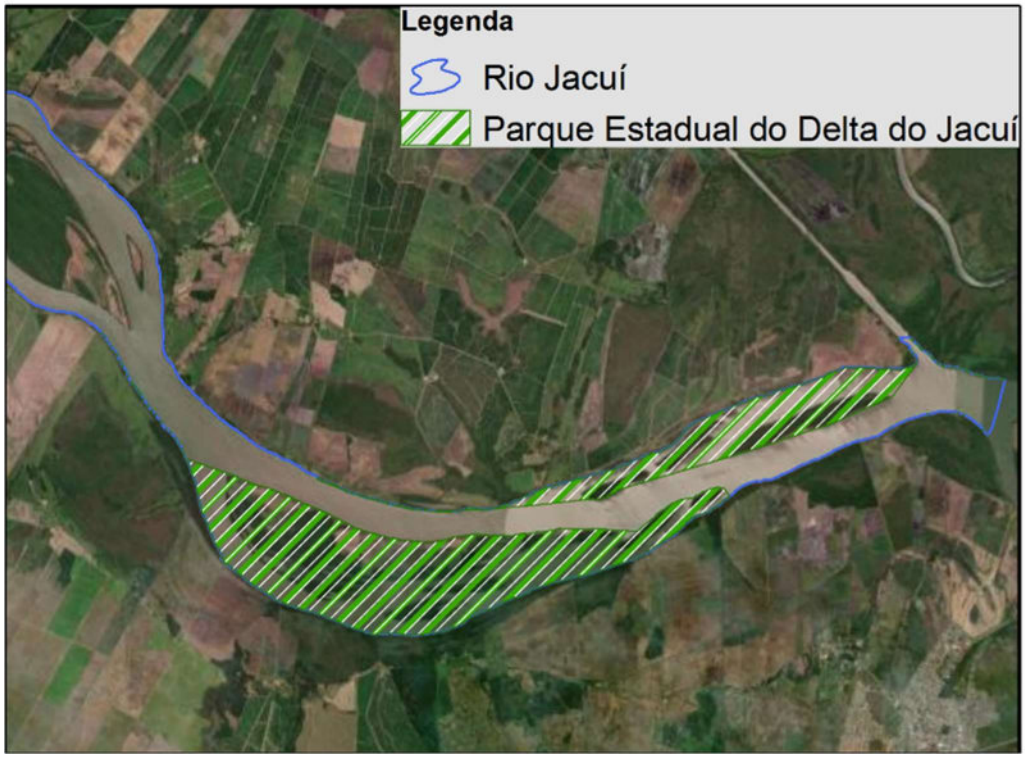


Figura 10.12 – Área do Parque Estadual Delta do Jacuí.

Como diretriz ao licenciamento ambiental indica-se a necessidade de consulta aos responsáveis pelas Unidades de Conservação, quando a mineração se localizar na zona de amortecimento das mesmas.

10.4.6 Ambientes Marginais

Os ambientes marginais, presentes na planície de inundação, representam habitats com maior tempo de residência (piscina isolada ou lagoa, *backwater, forewater* e embaiamento), o qual varia em função do nível de conectividade ao canal principal.

O pulso de cheia do rio e a distância entre estes habitats e o canal principal são os fatores que determinam o nível de conectividade. Estes habitats apresentam elevada riqueza espécies de peixes e de macroinvertebrados bentônicos, especialmente de organismos escavadores, representados por bivalves, insetos aquáticos, entre outros organismos, uma vez que apresentam maior estabilidade e produtividade do que o canal principal.

Além disso, representam áreas de refúgio, alimentação e berçário para formas jovens de peixes migradores e espécies de menor porte. Em cenário de alta conectividade, em época de cheia, ocorrem trocas entre os habitats citados e o rio, facilitando a dispersão de espécies e o aporte de nutrientes. A delimitação destes ambientes constituiu na soma da área do corpo hídrico e de sua APP, conforme as leis federais nº 12.651/2012 e nº 12.727/2012.

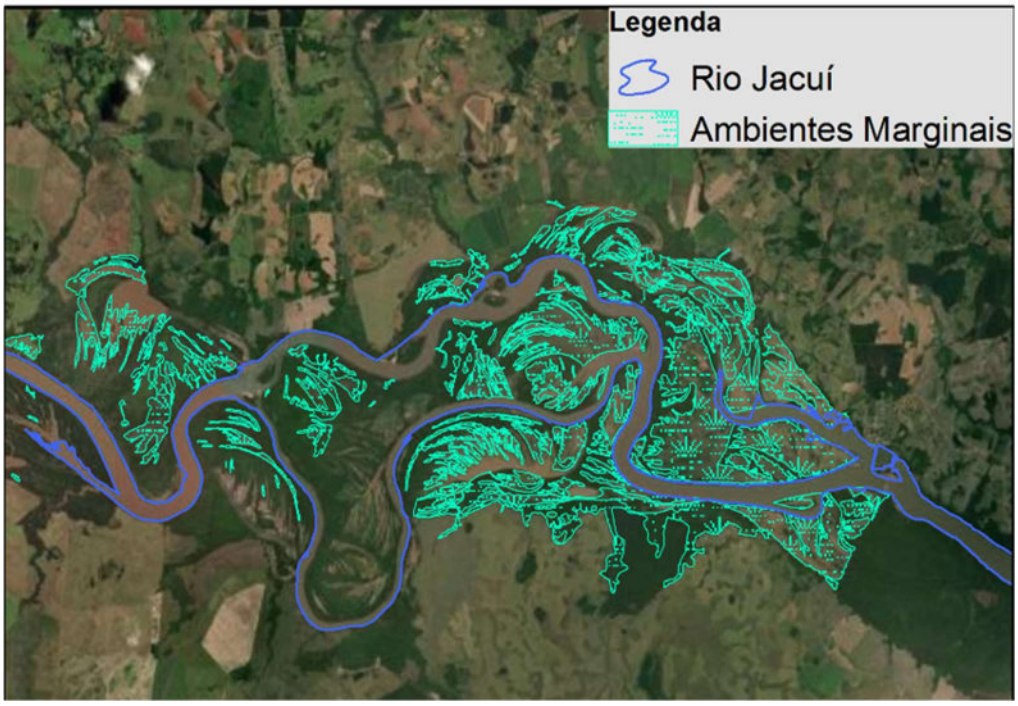


Figura 10.13 – Exemplo de delimitação de área imprópria gerada pelos ambientes marginais.

Cabe ressaltar que o Brasil é signatário da Convenção da Diversidade Biológica (2010), aprovada em Decreto Legislativo nº 2, de 1994, se comprometendo em: promover a proteção de ecossistemas, hábitats naturais e manutenção de populações viáveis de espécies em seu meio natural; assim como recuperar e restaurar ecossistemas degradados e promover a recuperação de espécies ameaçadas, mediante, entre outros meios, a elaboração e implementação de planos e outras estratégias de gestão. Também é signatário da Convenção Ramsar, comprometendo-se a proteger várzeas, também denominadas de planícies de inundação, que são áreas marginais a cursos d'água sujeitas a enchentes e inundações periódicas, e proteger áreas úmidas, especialmente as de importância internacional, como preconiza a Lei nº 12.727, de 2012.

11 ZONEAMENTO AMBIENTAL DA MINERAÇÃO DE AREIA NOS CURSOS MÉDIO E BAIXO DO RIO JACUÍ

A Lei 6.938/81, que institui a Política Nacional de Meio Ambiente, em seu art. 9° prevê alguns instrumentos para sua efetivação, dentre os quais está o Zoneamento Ambiental, sendo também um dos instrumentos enunciados na Política Estadual de Meio Ambiente (Lei Estadual n° 15.434, de 9 de janeiro de 2020). Trata-se de um instrumento que visa conciliar atividades de exploração de recursos naturais com a proteção ambiental, uma vez que, por meio da regulamentação do uso de bens ambientais, torna-se possível definir onde e de que forma uma dada atividade pode e deve se desenvolver, além de determinar restrições e limitações em função da necessária proteção ambiental.

Como ferramenta de planejamento ambiental, o zoneamento tem como objetivo compatibilizar o uso dos recursos naturais, nesse caso, extração de areia, com demandas e características ambientais da região bem como com especificidades vinculadas aos impactos da atividade, respeitando a aplicação dos preceitos legais, incluindo nesse último conjunto, planos de programas existentes relacionados ao tema. A meta final de um zoneamento é a compatibilização do uso racional dos recursos ambientais com a proteção dos ecossistemas.

O Zoneamento Ambiental para a Atividade de Mineração de Areia nos Cursos Médio e Baixo do Rio Jacuí objetiva estabelecer diretrizes para o licenciamento ambiental a partir da avaliação de características que definem a sensibilidade ambiental das áreas avaliadas.

A delimitação de zonas teve como base duas vertentes de acesso a informações: i) a consulta a dados secundários, ou seja processos de licenciamento ambiental existentes e publicações científicas contendo estudos realizados na região, vinculados ao tema da mineração de areia ou ainda, aos aspectos avaliados na concepção do diagnóstico ambiental; e ii) estudos ambientais específicos, realizados em campo, visando conhecer as características de aspectos socioeconômicos e componentes do ecossistema em que está inserido o trecho do Rio Jacuí e que são potencialmente afetados pela mineração de areia.

Neste documento, o Capítulo 9 apresenta a seleção de temas estudados (descritores), o detalhamento das metodologias, análises de dados e resultados obtidos.

O trabalho foi concebido e desenvolvido com direcionamento para a obtenção de dados que pudessem ser incorporados em bases cartográficas que, por sua vez, permitissem aplicação de técnicas de geoprocessamento tanto para sua análise e apresentação por tema, quanto para a integração do conjunto de descritores através de análise multicritério. Para

tanto, aplicou-se o método da matriz de Saaty em uma oficina conjunta entre equipe técnica da consultora e equipe da Fepam.

Desse esforço conjunto foram obtidos os pesos para os descritores, através dos quais foi possível elaborar o produto da análise integrada que foi denominado “Mapa Síntese dos Descritores” e que representa a base do zoneamento propriamente dito.

Os seis descritores selecionados a partir dos estudos de diagnóstico estão apresentados no quadro a seguir e possuem as seguintes características:

Quadro 11.1 – Descritores e respectivos pesos utilizados na análise integrada do diagnóstico ambiental; número de observações em campo, descrição de cada classe utilizada para mapeamento dos temas e respectiva valoração.

Descritor	Peso (%)	Nº de pontos	Características	Valoração
Morfodinâmica das margens	29,6	316	Margem com rocha	1
			Margem com solo e vegetação ciliar sem erosão	2
			Margem com solo, vegetação ciliar e princípio de erosão	3
			Margem com solo, pouca vegetação e/ou princípio de erosão	4
			Margem com erosão ou sem vegetação	5
Leito estável (*bedrock*)	8,3	166	Mais de 5 m de espessura de sedimentos acima do *bedrock*	1
			Entre 3 e 5 m de espessura	2
			Entre 1 e 3 m de espessura	3
			Espessura de sedimentos acima do *bedrock* menor do que 1 metro	4
Ambientes da Ictiofauna	22	358	Praias	1
			Foz de arroio	2
			Foz de rio	3
			Ambientes marginais	4
Mesohabitats bentônicos	27,7	357	Mesohabitats com elevada instabilidade (*Run*), na calha principal, com granulometria grosseira (areia, seixo ou lajeado), e riqueza reduzida. Centro do canal do trecho meandrante e anastomosado	1
			Mesohabitats com instabilidade moderada (*Run*), na calha principal, com granulometria predominantemente arenolodosa, e riqueza reduzida. Centro do canal no trecho retilíneo e entrelaçado	2
			Mesohabitats na planície de inundação, transicionais, com estabilidade moderada, com maior conectividade à calha (ex.:	3

Descritor	Peso (%)	Nº de pontos	Características	Valoração
			backwater, *forewater* embaiamento), com predominância de sedimentos arenosos; Foz de rio	
			Mesohabitats na planície de inundação, transicionais, com elevada estabilidade, com pouca ou nenhuma conectividade à calha (ex.: piscinas isoladas), exceto em período de cheia, com predominância de sedimentos finos; Mesohabitats marginais como áreas deposicionais (ex.: barras em pontal, margens de Ilhas e barras longitudinais, ou praias), com registros de organismos bentônicos, especialmente escavadores; Foz de arroio	4
Conectividade de manchas de vegetação para a fauna terrestre	4,1	100	Manchas isoladas ou com conexão limitada à área de estudo	1
			Manchas com conexão que extrapola a área de estudo, mas não se estende por longas distâncias	2
			Manchas com conexão que extrapola a área de estudo a longas distâncias	3
Socioeconomia	8,3	98	Pontos de captação industrial, para irrigação ou para dessedentação animal	1
			Aglomerados populacionais	2
			Pontos de captação para abastecimento público, balneários, praias e áreas urbanas	3

Além dos levantamentos de dados em campo, que incluíram os descritores dos meios físico, biótico e socioeconômico descritos no quadro anterior, foi implementado um modelo hidrossedimentométrico que permitiu verificar o potencial erosivo e variações na deposição de sedimentos a partir de condições previamente relativas ao fluxo hídrico e à intensidade da exploração de areia ao longo de toda a área de estudo.

Essa modelagem permitiu a identificação de locais de “altíssimo risco erosivo hidrodinâmico” (aqueles com aumentos na velocidade das águas acima de 0,5 m/s) e de “alta erosão” (onde ocorreu rebaixamento da cota de sedimentos maior do que 0,5 m). Tais informações compõem uma das camadas de informações deste zoneamento, denominada “áreas de atenção”.

Também foram incorporadas às áreas de atenção uma faixa de segurança de 500 m no entorno das áreas de foz dos principais rios que afluem ao Rio Jacuí e nas quais a atividade

de mineração deverá ser restrita no período da piracema, para garantir a reprodução dos peixes que sobem esses afluentes como parte de seu ciclo reprodutivo.

Além do mapa síntese dos descritores e das áreas de atenção, o zoneamento é também composto por um conjunto de locais em que a atividade de mineração não será permitida, em função de restrições legais e infralegais e devido a características ambientais que os torna especialmente sensíveis do ponto de vista da conservação da vida silvestre. Essa camada de informações foi denominada “áreas impróprias”.

Esse conjunto de informações cartográficas constitui o mapa final do zoneamento que estará composto pela seguinte legenda, vinculada a níveis diferenciados de exigência quanto ao licenciamento ambiental ou mesmo sem possibilidade de exploração de areia:

- Classe 1: Sensibilidade Ambiental Muito Baixa
- Classe 2: Sensibilidade Ambiental Baixa
- Classe 3: Sensibilidade Ambiental Média
- Classe 4: Sensibilidade Ambiental Alta
- Áreas de Atenção – porções do território em que deverão ser conduzidos estudos e programas de monitoramento específicos voltados para potencial de risco de erosão em função das condições hidrodinâmicas e áreas de foz dos principais afluentes do Rio Jacuí no trecho avaliado;
- Áreas Impróprias – porções do território em que não será permitida a exploração de areia.

Para cada zona, foram estabelecidas diretrizes que irão orientar os procedimentos necessários ao licenciamento da atividade extrativa, assim como definidas medidas de precaução a serem adotadas para que a mineração de areia se processe da forma a mais sustentável possível, garantindo a salvaguarda das características ambientais mais relevantes identificadas no estudo. O próximo capítulo aborda as diretrizes e medidas preventivas sugeridas para incorporação nas exigências para cada zona a serem incorporadas aos futuros processos de licenciamento ambiental.

11.1 Classes de Sensibilidade

O estabelecimento das diretrizes de licenciamento está associado diretamente à classificação definida no “mapa síntese” resultante dos procedimentos de análise integrada desenvolvidos, e inclui também a avaliação da distribuição das “Áreas de Atenção” e das “Áreas Impróprias”.

As quatro classes que compõem o mapa síntese e que definem, em última instância, a sensibilidade ambiental do trecho do Rio Jacuí avaliado são as seguintes:

- Classe 1 – Sensibilidade Ambiental Muito Baixa
- Classe 2 – Sensibilidade Ambiental Baixa
- Classe 3 – Sensibilidade Ambiental Média
- Classe 4 – Sensibilidade Ambiental Alta

Neste capítulo são feitas análises da distribuição das classes de sensibilidade na área de estudo, assim como descritas suas características mais marcantes. As menções feitas aos aspectos quantitativos nos itens relativos à descrição das classes apresentados a seguir estão associadas às áreas totais das classes do mapa síntese, antes da eliminação das poligonais das ilhas e das áreas impróprias, como será oportunamente discutido.

Também são feitas considerações relativas aos três segmentos em que se divide a área de estudo (A = jusante; B = segmento intermediário e C = montante), avaliando tanto as áreas de cada segmento como suas extensões lineares, como pode ser visto no quadro a seguir.

Quadro 11.2 – Segmentos da subdivisão da área de estudo no Rio Jacuí.

Segmentos	Área (ha)	Área relativa (%)	Extensão (km)	Extensão relativa (%)
C (Montante)	1.957,9	13,2	100,1	38,3
B (Intermediário)	4.679,0	31,5	98,7	37,7
A (Jusante)	8.202,6	55,3	62,8	24,0
TOTAL	**14.839,6**	**100**	**261,7**	**100**

11.1.1 *Classe 1 – Sensibilidade Ambiental Muito Baixa*

A Classe 1 – Sensibilidade Ambiental Muito Baixa corresponde a classe de sensibilidade de maior área no mesmo.

Essa classe apresenta uma maior concentração no segmento A da área de estudo, trecho que tem início no entorno da barragem de Amarópolis, é o de maior área, somando 55,3 % do total avaliado, embora seja o mais curto quando se consideram as extensões lineares.

Algumas áreas de Classe 1 apresentam extensões lineares expressivas, como ocorre no trecho que vai da porção mais alta de montante até as proximidades da cidade de Cachoeira do Sul e no que está situado no entorno do Anel de Dom Marco.

O maior polígono da Classe 1 encontra-se no segmento A da área de estudo, com 1.936 ha, mas que sofre uma redução significativa (66,8 %) em função da sobreposição com o Parque Estadual Delta do Jacuí.

11.1.2 *Classe 2 – Sensibilidade Ambiental Baixa*

A exemplo do que ocorre com a Classe 1, as áreas de sensibilidade ambiental baixa ocorrem em maior proporção no segmento A da área de estudo.

Em termos da proporção entre as classes, essa classe tem a segunda maior área identificada. A Classe 2 é ainda a que conta com o maior número de polígonos, com 22 manchas, com as maiores extensões lineares localizadas no trecho C, com destaque para a área contínua de 958 ha a jusante da cidade de Cachoeira do Sul.

Há ainda áreas conjuntas expressivas à altura dos municípios de Vale Verde e Minas do Leão, assim como no entorno da foz do Rio Taquari.

11.1.3 *Classe 3 – Sensibilidade Ambiental Média*

A Classe 3 – Sensibilidade Ambiental Média ocorre somente nos segmentos A e B, ao longo de sete polígonos, sendo que o maior deles totaliza 1.946 ha e é o maior polígono do mapa síntese. Iniciando-se a montante da cidade de Charqueadas, estende-se até a altura do arroio Passo Fundo, afluente da margem esquerda do Rio Jacuí. Esse polígono tem, ainda, a peculiaridade de ter duas poligonais embebidas de áreas pertencentes à classe 4, descritas a seguir.

A área mais a montante dessa que é a segunda classe de maior sensibilidade está situada em um trecho que o Rio Jacuí corre inteiramente dentro do município de Rio Pardo, a montante de Vale Verde e Minas do Leão e estende-se por cerca de 10 km, com uma área de 372 ha.

11.1.4 *Classe 4 – Sensibilidade Ambiental Alta*

Como ocorre com a Classe 3, a Classe Sensibilidade Ambiental Alta é encontrada apenas nos trechos A e B, em seis polígonos individualizados.

A primeira área dessa classe, de montante para jusante, está localizada a montante da barragem de Amarópolis, com 263 ha e estendendo-se por cerca de 4,2 km.

A maior área registrada nessa classe tem 311 ha e encontra-se junto à margem esquerda do Rio Jacuí, onde este faz a divisa entre Triunfo e Charqueadas. Essa poligonal, juntamente com uma situada um pouco mais a montante, nas proximidades do núcleo urbano de Charqueadas, encontra-se no interior de uma mancha de Classe 3, formando um conjunto que se destaca do ponto de vista do agrupamento de classes de maior sensibilidade.

11.1.5 *Quantificação das superfícies do Mapa do Zoneamento*

As quantificações relativas às superfícies ocupadas pelas classes de sensibilidade apresentam distintas possibilidades de abordagem, a partir do encadeamento lógico adotado para a construção do mapa síntese e seus desdobramentos.

Como a elaboração do mapa síntese se deu a partir da avaliação de um envoltório que abarcava o Rio Jacuí na forma e um polígono único e sem interrupções, alguns ajustes são necessários para que os quantitativos das áreas estejam mais adequados à realidade da superfície a ser efetivamente zoneada.

As análises feitas a partir da distribuição espacial das classes do mapa síntese na área de estudo revelam que 69 % da área de estudo foi classificada como sendo de sensibilidade baixa a muito baixa. As classes de maior sensibilidade se resumem a cerca de 30 % do total da área, cabendo referência à classe de sensibilidade alta, que representa somente 6,5 % do total da área (Quadro 11.3).

Quadro 11.3 – Distribuição espacial das classes do mapa síntese.

Classe	Área (ha)	Área relativa (%)
1 – Muito Baixa	5.371,5	36,2
2 – Baixa	4.872,0	32,8
3 – Média	3.626,7	24,4
4 – Alta	969,4	6,5
TOTAL	**14.839,6**	**100**

A primeira redução da área total avaliada se dá quando se subtrai do mapa síntese as áreas das ilhas encontradas no trecho do Rio Jacuí avaliado. Essas ilhas somam cerca de 4.400 hectares e sua superfície corresponde a 29,7 % do total do mapa síntese. Por se tratar de locais em que não é permitida a atividade de mineração de areia, a supressão das ilhas para fins de quantificação visa tornar mais objetiva a avaliação do efeito das áreas impróprias sobre o total de áreas efetivamente disponíveis para a atividade minerária.

Quadro 11.4 – Distribuição espacial das classes do mapa síntese após a exclusão das ilhas.

Classe	Área (ha)	Área relativa (%)
1 – Muito Baixa	4.080,5	39,1
2 – Baixa	3.884,8	37,2
3 – Média	1.786,3	17,1
4 – Alta	681,5	6,5
TOTAL	**10.433,1**	**100**

Uma vez gerado o mapa síntese sem a superfície das ilhas, foram também descontadas dos totais das classes de sensibilidade as poligonais das “áreas impróprias” e, com esse processo de eliminação das sobreposições, as áreas do mapa síntese passam a apresentar os quantitativos sintetizados no quadro a seguir.

Quadro 11.5 – Distribuição espacial das classes do mapa síntese com a exclusão das áreas impróprias.

Classe	Área (ha)	Área relativa (%)
1 – Muito Baixa	2.818,1	34,5
2 – Baixa	3.173,2	38,7
3 – Média	1.567,2	19,1
4 – Alta	622,7	7,6
TOTAL	**8.181,2**	**100**

A elaboração do mapa síntese redundou na subdivisão da área de estudo em 50 polígonos em que se distribuem as quatro classes de sensibilidade identificadas. Com a eliminação das áreas impróprias, estes 50 polígonos foram reduzidos a 45, em função de sobreposições verificadas. A eliminação dessa sobreposição com as áreas impróprias resultou em uma redução de 21,6 % da área do mapa síntese, já tendo sido descontadas anteriormente as áreas das ilhas.

Quando se avalia o mapa síntese, observa-se que as Classes 1 e 2 são as duas classes de sensibilidade predominantes, totalizando 34 polígonos, o que corresponde a 73,2 % da área relativa após a exclusão das áreas impróprias;

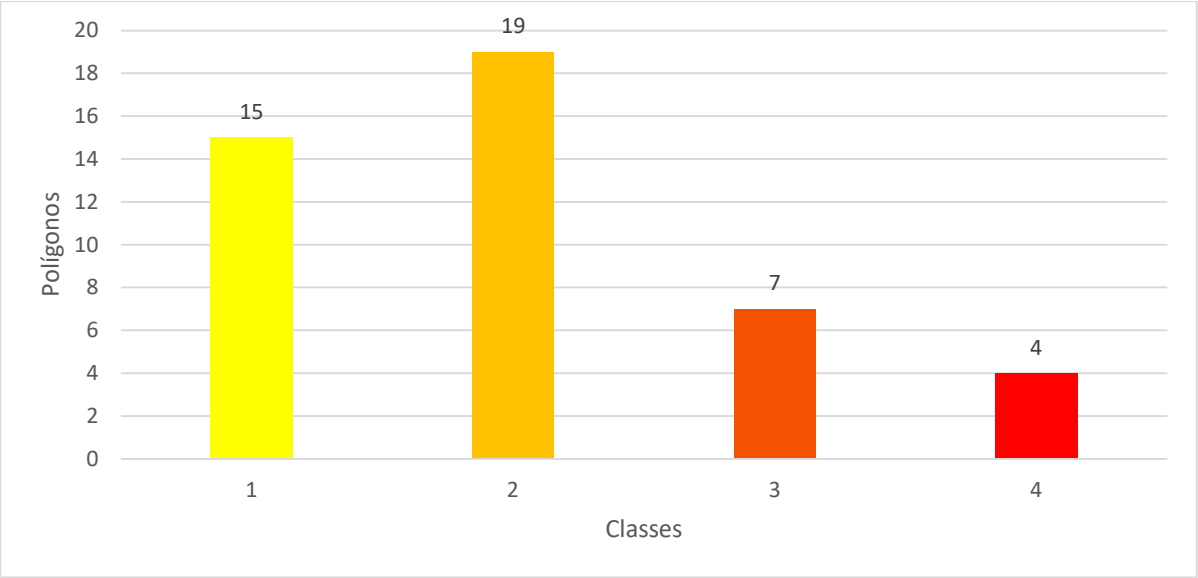


Figura 11.1 – Quantidade de polígonos por classe de sensibilidade.

A Figura 11.2 a seguir ilustra o encadeamento dos processos descritos neste capítulo e que levaram à consolidação do mapa do zoneamento.

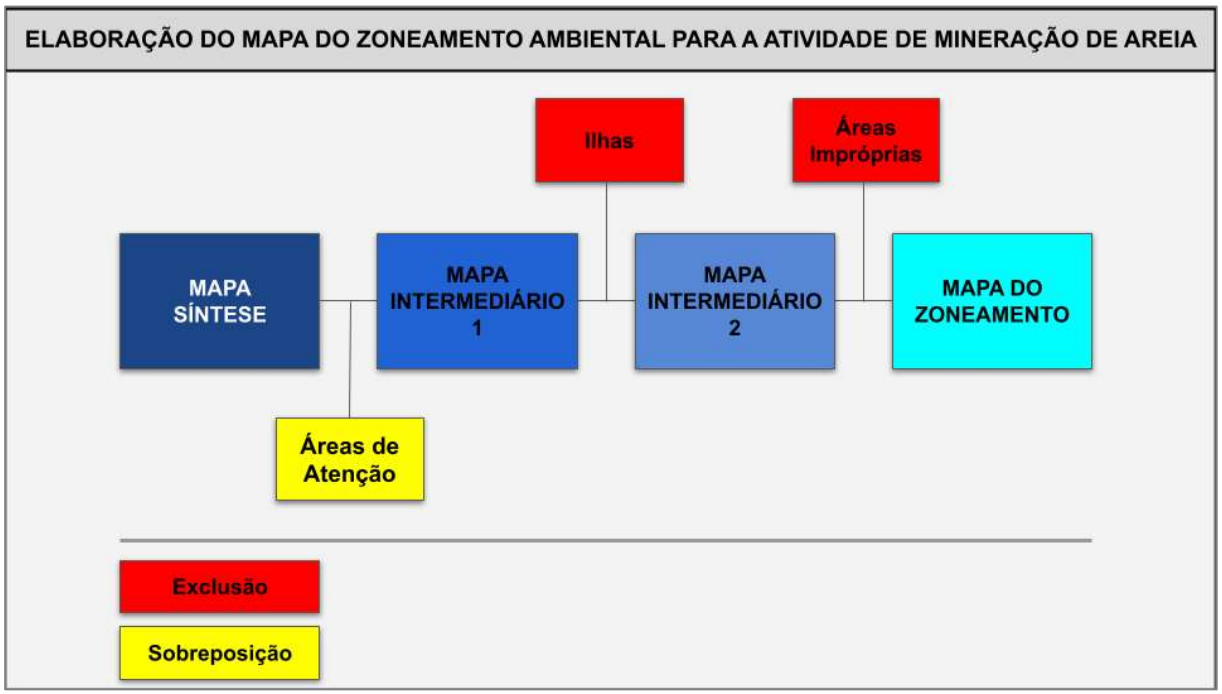


Figura 11.2 – Passo a passo da produção do mapa do zoneamento a partir do mapa síntese do diagnóstico ambiental.

O Quadro 5.6 apresenta a distribuição das classes de sensibilidade, considerando tanto as áreas originais do mapa síntese como as exclusões associadas às ilhas e às áreas impróprias, assim como a sobreposição das áreas de atenção. Esse quadro está estruturado a partir da relação do conjunto dos polígonos gerados no mapa síntese, considerando os seguintes campos:

- **Ordem** – Organiza os polígonos de montante para jusante;
- **Classe** – Classe de SENSIBILIDADE do mapa síntese;
- **Code** – Identifica cada polígono gerado no mapa síntese através de três caracteres no padrão "Xnx", em que:
    - Letra maiúscula = segmento do rio, de acordo com o Termo de Referência que orientou o zoneamento;
    - Número = classe do mapa síntese;
    - Letra minúscula = ordenação alfabética da classe no segmento, de montante para jusante.
- **Área Total (ha)** – Áreas dos polígonos originais do mapa síntese;
- **Área 2 (ha)** – Áreas dos polígonos do mapa síntese após a eliminação das ilhas;
- **Área 3 (ha)** – Áreas dos polígonos do mapa síntese (Área 2) após a eliminação das áreas impróprias;
- **Redução** – Redução percentual da "Área 2" após a supressão das áreas impróprias;
- **AA (ha)** (Áreas de Atenção) – Superfície das Áreas de Atenção sobreposta a cada uma das poligonais do mapa síntese;
- **Áreas de Atenção (AA)** – Tipologia das Áreas de Atenção identificadas nas poligonais do mapa síntese.
- **Descritores Predominantes** –Análise visual da incidência dos hot spots dos seis descritores no entorno das poligonais definidas. Essa informação apresenta um caráter complementar, haja vista o encadeamento do processo de elaboração do mapa síntese, em que os hot spots constituem dados de entrada, mas não podem ser comparados diretamente com o produto da análise integrada.

Quadro 11.6 – Caracterização das Classes de sensibilidade e áreas de atenção identificadas no Zoneamento.

Ordem	Classe	Code	Área total (ha)	Área 2 (ha)	Área 3 (ha)	Redução (%)	AA (ha)	Áreas de Atenção (AA)	Descritores predominantes
1	1	C1a	523,85	523,36	473,1222919	9,6	4,02	RE/FR	Leito Estável (*bedrock*); socioeconomia
2	2	C2a	47,51	47,51	43,23648854	9,0	17,71	FR	Morfodinâmica das Margens; Conectividade de manchas de vegetação para a fauna terrestre
3	1	C1b	182,44	182,44	143,3571279	21,4	19,44	FR	Socioeconomia; Conectividade de manchas de vegetação para a fauna terrestre
4	2	C2b	125,27	125,10	116,6982531	6,7	7,89	FR	Mesohabitats bentônicos; Conectividade de manchas de vegetação para a fauna terrestre
5	1	C1c	6,80	6,80	6,800188843	0,0	6,73	FR	Leito Estável (*bedrock*)
6	2	C2c	958,02	931,55	730,0138863	21,6	14,34	RE	Leito Estável (*bedrock*); Ambientes da Ictiofauna; Mesohabitats bentônicos
7	1	C1d	104,58	104,27	104,2374057	0,0	-	-	Leito Estável (*bedrock*)
8	2	C2d	9,46	9,46	4,313547097	54,4	0,65	TS	Morfodinâmica das Margens
9	1	B1a	906,58	906,07	480,4855965	47,0	70,56	RE/TS/FR	Leito Estável (*bedrock*)
10	2	B2a	23,88	23,88	23,87078883	0,0	-	-	Leito Estável (*bedrock*)
11	1	B1b	36,38	36,38	35,85387327	1,4	-	-	Morfodinâmica das Margens
12	2	B2b	148,86	143,82	87,05574857	39,5	28,18	FR	Ambientes da Ictiofauna; socioeconomia
13	1	B1c	79,33	79,33	52,16576205	34,2	-	-	Ambientes da Ictiofauna
14	2	B2c	111,44	111,44	92,15412188	17,3	22,52	FR	Ambientes da Ictiofauna; socioeconomia
15	1	B1d	127,20	127,20	125,8648307	1,0	-	-	Ambientes da Ictiofauna
16	2	B2d	94,02	94,02	93,97671985	0,0	37,72	FR	Ambientes da Ictiofauna; Mesohabitats bentônicos
17	3	B3a	372,44	366,88	339,7391404	7,4	93,63	RE/TS	Morfodinâmica das Margens; Ambientes da Ictiofauna; Mesohabitats bentônicos; Conectividade de manchas de vegetação para a fauna terrestre
18	2	B2e	260,14	260,14	260,0093126	0,1	51,51	TS	Morfodinâmica das Margens; Mesohabitats bentônicos; Conectividade de manchas de vegetação para a fauna terrestre

Ordem	Classe	Code	Área total (ha)	Área 2 (ha)	Área 3 (ha)	Redução (%)	AA (ha)	Áreas de Atenção (AA)	Descritores predominantes
19	1	B1e	86,78	70,04	70,00508106	0,1	6,06	RT/TS	Ambientes da Ictiofauna
20	2	B2f	268,63	268,63	182,0998216	32,2	32,37	TS	Ambientes da Ictiofauna; Mesohabitats bentônicos
21	3	B3b	30,69	22,39	22,37395594	0,1	-	-	Morfodinâmica das Margens; Ambientes da Ictiofauna; Mesohabitats bentônicos
22	2	B2g	349,82	74,83	74,33277083	0,7	28,93	RE/TS	Ambientes da Ictiofauna; Mesohabitats bentônicos
23	1	B1f	564,40	98,33	98,27225634	0,1	-	-	Mesohabitats bentônicos
24	3	B3c	540,23	129,48	121,7172623	6,0	4,19	RE	Leito Estável (*bedrock*); Morfodinâmica das Margens; Mesohabitats bentônicos
25	2	B2h	234,23	88,12	87,45690644	0,8	1,47	RE	Morfodinâmica das Margens; Mesohabitats bentônicos
26	4	B4a	262,98	206,39	206,2675066	0,1	7,94	TS	Leito Estável (*bedrock*); Morfodinâmica das Margens; Mesohabitats bentônicos
27	4	B4b**	42,74	42,74	-	100,0	-	-	Leito Estável (*bedrock*); Morfodinâmica das Margens; Mesohabitats bentônicos
28	4	B4c**	0,52	0,52	-	100,0	-	-	Leito Estável (*bedrock*); Morfodinâmica das Margens; Mesohabitats bentônicos
29	3	B3d	124,13	113,17	65,05693528	42,5	-	-	Leito Estável (*bedrock*); Mesohabitats bentônicos
30	2	B2j	6,05	6,05	0,016518278	99,7	-	-	Mesohabitats bentônicos
31	2	B2i**	7,57	7,57	-	100,0	-	-	Mesohabitats bentônicos
32	1	A1a	272,61	254,39	235,9412442	7,3	88,15	RE/TS	Mesohabitats bentônicos
33	2	A2a	33,40	30,02	29,99745647	0,1	-	-	Morfodinâmica das Margens
34	1	A1b	39,58	39,58	39,55030269	0,1	-	-	Morfodinâmica das Margens
35	2	A2b	241,58	220,33	215,1326937	2,4	52,77	TS	Ambientes da Ictiofauna; socioeconomia
36	2	A2c**	23,20	23,20	-	100,0	-	-	Ambientes da Ictiofauna; socioeconomia
37	3	A3a	271,65	183,76	157,6290322	14,2	28,44	RE/FR	Ambientes da Ictiofauna; socioeconomia
38	2	A2d	813,14	732,87	604,2417316	17,6	153,43	FR	Ambientes da Ictiofauna; socioeconomia
39	2	A2e**	7,76	7,76	-	100,0	-	-	Ambientes da Ictiofauna; socioeconomia

Ordem	Classe	Code	Área total (ha)	Área 2 (ha)	Área 3 (ha)	Redução (%)	AA (ha)	Áreas de Atenção (AA)	Descritores predominantes
40	3	A3b	1.946,30	806,73	735,9402687	8,8	66,57	FR	Morfodinâmica das Margens; Ambientes da Ictiofauna; socioeconomia
41	4	A4a	124,72	67,02	55,04793675	17,9	-	-	Morfodinâmica das Margens; Ambientes da Ictiofauna; socioeconomia
42	4	A4b	311,55	159,68	159,5667176	0,1	-	-	Morfodinâmica das Margens; Ambientes da Ictiofauna; socioeconomia
43	4	A4c	226,91	205,16	201,3762852	1,8	-	-	Morfodinâmica das Margens; Ambientes da Ictiofauna; socioeconomia
44	3	A3c	341,28	163,85	123,7824861	24,5	-	-	Morfodinâmica das Margens; socioeconomia
45	2	A2f	633,20	275,02	270,6556579	1,6	-	-	Morfodinâmica das Margens
46	1	A1c	397,45	212,11	211,9528822	0,1	-	-	Morfodinâmica das Margens
47	2	A2g	80,92	80,68	76,38855217	5,3	-	-	Morfodinâmica das Margens; Ambientes da Ictiofauna
48	1	A1d	1.936,64	1.333,37	638,3225247	52,1	58,55	TS	Morfodinâmica das Margens
49	2	A2h	393,88	322,76	178,3020033	44,8	71,14	TS	Morfodinâmica das Margens; Ambientes da Ictiofauna
50	1	A1e	106,87	106,87	106,7837355	0,1	-	-	Morfodinâmica das Margens

* RE = risco erosivo altíssimo; TS = transporte de sedimentos – alta erosão; FR = Foz de rio
** Poligonais do mapa síntese inteiramente eliminada pela sobreposição de áreas impróprias.

O Mapa 11.1 apresenta os resultados cartográficos do processo de construção do zoneamento ambiental da atividade de mineração de areia nos cursos médio e baixo do Rio Jacuí, a partir dos quais foram estabelecidas as diretrizes voltadas à regulação da atividade no recorte espacial avaliado neste documento.

Na sequência, o Mapa 11.2 apresenta os locais passíveis de mineração de acordo com o Zoneamento Ambiental para a Atividade de Mineração de Areia nos Cursos Médio e Baixo do Rio Jacuí.

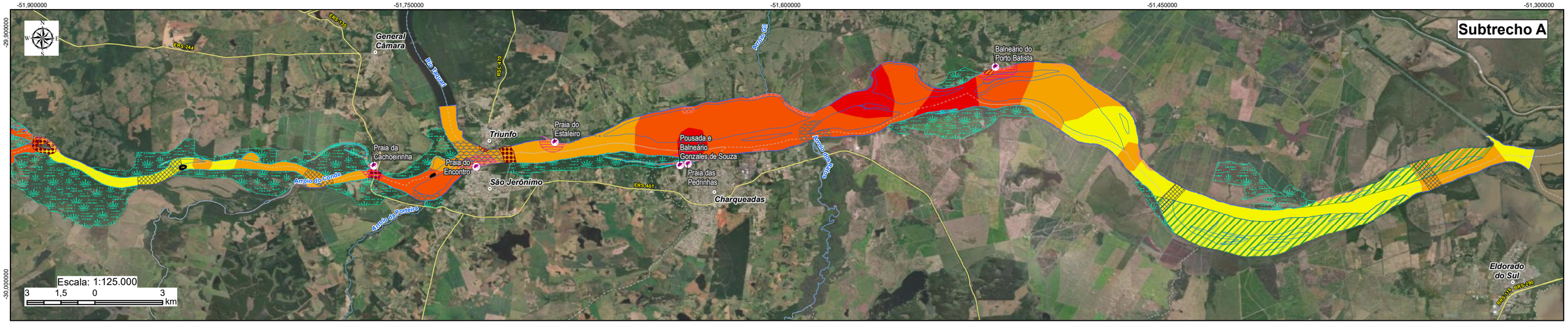
O Anexo C apresenta o mapa temático final, referente ao zoneamento ambiental, na escala 1:250.000 (mapa índice). Na sequência, são apresentados os mapas do Zoneamento, de forma contígua, na escala 1:25.000, possibilitando visualizar as informações com maior detalhamento.

-51,900000 -51,750000 -51,600000 -51,450000 -51,300000

-29,900000

-30,000000

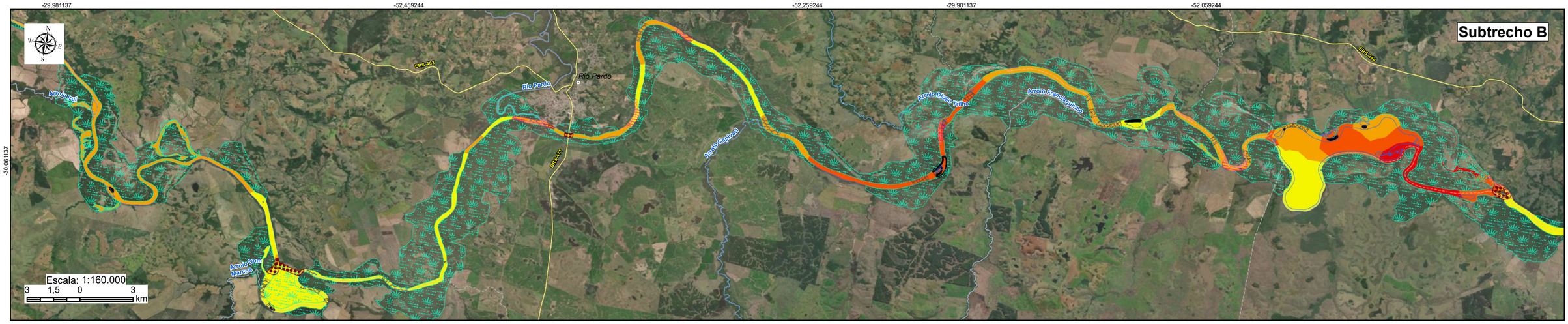
Subtrecho A



-29,981137 -52,459244 -52,259244 -29,901137 -52,059244

-30,061137

Subtrecho B

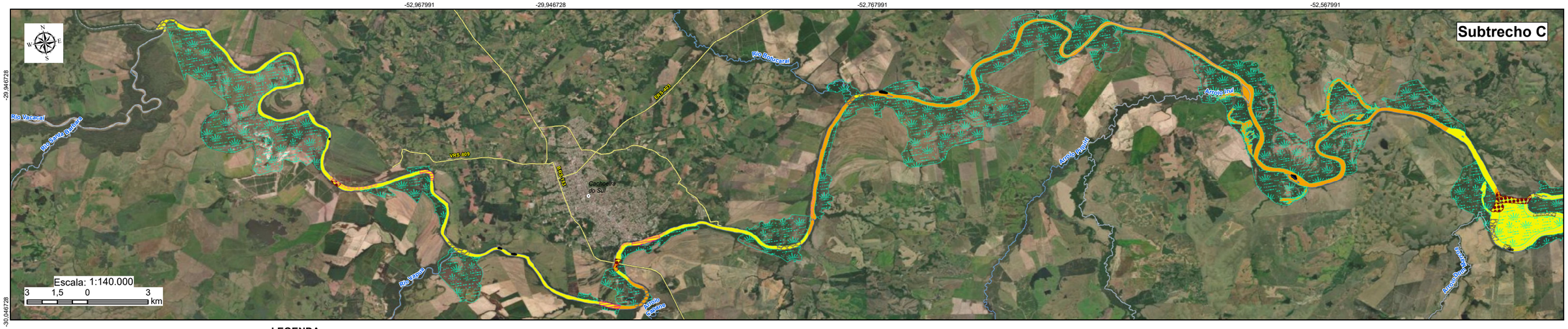


-52,967991 -29,946728 -52,767991 -52,567991

-29,946728

-30,046728

Subtrecho C



LEGENDA

- Sede municipal
- Rios principais
- Rodovia
- Limite municipal

Áreas impróprias
- Ambientes Marginais
- Pontos de Captação para abastecimento público - Buffer de 200 m
- Áreas de Comunidades - Buffer de 100 m
- Balneários e Praias - Buffer de 450 m
- Pontes, Estruturas e Balsas - Buffer de 200 m
- Parque Estadual do Delta do Jacuí

Áreas de Atenção
- Risco Erosivo Altíssimo
- Alta Erosão
- Foz de Rio

Mapa Síntese
- Classe 1 – Sensibilidade Ambiental Muito Baixa
- Classe 2 – Sensibilidade Ambiental Baixa
- Classe 3 – Sensibilidade Ambiental Média
- Classe 4 – Sensibilidade Ambiental Alta



Elaboração: PROFILL

RELATÓRIO FINAL

ZONEAMENTO AMBIENTAL PARA A ATIVIDADE DE MINERAÇÃO DE AREIA NOS CURSOS MÉDIO E BAIXO DO RIO JACUÍ

Contratação e fiscalização: Fepam

Sistema de Coordenadas Geodésicas
Sistema Geodésico de Referência SIRGAS2000
Escala: Indicada

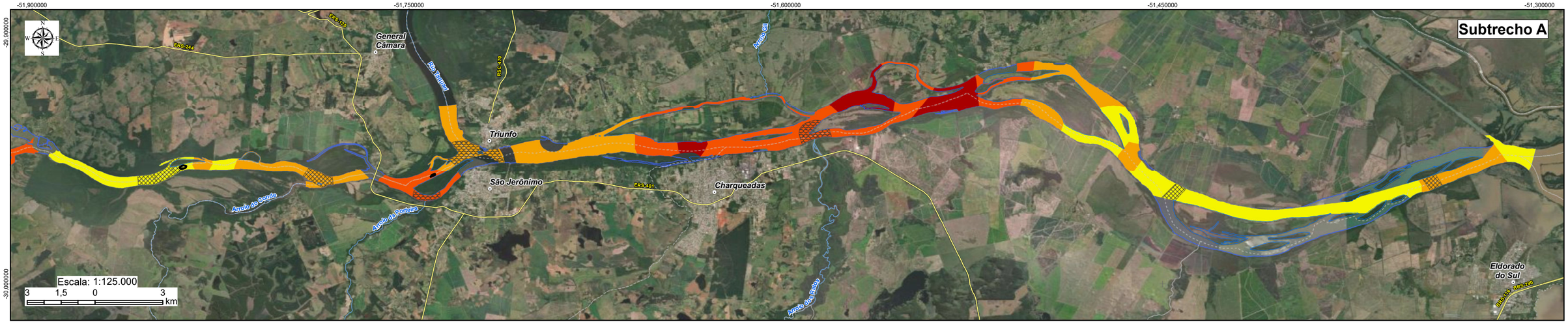
Mapa 11.1 – Mapa do Zoneamento Ambiental para a Atividade de Mineração de Areia nos Cursos Médio e Baixo do Rio Jacuí

Fonte de dados:
- Sede municipal: SEMARS (2018)
- Limite municipal: SEMARS (2018)
- Limite estadual: IBGE (2019)
- Hidrografia: SEMARS (2018)
- Áreas impróprias, áreas de atenção e zoneamento: PROFILL (2021)

-51,900000 -51,750000 -51,600000 -51,450000 -51,300000

-29,900000 -30,000000

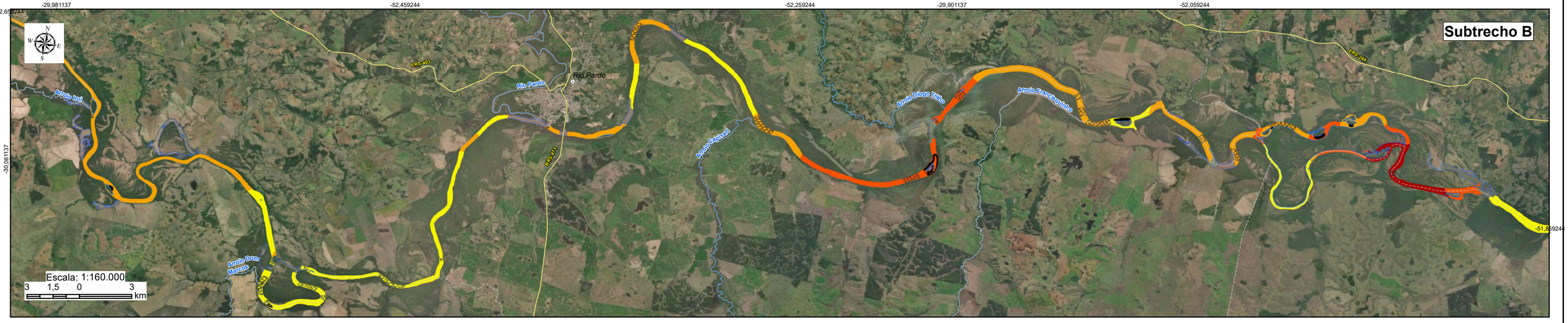
Subtrecho A



-29,981137 -52,459244 -52,259244 -29,901137 -52,059244

-52,659244 -30,061137 -51,859244

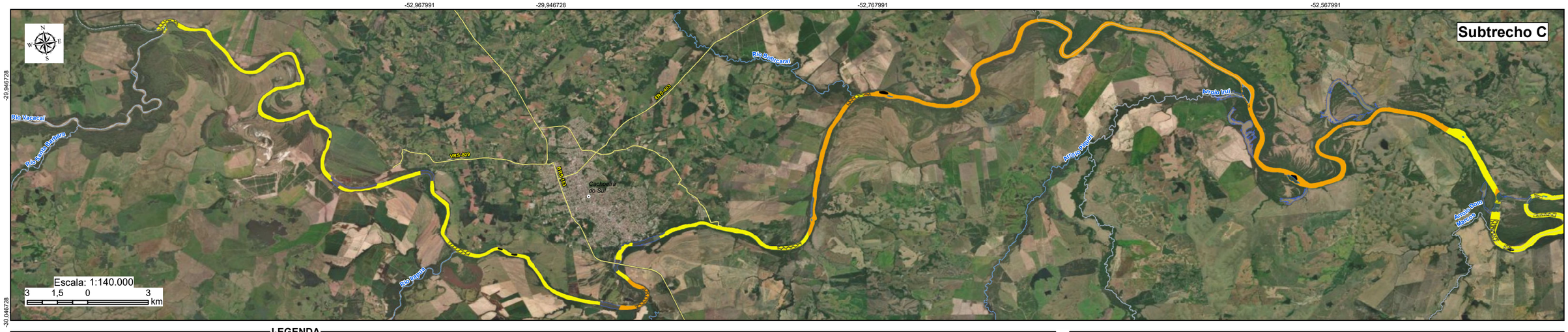
Subtrecho B



-52,967991 -29,946728 -52,767991 -52,567991

-29,946728 -30,046728

Subtrecho C



LEGENDA

- Sede municipal
- Rios principais
- Rodovia
- Limite municipal

Áreas de Atenção

- Risco Erosivo Altíssimo
- Alta Erosão
- Foz de Rio

Mapa Síntese

- Classe 1 – Sensibilidade Ambiental Muito Baixa
- Classe 2 – Sensibilidade Ambiental Baixa
- Classe 3 – Sensibilidade Ambiental Média
- Classe 4 – Sensibilidade Ambiental Alta



Elaboração: PROFILL

RELATÓRIO FINAL

ZONEAMENTO AMBIENTAL PARA A ATIVIDADE DE MINERAÇÃO DE AREIA NOS CURSOS MÉDIO E BAIXO DO RIO JACUÍ

Contratação e fiscalização: Fepam

Sistema de Coordenadas Geodésicas
Sistema Geodésico de Referência
SIRGAS2000
Escala: Indicada

Mapa 11.2 – Locais passíveis de mineração de acordo com Zoneamento Ambiental para a Atividade de Mineração de Areia nos Cursos Médio e Baixo do Rio Jacuí

Fonte de dados:
- Sede municipal: SEMARS (2018)
- Limite municipal: SEMARS (2018)
- Limite estadual: IBGE (2019)
- Hidrografia: SEMARS (2018)
- Áreas de atenção e zoneamento: PROFILL (2021)

12 DIRETRIZES AMBIENTAIS

O Zoneamento Ambiental para a Atividade de Mineração de Areia nos Cursos Médio e Baixo do Rio Jacuí, objetiva estabelecer diretrizes para o licenciamento ambiental tendo como meta a proteção dos ecossistemas e o uso racional dos recursos ambientais, obtido através da execução de estudos ambientais, visando conhecer os ecossistemas da região e suas variantes. A execução, integração e interpretação destes estudos formaram a base para o estabelecimento das diretrizes e condicionantes que formataram o zoneamento ambiental.

As diretrizes ambientais representam os resultados deste Zoneamento Ambiental a serem implementados pelo órgão ambiental na condução das atividades de licenciamento ambiental de extração de areia no Rio Jacuí. O estabelecimento dessas diretrizes foi obtido através da consolidação da classificação definida no mapa síntese e a avaliação da distribuição das áreas de atenção. As quatro classes associadas às áreas de atenção definem, em última instância, a sensibilidade ambiental do trecho do Rio Jacuí avaliado, sendo as seguintes:

- Classe 1 – Sensibilidade Ambiental Muito Baixa
- Classe 2 – Sensibilidade Ambiental Baixa
- Classe 3 – Sensibilidade Ambiental Média
- Classe 4 – Sensibilidade Ambiental Alta
- Áreas de Atenção: áreas de alta erosão, altíssimo risco erosivo em função das condições hidrodinâmicas, bem como foz dos principais afluentes do Rio Jacuí.

As diretrizes ambientais serão apresentadas elencando diretrizes gerais e específicas. As diretrizes gerais são todas que perpassam as classes de sensibilidade ambiental definidas no Zoneamento e as diretrizes específicas são as que têm vinculação direta com determinadas classes de sensibilidade ambiental.

12.1 Diretrizes Ambientais Gerais

- Manter afastamento de 50 metros das margens do Rio Jacuí durante a operação de dragas, por princípio de precaução.
- Realizar estudo em escala de detalhe, mapeando e identificando a composição geológica da superfície do leito estável (*bedrock*), bem como a(s) cota(s) de sua ocorrência devidamente referenciada(s) a um Datum Vertical utilizado, por meio do emprego de métodos diretos e indiretos de investigação.

- Respeitar o limite vertical de extração, de 1 m acima do leito rochoso (*bedrock*).
- Monitorar a integridade das feições da geomorfologia fluvial do leito principal, quanto à sinuosidade, áreas de deposição (barras em pontal, barras longitudinais isentas de vegetação e ilhas vegetadas) e de erosão, com a finalidade de manter os atributos naturais da calha do rio.
- Empregar como medida compensatória dos empreendimentos de mineração a recuperação das margens e matas ciliares apontadas pelo Estudo da FZB realizado no escopo deste zoneamento (Anexo E).
- Executar estudo da dispersão da pluma de sedimentação oriunda da atividade de dragas. Quando em operação, deverá ser realizada amostragem de água para identificar a qualidade da água em diferentes pontos da pluma. Além disso, deverá ser realizado mapeamento da dimensão e dispersão da pluma, com o uso de ferramentas que permitam avaliar as concentrações de sólidos em suspensão, tal como imageamentos remotos.
- Consultar os planos de manejo quanto a definição das zonas de amortecimento em Unidades que já possuem plano de manejo aprovado, pois para o licenciamento de áreas de interesse minerário localizadas a 10 km dessas Unidades é necessária a autorização do Órgão Gestor da Unidade de Conservação. De igual forma, para Unidades de Conservação sem plano de manejo aprovado, as áreas de interesse minerário localizadas a 3 km, deverão solicitar a autorização do Órgão Gestor da Unidade de Conservação ou órgão responsável pela sua criação.
- Assegurar faixa mínima de 100 m sem atividade de mineração, a partir da linha de margem, quando da ocorrência de comunidades/ocupações humanas na faixa de 500 m abrangida pelo zoneamento.
- Avaliar a existência de conflitos entre a atividade de mineração e os modos de utilização do rio por pescadores, comunidades residentes, população em geral, incluindo manifestações culturais.
- Avaliar o nível de pressão sonora considerando a norma ABNT NBR 10151/2020 ou regulamentação municipal mais restritiva, quando a área de influência incidir sobre populações.
- Assegurar um *buffer* de 200 m livres de atividade mineradora no entorno de trecho de travessia de balsas, pontes e outras estruturas.

- Assegurar *buffer* de 450 m, livre de atividade mineradora, a partir da linha de margem ao leito do rio, no entorno de Áreas de Lazer, Balneários e Praias, conforme Lei nº 13.660, de 12 de janeiro de 2011.
- Assegurar *buffer* de 200 m, livre de atividade mineradora, a partir da linha de margem ao leito do rio, no entorno dos pontos de captação de água para abastecimento humano.
- Deverá ser considerada manifestação do poder público municipal quanto à viabilidade do empreendimento, contemplando os múltiplos usos das margens e do rio, e eventuais restrições.
- Poderá ser solicitado detalhamento da ocupação e uso do solo, durante os procedimentos de avaliação em escala local, na faixa de 500 m abrangida pelo zoneamento. Por exemplo, o mapeamento de ocupação e uso do solo nas margens poderá apresentar: a delimitação dos usos associados às atividades antrópicas, áreas urbanas, identificação de comunidades, estabelecimentos de lazer, pontos de captação de água para abastecimento público, Áreas de Preservação Permanente, remanescentes florestais, unidades de conservação, zonas de amortecimento e reserva legal, pontos turísticos, patrimônio histórico-cultural e arqueológico. Diferenciação, quando houver, das tipologias de uso do solo, por exemplo, industrial, residencial, agrícola. Identificar através de pesquisa junto ao comércio e atividades de lazer, quando, for o caso, a tipologia e os principais períodos nos quais ocorrem atividade de turismo ou lazer. A escala mínima para os mapas de ocupação e uso do solo será definida no Termo de Referência para atividade.

12.2 Diretrizes Ambientais Específicas

12.2.1 *Classe 1 – Sensibilidade Ambiental Muito Baixa*

12.2.1.1 Erosão das Margens

- Avaliar a estabilidade das margens, através de laudo técnico com enfoque geológico, pedológico e geotécnico, incluindo relatório fotográfico, documentando as margens do rio a cada 100 metros, através de fotografias perpendiculares ao alinhamento da margem, com registro da coordenada do ponto de obtenção da margem e apresentação de mapa índice com a plotagem dos pontos onde foram registradas as fotos. A diretriz proposta visa fornecer subsídios para o conhecimento dos processos morfológicos do rio associados à evolução das margens erosivas e conservativas ao longo desta classe.

12.2.1.2 Contaminação Sedimento

- Realizar estudos para investigação confirmatória, previamente ao Licenciamento Ambiental, nas regiões próximas aos pontos de monitoramento que apontaram indícios de contaminação por metais (Arsênio, Cobre, Cromo e Níquel), principalmente nos Pontos 5 (latitude: -29,93236º, longitude: -51,57154º) a jusante da foz do arroio dos Ratos, Pontos 15 (latitude: -29,98426º, longitude: -52,17906º) e 16 (latitude: -29,97789º, longitude: -52,26828º) próximos as fozes dos arroios Capivari e Diego Trilho, e no Ponto 18 (latitude: -29,99513º, longitude: -52,38126º) próximo a foz do Rio Pardo.

12.2.1.3 Biota Aquática

- Avaliar a composição, riqueza e abundância de taxa da comunidade bentônica e epifítica, em áreas deposicionais marginais, especialmente em barras expostas em pontal. Avaliar a composição e abundância de bivalves límnicos nativos e exóticos, em áreas deposicionais marginais, especialmente em barras expostas em pontal.
- Mapear a ocorrência das espécies ameaçadas, raras e endêmicas de moluscos bivalves, e caracterizar seus mesohabitats e microhabitats atuais e potenciais, necessários para a sua conservação.
- Avaliar a composição, riqueza e abundância de taxa da comunidade de macroinvertebrados bentônicos no centro do canal e barras no canal, submersas junto

às ilhas, em cenário de águas baixas (primavera e verão), para mineração na calha do rio.

- Monitorar a integridade dos mesohabitats presentes no leito menor do rio por meio de protocolos e avaliação de integridade de ambientes lóticos.

12.2.2 Classe 2 – Sensibilidade Ambiental Baixa

12.2.2.1 Erosão das Margens

- Avaliar a estabilidade das margens, através de laudo técnico com enfoque geológico, pedológico e geotécnico, incluindo relatório fotográfico, documentando as margens do rio a cada 100 metros, através de fotografias perpendiculares ao alinhamento da margem, com registro da coordenada do ponto de obtenção da margem e apresentação de mapa índice com a plotagem dos pontos onde foram registradas as fotos. A diretriz proposta visa fornecer subsídios para o conhecimento dos processos morfológicos do rio associados à evolução das margens erosivas e conservativas ao longo desta classe.

12.2.2.2 Contaminação Sedimento

- Realizar estudos para investigação confirmatória, previamente ao Licenciamento Ambiental, nas regiões próximas aos pontos de monitoramento que apontaram indícios de contaminação por metais (Arsênio, Cobre, Cromo e Níquel), principalmente nos Pontos 5 (latitude: -29,93236º, longitude: -51,57154º) a jusante da foz do arroio dos Ratos, Pontos 15 (latitude: -29,98426º, longitude: -52,17906º) e 16 (latitude: -29,97789º, longitude: -52,26828º) próximos as fozes dos arroios Capivari e Diego Trilho, e no Ponto 18 (latitude: -29,99513º, longitude: -52,38126º) próximo a foz do Rio Pardo.

12.2.2.3 Biota Aquática

- Avaliar a composição, riqueza e abundância de taxa da comunidade bentônica e epifítica, em áreas deposicionais marginais, especialmente em barras expostas em pontal. Avaliar a composição e abundância de bivalves límnicos nativos e exóticos, em áreas deposicionais marginais, especialmente em barras expostas em pontal.
- Mapear a ocorrência das espécies ameaçadas, raras e endêmicas de moluscos bivalves, e caracterizar seus mesohabitats e microhabitats atuais e potenciais, necessários para a sua conservação.

- Avaliar a composição, riqueza e abundância de taxa da comunidade de macroinvertebrados bentônicos no centro do canal e barras no canal, submersas junto às ilhas, em cenário de águas baixas (primavera e verão), para mineração na calha do rio.
- Monitorar a integridade dos mesohabitats presentes no leito menor do rio por meio de protocolos e avaliação de integridade de ambientes lóticos.

12.2.3 Classe 3 – Sensibilidade Ambiental Média

12.2.3.1 Erosão das Margens

- Avaliar a estabilidade das margens, através de laudo técnico com enfoque geológico, pedológico e geotécnico, incluindo relatório fotográfico, documentando as margens do rio a cada 100 metros, através de fotografias perpendiculares ao alinhamento da margem, com registro da coordenada do ponto de obtenção da margem e apresentação de mapa índice com a plotagem dos pontos onde foram registradas as fotos. A diretriz proposta visa fornecer subsídios para o conhecimento dos processos morfológicos do rio associados à evolução das margens erosivas e conservativas ao longo desta classe.
- Efetuar monitoramento quantitativo da evolução da linha de margem, para as margens com perfil erosivo, sugerindo-se a metodologia de pinos, estacas ou método das perfilagens sucessivas (BORGES, 2004; CORREA *et al.*, 2009), assim como a utilização de sensoriamento remoto.

12.2.3.2 Contaminação Sedimento

- Realizar estudos para investigação confirmatória, previamente ao Licenciamento Ambiental, nas regiões próximas aos pontos de monitoramento que apontaram indícios de contaminação por metais (Arsênio, Cobre, Cromo e Níquel), principalmente nos Pontos 5 (latitude: -29,93236º, longitude: -51,57154º) a jusante da foz do arroio dos Ratos, Pontos 15 (latitude: -29,98426º, longitude: -52,17906º) e 16 (latitude: -29,97789º, longitude: -52,26828º) próximos as fozes dos arroios Capivari e Diego Trilho, e no Ponto 18 (latitude: -29,99513º, longitude: -52,38126º) próximo a foz do Rio Pardo.

12.2.3.3 Biota Aquática

- Avaliar a composição, riqueza e abundância de taxa da comunidade bentônica e epifítica, em áreas deposicionais marginais, especialmente em barras expostas em pontal. Avaliar a composição e abundância de bivalves límnicos nativos e exóticos, em áreas deposicionais marginais, especialmente em barras expostas em pontal.
- Mapear a ocorrência das espécies ameaçadas, raras e endêmicas de moluscos bivalves, e caracterizar seus mesohabitats e microhabitats atuais e potenciais, necessários para a sua conservação.
- Avaliar a composição, riqueza e abundância de taxa da comunidade de macroinvertebrados bentônicos no centro do canal e barras no canal, submersas junto às ilhas, em cenário de águas baixas (primavera e verão), para mineração na calha do rio.
- Monitorar a integridade dos mesohabitats presentes no leito menor do rio por meio de protocolos e avaliação de integridade de ambientes lóticos.
- Realizar estudos da cobertura, riqueza e biomassa relativa da comunidade de macrófitas aquáticas, especialmente, anfíbias, emergentes e flutuantes fixas ao substrato, para mineração em barras, e assim avaliar a estabilidade destes ambientes.
- Identificar os mesohabitats presentes na planície de inundação (leito maior) que apresentam maior conectividade com a calha do Rio Jacuí (leito menor), sendo relevantes, como área de refúgio, alimentação e reprodução de macroinvertebrados bentônicos.
- Avaliar a composição, riqueza e abundância da comunidade de peixes incluindo zonas a montante e jusante do trecho avaliado privilegiando os ambientes importantes para a ictiofauna, e contemplando o período de primavera-verão em locais como margens do rio, fozes de afluentes e conexões com ambientes marginais.
- Avaliar índices ecológicos referentes às comunidades ictiofaunísticas, abrangendo minimamente diversidade, equitabilidade e dominância.
- Mapear a ocorrência de espécies ícticas ameaçadas, raras, migratórias e endêmicas, caracterizando seus habitats.
- Avaliar afluentes do Rio Jacuí e conexões com ambientes marginais, sob a óptica de possíveis interferência da mineração em processos reprodutivos, seja deslocamentos migratórios ou acesso a berçários, e a áreas de alimentação da ictiofauna. O parecer

conclusivo deve ser claro quanto à probabilidade de impactos sobre estes ambientes e seus reflexos na manutenção de todas as comunidades aquáticas.

12.2.4 Classe 4 – Sensibilidade Ambiental Alta

12.2.4.1 Erosão das Margens

- Avaliar a estabilidade das margens, através de laudo técnico com enfoque geológico, pedológico e geotécnico, incluindo relatório fotográfico, documentando as margens do rio a cada 100 metros, através de fotografias perpendiculares ao alinhamento da margem, com registro da coordenada do ponto de obtenção da margem e apresentação de mapa índice com a plotagem dos pontos onde foram registradas as fotos. A diretriz proposta visa fornecer subsídios para o conhecimento dos processos morfológicos do rio associados à evolução das margens erosivas e conservativas ao longo desta classe.
- Efetuar monitoramento quantitativo da evolução da linha de margem, para as margens com perfil erosivo, sugerindo-se a metodologia de pinos, estacas ou método das perfilagens sucessivas (BORGES, 2004; CORREA *et al.*, 2009), assim como a utilização de sensoriamento remoto.

12.2.4.2 Contaminação Sedimento

- Realizar estudos para investigação confirmatória, previamente ao Licenciamento Ambiental, nas regiões próximas aos pontos de monitoramento que apontaram indícios de contaminação por metais (Arsênio, Cobre, Cromo e Níquel), principalmente nos Pontos 5 (latitude: -29,93236º, longitude: -51,57154º) a jusante da foz do arroio dos Ratos, Pontos 15 (latitude: -29,98426º, longitude: -52,17906º) e 16 (latitude: -29,97789º, longitude: -52,26828º) próximos as fozes dos arroios Capivari e Diego Trilho, e no Ponto 18 (latitude: -29,99513º, longitude: -52,38126º) próximo a foz do Rio Pardo.

12.2.4.3 Biota Aquática

- Avaliar a composição, riqueza e abundância de taxa da comunidade bentônica e epifítica, em áreas deposicionais marginais, especialmente em barras expostas em pontal. Avaliar a composição e abundância de bivalves límnicos nativos e exóticos, em áreas deposicionais marginais, especialmente em barras expostas em pontal.

- Mapear a ocorrência das espécies ameaçadas, raras e endêmicas de moluscos bivalves, e caracterizar seus mesohabitats e microhabitats atuais e potenciais, necessários para a sua conservação.
- Realizar estudos da cobertura, riqueza e biomassa relativa da comunidade de macrófitas aquáticas, especialmente, anfíbias, emergentes e flutuantes fixas ao substrato, para mineração em barras, e assim avaliar a estabilidade destes ambientes.
- Identificar os mesohabitats presentes na planície de inundação (leito maior) que apresentam maior conectividade com a calha do Rio Jacuí (leito menor), sendo relevantes, como área de refúgio, alimentação e reprodução de macroinvertebrados bentônicos.
- Monitorar a integridade dos mesohabitats presentes no leito menor do rio por meio de protocolos e avaliação de integridade de ambientes lóticos.
- Avaliar a composição, riqueza e abundância de taxa da comunidade de macroinvertebrados bentônicos no centro do canal e barras no canal, submersas junto às ilhas, em cenário de águas baixas (primavera e verão), para mineração na calha do rio.
- Avaliar a composição, riqueza e abundância da comunidade de peixes incluindo zonas a montante e jusante do trecho avaliado, contemplando os ambientes importantes para a ictiofauna e o período de primavera-verão, em locais como margens do rio, fozes de afluentes e conexões com ambientes marginais.
- Avaliar índices ecológicos referentes às comunidades ictiofaunísticas, abrangendo minimamente diversidade, equitabilidade e dominância com dados básicos para o monitoramento.
- Mapear a ocorrência de espécies ícticas ameaçadas, raras, migratórias e endêmicas, caracterizando seus habitats.
- Avaliar afluentes do Rio Jacuí e conexões com ambientes marginais, sob a óptica de possíveis interferência da mineração em processos reprodutivos, seja deslocamentos migratórios ou acesso a berçários, e a áreas de alimentação da ictiofauna. O parecer conclusivo deve ser claro quanto à probabilidade de impactos sobre estes ambientes e seus reflexos na manutenção de todas as comunidades aquáticas.

12.2.4.4 Elaboração de EIA/RIMA

- Estabelecer a indicação de estudos de impacto ambiental e relatório de impacto ambiental (EIA-Rima) para novos licenciamentos, nas áreas classificadas como Classe 4 de sensibilidade ambiental alta.

12.2.5 Áreas de Atenção

12.2.5.1 Erosão das Margens

- Avaliar a estabilidade das margens, através de laudo técnico com enfoque geológico, pedológico e geotécnico, incluindo relatório fotográfico, documentando as margens do rio a cada 100 metros, através de fotografias perpendiculares ao alinhamento da margem, com registro da coordenada do ponto de obtenção da margem e apresentação de mapa índice com a plotagem dos pontos onde foram registradas as fotos. A diretriz proposta visa fornecer subsídios para o conhecimento dos processos morfológicos do rio associados à evolução das margens erosivas e conservativas ao longo desta classe.
- Efetuar monitoramento quantitativo da evolução da linha de margem, para as margens com perfil erosivo, sugerindo-se a metodologia de pinos, estacas ou método das perfilagens sucessivas (BORGES, 2004; CORREA *et al.*, 2009), assim como a utilização de sensoriamento remoto.

12.2.5.2 Contaminação Sedimento

- Realizar estudos para investigação confirmatória, previamente ao Licenciamento Ambiental, nas regiões próximas aos pontos de monitoramento que apontaram indícios de contaminação por metais (Arsênio, Cobre, Cromo e Níquel), principalmente nos Pontos 5 (latitude: -29,93236º, longitude: -51,57154º) a jusante da foz do arroio dos Ratos, Pontos 15 (latitude: -29,98426º, longitude: -52,17906º) e 16 (latitude: -29,97789º, longitude: -52,26828º) próximos as fozes dos arroios Capivari e Diego Trilho, e no Ponto 18 (latitude: -29,99513º, longitude: -52,38126º) próximo a foz do Rio Pardo.

12.2.5.3 Modelagem Hidrodinâmica local

- Realizar estudos para os trechos que abranjam as áreas de atenção resultantes da avaliação do risco potencial erosivo, em escala de análise compatível com a área de estudo do empreendimento, avaliando-se cenários compatíveis com as reais

possibilidades de extração de areia no trecho de interesse e a sua correlação com o aumento do potencial erosivo desta área.

12.2.5.4 Biota Aquática

- Avaliar a composição, riqueza e abundância de taxa da comunidade bentônica e epifítica, em áreas deposicionais marginais, especialmente em barras expostas em pontal. Avaliar a composição e abundância de bivalves límnicos nativos e exóticos, em áreas deposicionais marginais, especialmente em barras expostas em pontal.
- Realizar estudos da cobertura, riqueza e biomassa relativa da comunidade de macrófitas aquáticas, especialmente, anfíbias, emergentes e flutuantes fixas ao substrato, para mineração em barras, e assim avaliar a estabilidade destes ambientes.
- Identificar os mesohabitats presentes na planície de inundação (leito maior) que apresentam maior conectividade com a calha do Rio Jacuí (leito menor), sendo relevantes, como área de refúgio, alimentação e reprodução de macroinvertebrados bentônicos.
- Mapear a ocorrência das espécies ameaçadas, raras e endêmicas de moluscos bivalves, e caracterizar seus mesohabitats e microhabitats atuais e potenciais, necessários para a sua conservação.
- Monitorar a integridade dos mesohabitats presentes no leito menor do rio por meio de protocolos e avaliação de integridade de ambientes lóticos.
- Avaliar a composição, riqueza e abundância de taxa da comunidade de macroinvertebrados bentônicos no centro do canal e barras no canal, submersas junto às ilhas, em cenário de águas baixas (primavera e verão), para mineração na calha do rio.
- Proibir a mineração durante o período de piracema, nas áreas de atenção situadas em fozes de rios.
- Avaliar a composição, riqueza e abundância da comunidade de peixes incluindo zonas a montante e jusante do trecho avaliado privilegiando os ambientes importantes para a ictiofauna, e contemplando o período de primavera-verão em locais como margens do rio, fozes de afluentes e conexões com ambientes marginais.
- Avaliar índices ecológicos referentes às comunidades ictiofaunísticas, abrangendo minimamente diversidade, equitabilidade e dominância.

- Mapear a ocorrência de espécies ícticas ameaçadas, raras, migratórias e endêmicas, caracterizando seus habitats.
- Avaliar afluentes do Rio Jacuí e conexões com ambientes marginais, sob a óptica de possíveis interferência da mineração em processos reprodutivos, seja deslocamentos migratórios ou acesso a berçários, e a áreas de alimentação da ictiofauna. O parecer conclusivo deve ser claro quanto à probabilidade de impactos sobre estes ambientes e seus reflexos na manutenção de todas as comunidades aquáticas.

12.2.5.5 Elaboração de EIA/RIMA

- Estabelecer a indicação de estudos de impacto ambiental e relatório de impacto ambiental (EIA-RIMA), para novos licenciamentos, nas áreas classificadas como de atenção.

12.3 Áreas Impróprias

Como descrito anteriormente, as áreas impróprias representam uma classe de zoneamento que restringe por completo a atividade de extração de areia, diferentemente das demais zonas propostas por este Zoneamento, que indicam aptidões e graus de restrição para a execução da atividade minerária. A consolidação dessas áreas gerou a lista de áreas impróprias apresentadas no quadro a seguir e seus respectivos parâmetros de exclusão.

Quadro 12.1 – Descrição dos tipos de áreas impróprias identificadas ao longo do estudo.

ID	Tipo de Área	Parâmetro
1	Pontos de Captação para abastecimento público	*Buffer* de 200 metros.
2	Pontes, Estruturas e Balsas	*Buffer* de 200 metros no entorno das pontes e demais estruturas de engenharia (eclusas).
3	Áreas de Lazer, Balneários e Praias	*Buffer* de 450 metros a partir da linha de praia utilizada como Praia/Balneário.
4	Áreas de Comunidades	Faixa de 100 metros ao longo das ocupações humanas nas margens do rio.
5	Unidades de Conservação	Limites das unidades de conservação.
6	Ambientes Marginais	Lagoas marginais terão seus contornos somados às suas APPs e à APP do rio.

O estabelecimento das áreas impróprias, é baseado em levantamentos de dados e diagnósticos, realizados ao longo de todo o trabalho, que permitiram a identificação de temas mais críticos em cada um dos meios e compartimentos analisados.

12.4 Resumo Diretrizes Ambientais

A fim de proporcionar uma forma mais sintética e objetiva, as diretrizes ambientais para a extração de areia no leito do Rio Jacuí propostas foram agrupadas de acordo com o tipo de diretriz (geral e específica) e com os descritores de forma resumida, conforme apresentam os quadros a seguir.

Quadro 12.2 – Resumo das diretrizes ambientais gerais propostas.

Descritor	Resumo Diretrizes Geral
Erosão das Margens	Manter afastamento de 50 metros das margens do Rio Jacuí durante a operação de dragas.
Leito Estável (*bedrock*)	Realizar estudo em escala de detalhe, mapeando e identificando a composição geológica da superfície do leito estável (*bedrock*).
	Respeitar o limite vertical de extração, de 1 metro acima do leito rochoso (*bedrock*)
Feições da geomorfologia fluvial	Monitorar a integridade das feições da geomorfologia fluvial do leito principal.
Mata Ciliar	Empregar como medida compensatória dos empreendimentos de mineração a recuperação das margens e matas ciliares.
Pluma de Dispersão	Executar estudo da dispersão da pluma de sedimentação oriunda da atividade de dragas.
Unidades de Conservação	Consultar os planos de manejo quanto a definição das zonas de amortecimento.
Aspectos Associados ao Meio Socioeconômico	Assegurar faixa mínima de 100 metros sem atividade de mineração, a partir da linha de margem, quando da ocorrência de comunidades/ocupações humanas na faixa de 500 metros abrangida pelo zoneamento.
	Avaliar a existência de conflitos entre a atividade de mineração e os modos de utilização do rio por pescadores, comunidades residentes, população em geral, incluindo manifestações culturais.
	Avaliar o nível de pressão sonora considerando a norma ABNT NBR 10151/2020 ou regulamentação municipal mais restritiva, quando a área de influência incidir sobre populações.
	Assegurar um *buffer* de 200 metros livres de atividade mineradora no entorno de trecho de travessia de balsas, pontes e outras estruturas.
	Assegurar *buffer* de 450 metros livre de atividade mineradora, a partir da linha de margem ao leito do rio, no entorno de Áreas de Lazer, Balneários e Praias, conforme Lei n.º 13.660, de 12 de janeiro de 2011.
	Assegurar *buffer* de 200 metros, livre de atividade mineradora, a partir da linha de margem ao leito do rio, no entorno dos pontos de captação de água para abastecimento humano.
	Deverá ser considerada manifestação do poder público municipal quanto à viabilidade do empreendimento, contemplando os múltiplos usos das margens e do rio, e eventuais restrições.
	Poderá ser solicitado detalhamento da ocupação e uso do solo, durante os procedimentos de avaliação em escala local, na faixa de 500 metros abrangida pelo zoneamento.

Quadro 12.3 – Resumo das diretrizes ambientais especificas propostas.

Diretrizes Ambientais						
Descritores	**Resumo Diretrizes Específicas**	**Classe 1 Sensibilidade Ambiental Muito Baixa**	**Classe 2 Sensibilidade Ambiental Baixa**	**Classe 3 Sensibilidade Ambiental Média**	**Classe 4 Sensibilidade Ambiental Alta**	**Áreas de Atenção**
Erosão das Margens	Avaliar a estabilidade das margens, através de laudo técnico com enfoque geológico, pedológico e geotécnico.	X	X	X	X	X
	Efetuar monitoramento quantitativo da evolução da linha de margem, para as margens com perfil erosivo.			X	X	X
Contaminação Sedimento	Realizar estudos para investigação confirmatória, previamente ao Licenciamento Ambiental, nas regiões próximas aos pontos de monitoramento que apontaram indícios de contaminação por metais.	X	X	X	X	X
Modelagem Hidrodinâmica	Realizar estudos para os trechos que abranjam as áreas de atenção resultantes da avaliação do risco potencial erosivo, executando o refinamento da modelagem hidrodinâmica.					X
Biota Aquática	Avaliar a composição, riqueza e abundância de taxa da comunidade bentônica e epifítica, em áreas deposicionais marginais, especialmente em barras expostas em pontal. Avaliar a composição e abundância de bivalves límnicos nativos e exóticos, em áreas deposicionais marginais, especialmente em barras expostas em pontal.	X	X	X	X	X
	Mapear a ocorrência das espécies ameaçadas, raras e endêmicas de moluscos bivalves, e caracterizar seus mesohabitats e microhabitats atuais e potenciais, necessários para a sua conservação.	X	X	X	X	X
	Avaliar a composição, riqueza e abundância de taxa da comunidade de macroinvertebrados bentônicos no centro do canal e barras no canal, submersas junto às ilhas, em cenário de águas baixas (primavera e verão), para mineração na calha do rio.	X	X	X	X	X
	Monitorar a integridade dos mesohabitats presentes no leito menor do rio por meio de protocolos e avaliação de integridade de ambientes lóticos.	X	X	X	X	X
	Realizar estudos da cobertura, riqueza e biomassa relativa da comunidade de macrófitas aquáticas, especialmente, anfíbias, emergentes e flutuantes fixas ao substrato, para mineração em barras, e assim avaliar a estabilidade destes ambientes.			X	X	X
	Identificar os mesohabitats presentes na planície de inundação (leito maior) que apresentam maior conectividade com o a calha do Rio Jacuí (leito menor), sendo relevantes, como área de refúgio, alimentação e reprodução de macroinvertebrados bentônicos.			X	X	X
	Avaliar a composição, riqueza e abundância da comunidade de peixes incluindo zonas a montante e jusante do trecho avaliado privilegiando os ambientes importantes para a ictiofauna, e contemplando o período de primavera-verão em locais como margens do rio, fozes de afluentes e conexões com ambientes marginais.			X	X	X
	Avaliar índices ecológicos referentes às comunidades ictiofaunísticas, abrangendo minimamente diversidade, equitabilidade e dominância.			X	X	X
	Mapear a ocorrência de espécies ícticas ameaçadas, raras, migratórias e endêmicas, caracterizando seus habitats.			X	X	X
	Proibir a mineração durante o período de piracema, nas áreas de atenção situadas em fozes de rios.					X
Elaboração de EIA/RIMA	Estabelecer a indicação e estudos de impacto ambiental e relatório de impacto ambiental.				X	X

Considerando-se a escala de mapeamento adotada no presente zoneamento ambiental, torna-se importante ressaltar que a solicitação de estudos e laudos específicos para cada classe de sensibilidade ambiental poderá ser incrementada caso sejam identificados aspectos ambientais relevantes que demandem um maior detalhamento, de acordo com o entendimento da equipe de licenciamento ambiental da FEPAM.

13 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO ZONEAMENTO

No decorrer das últimas décadas, a mineração de areia nos cursos médio e baixo do Rio Jacuí estabeleceu seu ritmo de atividade conforme a demanda, regional e, especialmente, da Região Metropolitana de Porto Alegre, principal mercado do material extraído. Em paralelo, denúncias de degradação ambiental e conflitos de uso ao longo do rio surgiram, dando origem a processos judiciais e apontamento da necessidade de elaboração de Zoneamento Ambiental para a Atividade de Mineração de Areia nos Médio e Baixo Cursos do Rio Jacuí/RS.

A realização do presente estudo, de caráter inédito em função da tipologia da área estudada, teve como objetivo viabilizar o desenvolvimento sustentável, a partir da compatibilização do desenvolvimento socioeconômico com a conservação ambiental. Este mecanismo de gestão ambiental consistiu na delimitação de zonas ambientais e atribuição de usos e atividades compatíveis segundo as características - potencialidades e restrições - de cada uma delas.

Desta forma, neste documento foram apresentados os resultados das avaliações das condições ambientais da área de estudo que abrangeu a calha atual e as margens do Rio Jacuí, dividida em três segmentos: subtrecho A da foz do Rio Jacuí até a eclusa de Amarópolis; subtrecho B da Eclusa de Amarópolis até a eclusa do Anel de Dom Marco; e subtrecho C da eclusa do Anel de Dom Marco até a Barra do Rio Vacacaí.

O diagnóstico das comunidades biológicas (fitoplâncton, zooplâncton e macroinvertebrados bentônicos) mostrou que estas comunidades estão estruturadas de acordo com o gradiente de condições físicas ao longo dos mesohábitats que se distribuem longitudinalmente e transversalmente ao escoamento. Na calha principal (*Run*), a comunidade zooplanctônica apresenta dominância de rotíferos e fitoplâncton predominantemente na superfície. Em gradiente longitudinal, exclusivamente quanto à calha principal, a estrutura da comunidade bentônica se demonstrou homogênea. Em cenário de estiagem, a maioria dos mesohábitats bentônicos associados à planície de inundação apresentaram maior nível de isolamento. Em contrapartida, em cenário de cheia, a maior conectividade entre a calha e a planície mostrou maior semelhança entre a estrutura da comunidade nos mesohábitats. Em seção transversal, devido à maior instabilidade do substrato e às maiores correntes, a calha apresentou a menor riqueza e diversidade de macroinvertebrados. Já nos mesohábitats situados na planície, ocorreu a maior riqueza e diversidade de macroinvertebrados, com maior abundância de bivalves, gastrópodes e insetos. O grau de isolamento dos mesohábitats da

planície é variável, em decorrência da distância entre estes e a calha, bem como do nível da água.

Com base no cruzamento de dados secundários e dados primários obtidos no âmbito do presente zoneamento, definiu-se um descritor de mesohábitats bentônicos em quatro níveis, que foram valorados, gerando mapas de sensibilidade para este descritor, os quais serviram de base para os demais procedimentos da elaboração deste zoneamento.

Quanto aos ecossistemas terrestres, é imprescindível registrar que o elo de impacto negativo encontrado entre a mineração de areia no leito do Rio Jacuí e os mesmos, consiste na perda/alteração de hábitats resultante de processos erosivos de margens, tais como solapamentos, os quais afetam diretamente a mata ciliar do Rio Jacuí. Considerando a reduzida associação entre a atividade de mineração de areia no leito do Rio Jacuí e os ambientes que abrigam a fauna terrestre, não foram elencadas diretrizes específicas relacionadas a esses grupos. Não obstante, este componente faunístico contribuiu para a elaboração dos mapas de sensibilidade ambiental através da avaliação dos parâmetros “largura” e “conectividade” da mata ciliar ao longo do trecho em apreço. Também se concluiu que a fauna semiaquática deverá ser objeto de estudos e análises específicas no nível de licenciamento ambiental de cada empreendimento e considerando a sinergia dos mesmos.

O diagnóstico da fauna de peixes contou com a compilação e geração de informações com foco nos impactos da mineração de areia sobre a reprodução e nas tipologias de habitat da ictiofauna, processos em rios. Para tanto procedeu-se uma análise exploratória em imagens de satélite identificando ambientes reconhecidamente importantes para a ictiofauna como fozes de afluentes, barras arenosas e conexões entre ambientes aquáticos marginais.

Como resultado final, o mapeamento das áreas de maior importância para a ictiofauna contribuiu para a definição do zoneamento geral do Rio Jacuí e, conforme a classe de sensibilidade, foram definidas diretrizes ambientais associadas aos processos de licenciamento. Os aspectos de maior relevância como as fozes de rios e os ambientes marginais foram definidores de restrições à mineração de areia.

O conhecimento da dinâmica socioeconômica e cultural das populações residentes na área de estudo identificou as principais atividades e usos vinculados ao Rio Jacuí. O trecho médio e baixo do Jacuí abrange parte do território de onze municípios: Cachoeira do Sul, Rio Pardo, Pantano Grande, Minas do Leão, Butiá, Vale Verde, General Câmara, São Jerônimo, Charqueadas, Triunfo e Eldorado do Sul. O trecho médio é marcado por uma dinâmica regional característica de usos agrícolas e de agropecuária, enquanto o trecho baixo por

características mais urbano-industriais, incluindo municípios pertencentes à Região Metropolitana de Porto Alegre (Eldorado do Sul, Charqueadas, São Jerônimo e Triunfo).

Os principais usos dos recursos hídricos são aqueles relativos a abastecimento humano, irrigação, navegação, recreação (praias), pesca artesanal e esportiva e mineração.

No segmento zoneado (trechos médio e baixo do Rio Jacuí) existem sete terminais/portos: dois em Cachoeira do Sul, um em Rio Pardo, três em Charqueadas e um em Triunfo. Essa característica dos municípios indica uma forte interação com o Rio Jacuí, sendo que Cachoeira do Sul, Rio Pardo, São Jerônimo, Triunfo e Charqueadas tem sua ocupação originada junto ao rio, onde se concentra a área urbana. Dentre os principais usos identificados no diagnóstico, o abastecimento público, as atividades recreativas e de lazer em praias/balneários, a navegação, a ocupação humana e a pesca foram contemplados com critérios de afastamento.

As atividades de lazer estão intrinsecamente ligadas à geração de renda das populações locais. A atividade pesqueira com fins econômicos tem sido praticada ao longo de décadas junto ao Rio Jacuí, constituindo a segunda região mais importante para esta atividade no Estado. São pescadores artesanais, isto é, que não se utilizam de instrumentos e técnicas para capturas de pescados em larga escala, basicamente utilizam para o deslocamento barcos (tipo canoas/caiaques) de pequeno porte e equipados com motores de baixa potência.

A prática de uma pesca tipicamente artesanal e de outros usos dos recursos hídricos, apontaram para a necessidade de afastamento da atividade mineradora. Para assegurar a manutenção destes usos culturais e econômicos ficou estabelecido um afastamento de 100 metros da atividade de mineração em relação às comunidades/povoados localizados às margens do Rio Jacuí.

Foram reconhecidos quatro tipos de canais fluviais dentro da área de estudo: Meandrante, Anastomosado, Retilíneo e Entrelaçado. Os subtrechos B e C apresentam feições erosivas que ocorrem junto a margens erosivas, margens deposicionais e sinuosas ou retilíneas. Ambos os trechos apresentam estruturas tectônicas observadas nas rochas aflorantes na margem, sendo evidentes nos trechos retilíneos. As rochas aflorantes no leito destes segmentos pertencem às formações Sanga do Cabral e Formação Serra Geral, sendo estas pertencentes à Bacia do Paraná. O subtrecho A é constituído por um sistema meandrante extinto que migra para um sistema entrelaçado a partir da confluência com o Rio Taquari.

Através da elaboração do modelo hidrodinâmico foi possível estabelecer dois cenários. O primeiro cenário teve sua geometria construída através dos dados primários das 25 seções topobatimétricas complementadas com dados secundários oriundos da batimetria de 29 processos de licenciamento ambiental. O segundo cenário representa a mesma geometria do primeiro cenário com adição da atividade de mineração. Nos cenários foi possível identificar que o Rio Jacuí apresenta tendência de deposição de sedimento ao longo de um ano hidrológico simulado. A partir do modelo hidrodinâmico também foi possível observar um aumento de velocidade de escoamento no cenário 2, em alguns trechos que possuem alterações significativas em "estrangulamentos", principalmente com a elevação natural do leito, que resultam em pequenas lâminas d'água. Este resultado auxiliou na definição de trechos críticos de mineração, principalmente no que diz respeito ao seu impacto na erosão das margens.

O conjunto de dados e informações que constituíram o diagnóstico ambiental da área de estudo, permitiu o estabelecimento de zonas com características comuns que refletem, por sua vez, a variação da sensibilidade ambiental ao longo dos trechos do Rio Jacuí. Utilizando a metodologia de *hotspots* combinada com uma análise multicritério que ponderou os diferentes pesos dos temas dos meios físico, biótico e socioeconômico, foi elaborado um mapa síntese.

A partir da avaliação apresentada no mapa síntese foi possível classificar os trechos dos cursos médio e baixo do Rio Jacuí através de sua sensibilidade ambiental, conforme segue:

- Classe 1: Sensibilidade Ambiental Muito Baixa
- Classe 2: Sensibilidade Ambiental Baixa
- Classe 3: Sensibilidade Ambiental Média
- Classe 4: Sensibilidade Ambiental Alta

A Classe 1 – Sensibilidade Muito Baixa, corresponde a área de 36,2 % do mapa síntese. O maior polígono da Classe 1 encontra-se no subtrecho A da área de estudo (Jusante), com 1.936 ha, mas que sofre uma redução significativa (66,8 %) em função da sobreposição com o Parque Estadual Delta do Jacuí.

Também com maior ocorrência no subtrecho A, encontram-se as áreas da Classe 2 – Sensibilidade Ambiental Baixa, com cerca de 45,7 % do total da área dessa classe ocorrendo

nesse trecho. Em termos de totalidade, a Classe 2 corresponde a área de 32,8 % do mapa índice, apresentando o maior número de polígonos resultantes, cerca de 22 manchas.

A Classe 3 – Sensibilidade Ambiental Média, ocorre somente nos subtrechos A e B, com 70,6 % de sua área total ocorrendo no subtrecho A. As suas áreas somam 24,4 % do mapa síntese e apresentam o maior polígono do mapa síntese.

Em menor ocorrência, verifica-se a Classe 4 – Sensibilidade Ambiental Alta. Essa classe aparece apenas nos trechos A e B, e corresponde a 6,5 % do total de área avaliada pelo mapa síntese. Cerca de 68,4 % da área da Classe 4 está situada no subtrecho A.

As classes de sensibilidade foram utilizadas para definir diretrizes ambientais gerais e específicas para o desenvolvimento das atividades de mineração no trecho em estudo. Enquanto as diretrizes específicas foram estabelecidas de acordo com cada classe ambiental, as diretrizes gerais perpassam todas elas.

Nas diretrizes ambientais gerais foram definidos os estudos necessários para que seja promovido o monitoramento da integridade das feições da geomorfologia principal do leito, com a finalidade de manter os atributos naturais da calha do rio. Dentre esses se incluem o estudo da composição geológica da superfície do leito estável (*bedrock*), dispersão da pluma de sedimentação da atividade das dragas e detalhamento da ocupação de solo, quando solicitado. Além disso, foram inseridas orientações quanto ao afastamento das margens do Jacuí, *buffers* para as áreas impróprias à mineração e emprego de medidas compensatórias.

As diretrizes ambientais gerais contemplam ainda faixas mínimas sem atividade de mineração, quando da ocorrência de comunidades/ocupações humanas, no entorno de trecho de travessia de balsas, pontes e outras estruturas, no entorno de áreas de lazer, balneários e praias e no entorno dos pontos de captação de água para abastecimento humano. Deve ser considerada ainda a manifestação do poder público municipal quanto à viabilidade do empreendimento, contemplando os múltiplos usos das margens e do rio, e eventuais restrições, além de estudos para: avaliar a existência de conflitos entre a atividade de mineração e outros usos; avaliar o nível de pressão sonora quando a área de influência incidir sobre populações; e a possível necessidade de detalhamento da ocupação e uso do solo durante os procedimentos de avaliação em escala local, na faixa de 500 m abrangida pelo zoneamento.

As diretrizes ambientais específicas visam a avaliação e controle da erosão das margens e da biota aquática com o intuito de evitar a deterioração de ambas durante a

operação. Essas orientações são válidas para as classes 1, 2, 3 e 4, tornando-se mais rigorosas com o aumento da sensibilidade ambiental. Nas classes 2, 3 e 4 foram incluídas diretrizes quanto à contaminação do sedimento, e a recomendação de execução de EIA-Rima para os novos licenciamentos que incidirem na classe de sensibilidade ambiental alta.

Além das quatro classes de sensibilidade ambiental foram determinados dois outros tipos de áreas com características ambientais específicas: as Áreas de Atenção e as Áreas Impróprias.

As Áreas de Atenção referem-se a trechos do Rio Jacuí com altíssimo risco potencial de erosão, ou seja, segmentos com um acréscimo potencial de velocidade superior a 0,5 m/s devido às alterações da morfologia dos leitos pela mineração. Também foram incluídas neste tópico áreas mapeadas como “foz de rio” devido a sua importância para a ictiofauna durante o evento de piracema. Nestes trechos, deverão ser conduzidos estudos e programas de monitoramento específicos voltados à avaliação do potencial de risco à erosão de margens em função das condições hidrodinâmicas e de áreas de foz dos principais afluentes do Rio Jacuí no trecho avaliado. Para estas áreas indica-se a realização de monitoramento da erosão das margens, da contaminação do sedimento, da biota aquática e a modelagem hidrodinâmica local. Além disso, assim como para a classe de Sensibilidade Alta, orienta-se a execução de EIA-Rima para os novos licenciamentos.

As Áreas Impróprias para mineração foram aquelas caracterizadas por um conjunto de fatores e condições ambientais muito sensíveis, diagnosticadas ao longo dos levantamentos e análises. São trechos do rio em que não será permitida a exploração de areia. Dentre os fatores elencados para restrição encontram-se os seguintes:

- Captação de água para abastecimento humano;
- Pontes, estruturas e travessias de balsas;
- Áreas de comunidades;
- Unidades de conservação;
- Ambientes Marginais.

Também como critério para a classificação de ambientes marginais, levou-se em consideração a preservação de hábitats presentes na planície de inundação, que apresentam riqueza faunística e cumprem a função de berçário, refúgio e área de fonte de alimentação.

Cabe salientar que o Zoneamento retrata as características atuais da área objeto deste estudo, e que este sistema fluvial é dinâmico, ou seja, a morfologia do seu leito está em constante modificação. Tal premissa enseja a necessidade de atualização periódica deste Zoneamento, com a execução de novos levantamentos, ou até mesmo detalhamento, quando assim se fizer necessário.

As atualizações e detalhamentos das informações podem inclusive indicar, por exemplo, uma nova diretriz de afastamento das atividades de mineração das margens. Contudo, eventual revisão para diminuição da distância de referência de 50 metros de margens somente poderá ser realizada mediante a apresentação de estudo técnico de estabilidade das margens. O estudo deverá ser elaborado em escala de detalhe para o trecho do rio onde se insere a área em licenciamento, considerando as áreas adjacentes à área de mineração objeto da solicitação de licença ambiental. No trecho em estudo deverão: ser definidas a composição geológica, pedológica e morfológica da(s) margem(ns); descritos os processos hidrossedimentológicos, como o comportamento dos parâmetros hidrodinâmicos e a capacidade de transporte de sedimentos; caracterizada a constituição vegetal da mata ciliar; e levantadas a(s) tipologia(s) de uso e ocupação do solo. Cabe ressaltar que uma eventual revisão do distanciamento das margens pode ser realizada durante o processo de licenciamento ambiental junto à FEPAM, sem a necessidade de se aguardar a atualização propriamente dita deste Zoneamento Ambiental.

Por fim, recomenda-se a utilização dos marcos geodésicos instalados às margens do Rio Jacuí, no âmbito dos serviços de elaboração do presente Zoneamento Ambiental. A implantação de tais marcos teve por objetivo estabelecer uma rede geodésica de apoio ao longo dos cursos médio e baixo do Rio Jacuí. Desta forma, essa rede poderá ser utilizada como referência para amarração geodésica de levantamentos de campo compatíveis com a sua acurácia.

14 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abilhoa, V.; Agostinho, A.A. aspectos biológicos de duas espécies de Astyanax (teleostei, characidae) em lagoas marginais do alto rio Iguaçu, Paraná, Brasil. Estud. Biol., n. 29, v. 66, p. 23-32. 2007.

Ackers, P. & White, W. R. (1973). Sediment Transport: New Approach and Analysis. Journal of the Hydraulics Division, v.99, n. HY11, p. 2040-2060.

Afonso, O. 1992. Biological quality of Ave River water (Portugal) based on the study of the benthic macroinvertebrate communities. Publ. Inst. Zool. Dr. Augusto Nobre, 229: 1-12.

Agência Nacional de Mineração (ANM). Anuário Mineral Brasileiro (AMB). 2020. Disponível em: https://dados.gov.br/dataset/anuario-mineral-brasileiro-amb.

Agostinho, A. A. *et al*. Composição, abundância e distribuição espaço-temporal da ictiofauna. P. 460. In: Vazzoler, A. E. A. M.; A. A. Agostinho & N. S. Hahn (eds). A planície de inundação do alto ria Paraná: aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos. Editora da Universidade Estadual de Maringá, Maringá. 1997.

Agostinho, A. A. *et al*. Ecologia e manejo de recursos pesqueiros em reservatórios do Brasil. 2007.

Aguirre-PE, J.; Moncada, A. T. e Olivero, M. L. (2004). Transporte de Sedimentos em Rios y Canales. In: XXI Congresso Latinoamericano de Hidráulica. IAHR, Oct., São Pedro, SP. 10p.

Alves, C. B. M. *et al*. Biodiversidade e conservação de peixes do Complexo do Espinhaço. p. 177-196. In: Megadiversidade, v. 4. 2008.

Alves, T. P. Padrão de ocupação de hábitat das espécies dominantes de characiformes do lago Guaíba (Rio Grande do Sul, Brasil) em função de parâmetros ambientais naturais. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Faculdade de Biociências. Tese de Doutorado em zoologia. Porto Alegre, RS, Brasil. 2015

Amoros, S. C., G. Bornette. Connectivity and biocomplexity in waterbodies of riverine floodplains. p.761-776. In: Freshwater biology, v. 47, n. 4. 2002.

ANA. Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH) – Hidroweb. Agência Nacional de Águas, 2019. Disponível em http://www.snirh.gov.br/hidroweb/apresentacao.

Andrade, E.S. *et al*. Biologia reprodutiva de peixes de água doce. Rev. Bras. Reprod. Anim., v.39, n.1, p. 195-201. 2015.

Araújo, F.G. 1996. Composição e estrutura da comunidade de peixes do médio e baixo Rio Paraíba do Sul, RJ. Rev. Bras. Biol., v.1, p.111-26.

Araújo, F.G., Santos, L.N. Distribution of fish assemblages in Lajes reservoir, Rio de Janeiro, Brazil. Brazilian Journal of Biology, v. 61, n. 4, p. 563-576, 2001.

Araújo-Lima, C. A. R.M., Portugal, L.P.S., Ferreira, E.G. 1986. Fish-macrophyte relationship in the Anavilhanas Archipelago, a black water system in the Central Amazon. J. Fish Biol., v.29, p.1-11.

Azevedo Netto, J. M.; Fernandez, M. F. Manual de Hidráulica. Ed. Blucher Ltda, 9ª Edição. São Paulo - SP. 2015. ISBN: 978-85-212-0500-5.

Balon, E. K. Reflections on some decisive events in the early life of fishes. Trans. Am. Fish. Soc.113:178-185, 1984.

Batista, J.J. 1998 Impactos da extração de areia em rios do estado do Rio de Janeiro, PLANAGUA/SEMA/GTZ

Bayley, P. B., H. W. LI. Riverine fishes, p. 92-122. In: P. CALOW, G. PETTS (ed.). River biota: diversity and dynamics. London: Blackwell Science, 1996. 257p.

Becker, F. G. *et al*. Fishes of the Taquari-Antas river basin (Patos Lagoon basin), southern Brazil. P. 79-90. In: Brazilian Journal of Biology, v 73, n. 1. 2013.

Bencke, G. A. Nosso pampa desconhecido. p. 208. In: Biodiversidade. 2016.

Benda, L. E. E. *et al*. The network dynamics hypothesis: how channel networks structure riverine habitats. Pp. 413-427. In: AIBS Bulletin, v. 54, n. 5. 2004.

Bertoletti, S.A.E.P. 2001. O zooplâncton dos lagos do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (SP) e relação entre espécies zooplanctônicas e estado trófico em corpos d'água do Estado de São Paulo. São Paulo, USP, 254p (Tese).

Biassi, Bruna Anselva. Etnoictiologia Nas Bacias Hidrográficas dos Rios Uruguai e Jacuí, Rio Grande do Sul, Brasil. Dissertação de mestrado apresentada ao Curso de Pós – Graduação em Biodiversidade Animal, Linha de Pesquisa Bioecologia e Conservação de Peixes da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2016.

Bonetto, A. A.; DI PERSIA, D. H. 1975. Las poblaciones de pelecipodos del arroyo Ayui Grande (Prov. Entre Rios) y los factores que regulan su distribución y estructura. Ecosur, 2(3): 123-151.

Borges C.Z. 2004. A erosão marginal no rio Paraná após a conclusão de Porto Primavera Dissertação de Mestrado, PGE, Universidade Estadual de Maringá.

Bourscheid Engenharia e Meio Ambiente. 2010. Estudo de Impacto Ambiental do empreendimento UHE Pai-Querê. Porto Alegre.

Bourscheid Engenharia e Meio Ambiente. Relatório de controle ambiental (RCA) e plano de controle ambiental (PCA) para o empreendimento lavra de areia em recurso hídrico superficial. 2017A.

Bourscheid Engenharia e Meio Ambiente. Relatório de complementação do relatório de controle ambiental (RCA) para o empreendimento lavra de areia em recurso hídrico superficial. 2017B.

Brandão, T.; Trevisn, R.; Both, R. Unidades de Conservação e os Campos do Rio Grande do Sul. Revista Brasileira de Biociências, Porto Alegre, v.5, p. 843-845. 2007.

Brandimarte, A.L., Shimizu, G.Y., Anaya, M., & Kuhlmann, M.L. 2004. Amostragem de invertebrados bentônicosIn BICUDO, C. D. M., & BICUDO, D. D. C. Amostragem em limnologia. São Carlos: RiMa, p.213-230.

BRASIL. Agência Nacional de Transportes Aquaviários - ANTAQ. Transporte de Cargas nas Hidrovias Brasileiras 2010 - Hidrovia do Sul. Brasília/DF. 27p. 2011. Disponível em: <http://www.antaq.gov.br/portal/pdfEstatisticaNav Interior/HidroviaSul.pdf> Acesso em 21 jan. 2014.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Censo Demográfico, 2010. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br> Acesso em: ago. 2019.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Pesquisa Agrícola Municipal, 2018. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br> Acesso em: ago. 2019.

BRASIL. Lei Federal nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006. Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica, e dá outras providências.

Brasília, DF, 2006. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2006/ Lei/L11428.htm>. Acesso em: out. 2019.

BRASIL. Lei n. 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. 2012. Diário Oficial da União, Brasília, DF, Ano CXLIX, n. 102, 28 maio 2012. Seção 1, p.1. Disponível em <http://portal.in.gov.br/>. Acesso em out. de 2019.

BRASIL. Ministério da Economia. Relação Anual de Informações Sociais – RAIS, 2017. Disponível em: <http://bi.mte.gov.br/bgcaged> Acesso em: ago. 2019.

BRASIL. Resolução CONAMA Nº 357, DE 17 DE MARÇO DE 2005. Alterada pela Resolução 410/2009 e pela 430/2011 Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. 2005.

Braun, A. S. Biologia reprodutiva e identificação do uso de lagoa marginal como sítio de reprodução para espécies dominantes da ictiofauna da Lagoa do Casamento, sistema nordeste da Laguna dos Patos, RS. Porto Alegre: PUCRS, 2005. 145 f. Tese (Doutorado em Zoologia) – Curso de Pós-Graduação em Zoologia, Faculdade de Biociências, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

Britski, H. A., Birindelli, J. L. O., Garavello, J. C. A new species of Leporinus Agassiz, 1829 from the upper Rio Paraná basin (Characiformes, Anostomidae) with redescription of L. elongatus Valenciennes, 1850 and L. obtusidens (Valenciennes, 1837). Pp. 411-475. In: Papéis Avulsos de Zoologia, v. 52, n. 37. 2012.

Buckup, L., Bueno, A. A., Bond-Buckup, G., Casagrande, M., & Majolo, F. 2007. The benthic macroinvertebrate fauna of highland streams in southern Brazil: composition, diversity and structure. Revista Brasileira de Zoologia, 24(2), 294-301.

Buckup, P. A., Menezes, N. A., Ghazzi, M. S. Catálogo das espécies de peixes de água doce do Brasil. In: Rio de Janeiro: Museu Nacional. 2007.

Carvalho, F. R. *et al*. Ictiofauna da Estação Experimental Agronômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, sul do Brasil: composição e diversidade. In: Revista Brasileira de Biociências, v. 10, n. 1. 2012.

Carvalho, N. O. Hidrossedimentolgia Prática. 2° Edição. Editora Interciência. Rio de Janeiro. 2008.

Castro, R. M. C. Evolução da ictiofauna de riachos sul-americanos: padrões gerais e possíveis processos causais. Pp.139-155. In: Caramaschi, E. P.; R. Mazzoni & P. R. Peres- Neto (eds). Ecologia de peixes de riachos. PPGE-UFRJ, Rio de Janeiro. 1999.

CEMIG – Companhia Energética de Minas Gerais. Bases Conceituais para Conservação e Manejo de Bacias Hidrográficas / Org.: Marcos Callisto, Diego Rodrigues Macedo, Diego Marcel Parreira de Castro e Carlos Bernardo Mascarenhas Alves - Belo Horizonte: Cemig, 2019. 212p. (Série Peixe Vivo, 7).

CEMIG - Companhia Energética de Minas Gerais. Condições ecológicas em bacias hidrográficas de empreendimentos hidrelétricos / Org.: Marcos Callisto, Carlos Bernardo Mascarenhas Alves, João de Magalhães Lopes, Míriam Aparecida de Castro. – Belo Horizonte: Cemig, 2014. 264p.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de

amostragem. Governo do Estado de São Paulo. Secretaria do meio ambiente. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2018/06/Ap%C3%AAndice-E-Significado-Ambiental-das-Vari%C3%A1veis-de-Qualidade.pdf. Último acesso em março/2019.

Chow, V. T. Open-channel Hydraulics. McGraw Hill Book Company/ Kogakusha Company. Tokyo. 1959.

Christofoletti, A. Geomorfologia fluvial. São Paulo: Edgard Blucher, Fundação de Amparo à Pesquisa do estado de São Paulo, 1981.

Collischonn, W; Dornelles, F. Hidrologia para engenharia e ciências ambientais. Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH). Porto Alegre - RS. 2013.

Copeland, R. R. (1993). Numerical Modeling of Hydraulic Sorting and Armoring in Alluvial Rivers. 572f. Tese (doutorado) – University of Iowa, Iowa City.

Correa, Geraldo Terceiro; de Souza Filho, Edvard Elias. Avaliação dos processos de erosão marginal no arquipélago floresta japonesa (Alto Rio Paraná). Geografia (Londrina), v. 18, n. 2, p. 1-20, 2009.

Costa, W. J. E. M. Melanorivulus pindorama, a new killifish from the Tocantins River drainage, central Brazilian Cerrado (Cyprinodontiformes: Rivulidae). Pp. 57. In: Ichthyological Exploration of Freshwaters, v. 23, n. 1. 2012.

Costa, W. J. E. M. Phylogenetic position and taxonomic status of Anablepsoides, Atlantirivulus, Cynodonichthys, Laimosemion and Melanorivulus (Cyprinodontiformes: Rivulidae). Pp. 233. In: Ichthyological Exploration of Freshwaters, v. 22, n. 3. 2011.

Costa, W. J. E. M. Phylogeny and classification of Rivulidae revisited: origin and evolution of annualism and miniaturization in rivulid fishes (Cyprinodontiformes: Aplocheiloidei). Pp. 33-92. In: Journal of Comparative Biology. 1998.

Costa, W. J. E. M., Bragança, P. H. N., Ottoni, F. P. A new miniature killifish of the genus Melanorivulus (Cyprinodontiformes: Rivulidae) from the coastal plains of north-eastern Brazil. Pp. 31-35. In: Vertebrate Zoology, v. 65, n. 1. 2015.

CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - Mapa Geológico do Estado do Rio Grande do Sul - Escala 1:750.000 - disponível em shapefile em http://geosgb.cprm.gov.br. 2006.

Crampton, W. G. R. *et al*. A taxonomic revision of the Neotropical electric fish genus Brachyhypopomus (Ostariophysi: Gymnotiformes: Hypopomidae), with descriptions of 15 new species. In: Neotropical Ichthyology, v. 14, n. 4. 2016.

Darrigran, G; Damborenea, C. 2011.Ecosystem engineering impact of Limnoperna fortunei in South America. Zoological Science 1: 1-7.

Das, N. K., & Sinha, R. K. 1993. Assessment of water quality of the Ganga River, Bihar, India. Environment and ecology. Kalyani, 11(4), 829-832.

De Assis Esteves, F.; Petry, A.C. Limnologia em pesquisas ecológicas de longa duração: a experiência nas lagoas costeiras do Norte Fluminense (PELD-sítio 5). Boletim SBL 38: 1-8.

De Paula, C. Q. Gestão Compartilhada dos Territórios da Pesca Artesanal: Fórum Delta do Jacuí (RS). Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geografia. Porto Alegre, 2013.

DEPARTAMENTO MUNICIPAL DE ÁGUAS E ESGOTOS DE PORTO ALEGRE. 1981a. As águas do Rio Caí. Volume 2. DMAE n. 35

DEPARTAMENTO MUNICIPAL DE ÁGUAS E ESGOTOS DE PORTO ALEGRE. 1981b. As águas do Rio Jacuí. DMAE n. 36

DEPARTAMENTO MUNICIPAL DE ÁGUAS E ESGOTOS DE PORTO ALEGRE. 1986. O Rio Guaíba: suas características fisico-químicas e biológicas. Volume 5. DMAE n. 43.

Dornelles, A. M. Utilização de um Perfilador Acústico de Correntes por Efeito Doppler (ADCP) para a estimativa da Concentração de Sedimentos em Suspensão (CSS). Dissertação de Mestrado. IPH/UFRGS. 2009.

Drumond, M.M.; Nascimento, N.O. Separação de escoamento utilizando a condutividade elétrica das águas: um estudo realizado na bacia representativa de Juatuba - Alto São Francisco. XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2007.

Duarte, C.; Rapp, L.H.; Deis, C.P. Fish assemblages in two Sandy beaches in lower Purus river, Amazonas, Brasil. Iheringia, Sér. Zool., Porto Alegre, n.100, v.4, p.319-328. 2010.

Dufech, A. P. S.; FIALHO, C. B. Estudo comparado da taxocenose de peixes em dois ambientes aquáticos do Parque Estadual de Itapuã, sul do Brasil. Iheringia: Série Zoologia, Porto Alegre, v. 99, p. 177-188, 2009.

Duncan, A. 1984. Assessment of factors influencing the composition, body size and turnover rate of zooplankton in Parakrama Samudra, an irrigation reservoir in Sri Lanka. Hydrobiologia, 113(1), 201-215.

Duncan, A.; Gulati, R.D. 1981.Parakrama Samudra (Sri Lanka) Project, a study of a tropical lake ecosystem III. Composition, density and distribution of the zooplankton in 1979: With 3 figures and 3 tables in the text. Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie: Verhandlungen 2: 1001-1008.

Edson Fontes de Oliveira, Erivelto Goulart. Distribuição espacial de peixes em ambientes lênticos: interação de fatores. Acta Scientiarum 22(2):445-453, 2000.

Edwards, T. K.; Glysson, G. D. Field methods for measurement of fluvial sediment. U.S. Geolocical Survey, Repport 86-531. Department of the Interior Donald Paul Hoder, Secretary. Reston. 1988.

Elsayed, S. M. (2013). Comparative Study of diferente scenarios for morphological evolution in a river stream. 309f. Dissertação (mestrado em Engenharia Civil para mitigaçaõ de riscos). Politecnico di Milano, Milão.

Engelund, F. & Hansen, E. (1967). A Monograph on Sediment Transport in Alluvial Streams. Copenhagen: Teknisk Forlag.

Engeplus Engenharia e Consultoria Ltda. Planejamento da Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí fases “A”, “B” e ”C”. 2015.

Eschemeyer, W. N., FONG, J. D. Species by family/subfamily. Catalog of Fishes electronic. 2010.

Eschemeyer, W. N., FONG, J. D. Species by family/subfamily. In: Catalog of Fishes electronic version. Disponível em: <http://research.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/SpeciesBy Family> Acessado em 02 jun. 2018.

Eschemeyer, W. N., FRICKE, R. V. L. Catalog of Fishes: genera, species, reference. 2018A.

Espíndola, E. L. G.; Brigante, J.; Eler, M. N. Avaliação ambiental preliminar do uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica do Rio Mogi-Guaçu. Limnologia fluvial, um estudo no Rio Mogi-Guaçu. São Carlos: Editora Rima, p. 23-53, 2003.

Esteves, F. A. 1998. Fundamentos de Limnologia. Editora Interciência Ltda. Rio de Janeiro. 575 p.

Fagundes, H. O.; Fan, F. M.; Paiva, R. C. D. Automatic calibration of a large-scale sediment model using suspended sediment concentration, water quality, and remote sensing data. RBRH vol.24 Porto Alegre 2019 Epub Apr 25, 2019.

Ferraz, G. Twelve Guidelines for Biological Sampling in Environmental Licensing Studies. Natureza e Conservação, n.10, v.1, p.20-26. 2012.

Ferreira, C. W. S.; LIMA, C. S.; Cavalcanti, L. C. S.; Santos, A. H. O. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do açude Cachoeira II, no município de Serra Talhada – PE, Brasil. VI Seminário Latino-Americano de Geografia Física. II Seminário Ibero Americano de Geografia Física. Universidade de Coimbra. 2010.

Fisrwig - Federal Interagency Stream Restoration Working Group. 1998. Stream corridor restoration: principles, processes, and practices. FISRWIG.

Flores-Lopes, F., Cetra, M., Malabarba, L. R. Utilização de índices ecológicos em assembléias de peixes como instrumento de avaliação da degradação ambiental em programas de monitoramento. In: Biota Neotropica, v. 10, n. 4. 2010.

Frank, H.T. 1989. Geologia e Geomorfologia das folhas Morretes, São Leopoldo, São Jerônimo, Guaíba e Arroio dos Ratos, RS. Curso de Pós-Graduação em Geociências, Instituto de Geociências, UFRGS, Dissertação de Mestrado, 160p.

Freitas, C. S. Plano Diretor de Navegação Interior do Rio Grande do Sul: Estudo Comparativo entre a Proposta de 1976 e a Situação Atual do Transporte de Cargas e Infraestrutura. Trabalho de Diplomação apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: DECIV/EE/UFRGS. 2013. 74p.

Fuentes, R. V., Rumiz, D. I. Estudio preliminar de la ictiofauna y los hábitats acuáticos del Río Bajo Paraguá, Santa Cruz, Bolivia. In: Biota Neotropica, v. 8, n. 1. 2008.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMIENTAL HENRIQUE LUIZ ROESSLER (FEPAM). Arquivos digitais para uso em SIG – base cartográfica digital do RS 1:250.000. 2019. Disponível em: <http://www.fepam.rs.gov.br/biblioteca/geo/bases_geo.asp>

FZB/PRÓ-GUAIBA. 2002a. Relatórios científicos relativos à macroatividade “Reavaliação das condições naturais da fauna e flora”. Apêndice I. Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul, Programa Pró-Guaíba. Porto Alegre.

FZB/PRÓ-GUAÍBA. 2002b. Mapeamento, diagnóstico e gerenciamento de ambientes de áreas úmidas na bacia do Guaíba, tendo em vista sua preservação ou conservação. Relatório final. Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul, Programa Pró-Guaíba. Porto Alegre

Galetti, Jr, P.M., Esteves, K.E., Lima, N.R.W., Mestriner, C. A., Cavallini, M.M., Cesar, A.C.G., Miyazawa, C.S. 1990. Aspectos comparativos da ictiofauna de duas lagoas marginais do Rio Mogi-Guaçu (Alto Paraná- estação ecológica do Jataí, SP). Acta Limnol. Bras., v.3, p. 865-85.

Gamaro, P. E. Medidores Acústicos Doppler de Vazão. ITAIPU Binacional. 1° Edição. Foz do Iguaçu-PR. 2012.

Gannon, Je.; Stemberger, RS. 1978. Zooplankton (especially crustaceans and rotifers) as indicators of water quality. Transactions of the American Microscopical Society: 16-35.

Garcez, Danielle Sequeira; Sánchez-Botero, Jorge Iván. Comunidade de Pescadores artesanais no Estado do Rio Grande do Sul do Sul, Brasil. Rio Grande: Atlântica, v. 27, n. 1, p. 17-29, 2005.

Godinho, A.L.; Pompeu, P.S. A importância dos ribeirões para os peixes de piracema (cap. 19). In: Águas, peixes e pescadores do São Francisco das Minas Gerais. Organizadores: Hugo Pereira Godinho, Alexandre Lima Godinho. Belo Horizonte: PUC Minas, 2003.

Godoy, M. P. Dez anos de observações sobre periodicidade migratória de peixes do Rio Mogi Guassu. Pp. 1-12. In: Revista Brasileira de Biologia, v. 27, n. 1. 1967.

Governo do Estado do Rio Grande do Sul. 2014. Plano de manejo do parque estadual do delta do Jacuí – PEDJ. Disponível em: <http://www.sema.rs.gov.br/parque-estadual-delta-do-Jacuí>. Acessado em 01 jun. 2018.

Goy, J. L.; Silva, P. G.; Zazo, C.; Bardaji, T.; Somozqa, L. Model of morphotectonic map and legend. Bulletin of INQUA Neotectonic Commission, v. 12, p 19-31, 1991

Hammer, Øyvind *et al*. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. Palaeontologia electronica, 4: 9.

Har Engenharia e Meio Ambiente. Programa de monitoramento da ictiofauna SOMAR – Sociedade Mineradora LTDA. 2009.

Har Engenharia e Meio Ambiente. Programa de monitoramento da ictiofauna SOMAR – Sociedade Mineradora LTDA. 2010.

Har Engenharia e Meio Ambiente. Programa de monitoramento da ictiofauna SOMAR – Sociedade Mineradora LTDA. 2011.

Har Engenharia e Meio Ambiente. Programa de monitoramento da ictiofauna SOMAR – Sociedade Mineradora LTDA. 2012.

Har Engenharia e Meio Ambiente. Programa de monitoramento da ictiofauna SOMAR – Sociedade Mineradora LTDA. 2013.

Har Engenharia e Meio Ambiente. Programa de monitoramento da ictiofauna SOMAR – Sociedade Mineradora LTDA. 2014.

Har Engenharia e Meio Ambiente. Programa de monitoramento da ictiofauna SOMAR – Sociedade Mineradora LTDA. 2015.

Har Engenharia e Meio Ambiente. Programa de monitoramento da ictiofauna SOMAR – Sociedade Mineradora LTDA. 2016.

Har Engenharia e Meio Ambiente. Programa de monitoramento da ictiofauna SOMAR – Sociedade Mineradora LTDA. 2017.

Hasenack, H.; Weber, E.(org.) Base cartográfica vetorial contínua do Rio Grande do Sul - escala 1:50.000. Porto Alegre: UFRGS Centro de Ecologia. 2010. 1 DVD-ROM. (Série Geoprocessamento n.3). ISBN 978-85-63483-00-5 (livreto) e ISBN 978-85-63843-01-2 (DVD).

Helley, E. J.; SMITH, W. Development and calibration of a pressure-difference bedload sampler. USGS Open-File Report. 1971. In: http://pubs.usgs.gov/of/1973/0108/report.pdf

Hilsenhoff, W.L. 1988. Rapid field assessment of organic pollution with a family-level biotic index. Journal of the North American benthological society 7(1) 65-68.

Hynes, H.B.N. 1970. The ecology of running waters (Vol. 555). Liverpool: Liverpool University Press.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Folha SH.22 Porto Alegre e parte das Folhas SH.21 Uruguaiana e 51.22 Lagoa Mirim; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra / Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e

Estatística. Rio de Janeiro: IBGE, 1986. 796 p., 6 mapas, (Levantamento dos Recursos Naturais, 33).

International Union For Conservation Of Nature. 2018. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2017-3. Disponível em: <www.iucnredlist.org>. Acessado em 01 Jun. 2018.

Junk, W. Flood tolerance and tree distribution in central Amazonian floodplains. Pp. 47-64. In: Tropical forests; botanical dynamics, speciation, and diversity. 1989.

Junk, W. J., Bayley, P. B., & Sparks, R. E. 1989. The flood pulse concept in river-floodplain systems. Canadian special publication of fisheries and aquaticsciences 106(1): 110-127.

Junk, W.J., Soares, M.G.M., Saint-Paul, U. 1997. The Fish. In: JUNK, W.J. (Ed.) The Central Amazon Floodplain: ecological studies. New York: Springer-Verlag, v.126, p.385-408.

Kapusta, S. C.; De Freitas, SM Fagondes. Limnoperna fortunei na bacia hidrográfica do baixo Rio Jacuí: relacoes com a comunidade de macroinvertebrados bentonicos. Capítulo 21. Mansur *et al*.(eds.). Moluscos límnicos invasores no Brasil: biologia, prevenção e controle. Redes Editora Ltda., Porto Alegre, Brazil, p. 243-246, 2012.

Koch, W. R., Milani, P. C., Grosser, K. M. Peixes das chuvas. Pp. 52-53. In: Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul (ed.). Natureza em revista: Delta do Jacuí. 2002.

Koerber, S., Litz, T. O., Mirande, J. M. CLOFFAR-update 1-supplement to Checklist of the Freshwater Fishes of Argentina. 2015.

Koste, W.; Shiel, R.J. 1987. Rotifera from Australian inland waters. II. Epiphanidae and Brachionidae (Rotifera: Monogononta). Invertebrate Systematics 7: 949-1021.

Kutikova, L.A. 2002. Rotifera. A Guide to Tropical Freshwater Zooplankton: Identification, Ecology and Impact on Fisheries. Bakhuys Publishers, Leiden, The Netherlands, p. 23-45.

Lapointe, N.W.R.; Corkum, L.D. A comparison of methods for sampling fish diversity in shallow offshore Waters of large rivers. North American Journal of Fisheries Management, n.26, p.503-513. 2006.

Laursen, E. M. (1958). The total sediment load of streams. Journal of the Hydraulics Division, v. 84, n. HY1, p. 1530-1 1530-36.

Lazara, K. J. The killifish master index: a checklist of oviparous cyprinodontiform fishes. In: American Killifish Association. 1984.

Leopold, L.B., Wolman, M.G., Miller, J.P. 1993. Fluvial Processes in Geomorphology. Dover, 535 p.

Lowe-Mcconnell, R. H. Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais. In: Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais. 1999.

Lowe-McConnell, R. H. Fish communities in tropical freshwaters. London: Longman, 1975. 337p.

Lucena, C. A. S. Lista comentada das espécies do gênero Roeboides Günther, 1864 descritas para as bacias dos rios Amazonas, São Francisco e da Prata (Characiformes, Characidae, Characinae). Pp. 29-47. In: Comunicações Museu Ciências Tecnologia PUCRS, Série Zoologia, v. 1, n. 3. 1988.

Lucena, C. A. S., SOARES, H. G. Review of species of the Astyanax bimaculatus “caudal peduncle spot” subgroup sensu Garutti & Langeani (Characiformes, Characidae) from the rio La Plata and rio São Francisco drainages and coastal systems of southern Brazil and Uruguay. Pp. 101-125. In: Zootaxa, v. 4072, n. 1. 2016.

Lucinda, I., Moreno, I. H., Melão, M. G. G., & Matsumura-Tundisi, T. (2004). Rotifers in freshwater habitats in the upper Tietê river basin, São Paulo State, Brazil. Acta Limnologica Brasiliensia, 16(3): 203-224.

Luz-Agostinho, K. D. G. *et al*. A ictiofauna do rio das Antas: distribuição e bionomia das espécies. Pp. 115. In: Maringá: Clichetec. 2010.

Machado-Allison, A. 1990. Ecologia de los peces de las áreas inundables de los llanos de Venezuela. Interciencia, v.15, p.411-23.

Magurran, A. E. 1988. Ecological diversity and its measurement. Princeton, Princeton University Press, 179p. Mansur, M. C., & Pereira, D. 2006. Limnic bivalves of the Sinos river basin, Rio Grande do Sul, Brazil (Bivalvia, Unionoida, Veneroida And Mytiloida). Revista Brasileira de Zoologia 23(4): 1123-1147.

Malabarba, L. R.; Weitzman, S. H. Descriptions of a new genus from southern Brazil, Uruguay and Argentina, with a discussion of a putative characid clade (Teleostei: Characiformes: Characidae). Pp. 67-151. In: Comunicacoes do Museu de Ciencias e Tecnologia da PUCRS, v. 67. 2009.

Malabarba, L.R.; Reis, R.E. Manual de Técnicas para Preparação de coleções Zoológicas: Peixes. Campinas: Sociedade Brasileira de Zoologia. 15p. 1987.

Mamédio, F. M. P. Impacto de erros nos dados de entrada na eficiência de um modelo hidrológico. Dissertação de Mestrado. IPH/UFRGS. Porto Alegre – RS. 2014.

Mansur, M. C. D., Pimpao, D. M., Bergonci, P. E. A., Santos, C. P., & Figueiredo, G. C. S. 2012. Morfologia e ciclo larval comparados de bivalves límnicos invasores e nativos. In: M. C. D. Mansur; C. P. Dos Santos; D. Pereira; I. C. P. Paz; M. L. L. Zurita; M. T. R. Rodriguez; M. V. Nehrke; P. E. A. Bergonci. (Org.). Moluscos límnicos invasores no Brasil: biologia, prevenção e controle. 1ed.Porto Alegre: REDES, 2012, v. 1, p. 95-110.

Mansur, M.C.D., Veitenheimer-Mendes, I.L., & Almeida-Caon, J.D. 1988. Mollusca, Bivalvia de um trecho do curso inferior do Rio Jacuí, Rio Grande do Sul, Brasil. Iheringia, Série Zoologia, 67, 67-108.

Mansur, M.C.D.; Pereira, D. 2006.Bivalves límnicos da bacia do rio dos Sinos, Rio grande do Sul, Brasil (Bivalvia, Unionoida, Veneroida e Mytiloida). Revista Brasileira de Zoologia 23: 1123-1147,

Marchese, M., & Drago, I. E. 1992. Benthos of the lotic environments in the middle Paraná River system: transverse zonation. Hydrobiologia, 237(1), 1-13.

Marchese, M.; De Drago, I.E.; Drago, E.C. 2002. Benthic macroinvertebrates and physical habitat relationships in the Paraná River-floodplain system. The ecohydrology of South American rivers and wetlands. IAHS Special Publication 6:111-132.

Margalef, R.1972. Homage to Evelyn Hutchinson, orwhythere is an upper limit to diversity. Connecticut Academy of Arts and Sciences.

Martens, E.V. 1868. Übersüdbrasilianische Land und Süsswassermollusken. Nach der Sammlung von Dr. R. Hensel. MalakozoologischeBlätter, Cassel 15: 169-217.

Matthews, W. J. L. Patterns in freshwater fish ecology. Pp. 756. In: Chapman & Hall, New York. 1998.

Medeiros, W.M.V.; Silva, C.E.; Lins, R.P.M. Avaliação sazonal e espacial da qualidade das águas superficiais da bacia hidrográfica do rio Longá, Piauí, Brasil.Rev. Ambient. Água vol.13 no.2 Taubaté 2018 Epub May 07, 2018.

Meyer-Peter, E. & Muller, R. (1948). Formula for Bed-Load Transport. International Association for Hydraulic Research, Stockholm, 2nd Meeting, p. 39-65.

Miall, A.D. 1977. Lithofacies types and vertical profile models in braided river deposits: A Summary. Geologycal Survey of Canada, 3303 – 33rd. 1977. 5 p.

Miall, A.D. 1997. The geology of stratigraphy sequences. Springer-Verlag, Berlin, 433p.

MJ, McCune B. Mefford. PC-ORD. Multivariate analysis of ecological data. Version, v. 6, 2011.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. 2014. PORTARIA nº 445, de 17 de dezembro de 2014. Reconhece como espécies de peixes e invertebrados aquáticos da fauna brasileira ameaçadas de extinção aquelas constantes da "Lista Nacional Oficial de Espécies da Fauna Ameaçadas de Extinção - Peixes e Invertebrados Aquáticos". Disponível em < http://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Portaria/2014/p_mma_445_2014_lista_peixes_amea%C3%A7ados_extin%C3%A7%C3%A3o.pdf>. Acessado em 01 jun. 2018.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. Áreas Prioritárias para a Conservação, Uso Sustentável e Repartição de Benefícios da Biodiversidade Brasileira: Atualização – Portaria MMA nº 09, de 23 de janeiro de 2007. Brasília, 2007.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. Disponível em <http://sistemas.mma.gov.br/portalcnuc/rel/index.php?fuseaction=portal.consultarFicha>. Acesso em: out.2019.

Moring, J.B., Braun, C.L., And Pearson, D.K., 2014, Mesohabitats, fish assemblage composition, and mesohabitat use of the Rio Grande silvery minnow over a range of seasonal flow regimes in the Rio Grande/Rio Bravo del Norte, in and near Big Bend National Park, Texas, 2010–11: U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report 2013–5210, 89 p., http://dx.doi.org/sir20135210.

MRS Estudos Ambientais LTDA. Relatório de impacto ambiental das obras de duplicação da rodovia BR290/RS. 2009.

Northcote, T. G. Migratorystrategies and production of freshwater fishes. Pp. 326. In: Ecology of freshwater fish production. 1978.

O'farrell, I., Tell, G., &Podlejski, A. 2001. Morphological variability of Aulacoseira granulata (Ehr.) Simonsen (Bacillariophyceae) in the Lower Paraná River (Argentina). Limnology 2(2): 65-71.

Oliveira, M. L. A. A. &Porto, M. L. 2000. Ecologia de paisagem do Parque Estadual Delta do Jacuí, Rio Grande do Sul, Brasil: mapa da cobertura do solo e da vegetação, a partir do Landsat TM5. Iheringia, Sér. Bot., 58:145-163.

Oliveira, M. L. A. A. 1999. Análise do padrão de distribuição de comunidades vegetais do Parque Estadual Delta do Jacuí: mapeamento e subsídios ao zoneamento da Unidade de Conservação. Tese (Doutorado em Botânica), UFRGS, Porto Alegre. 234 p.

Ortmann, A.E. 1921. South American naiades; a contribution to the knowledge of the freshwatermussels of South America. Mememoirs of the Carnegie Museum, Pittsburgh, 8 (3): 451-670.

Pereira, D. 2014. Bivalves Límnicos na América do Sul: Subsídios para Conservação de Espécies Nativas e para o Controle do Bivalve Invasor Limnoperna fortunei (Dunker, 1857). Tese de Doutorado, Pós-Graduação em Ecologia UFRGS.

Pereira, D., Arruda, J. O., Menegat, R., Porto, M. L., Schwarzbold, A., & Hartz, S. M. 2011. Guildas tróficas, composição e distribuição de espécies de moluscos límnicos no gradiente fluvial de um riacho subtropical brasileiro. Biotemas 24(1), 21-36.

Pereira, D., Arruda, J. O.; Bergonci, P. E. A.; Oliveira, A. S.; Postiglione, R.; Mansur, M. C. D. 2012a. Como monitorar moluscos límnicos invasores bentônicos e macroinvertebrados

associados? In: M. C. D. MANSUR; C. P. DOS SANTOS; D. PEREIRA; I. C. P. PAZ; M. L. L. ZURITA; M. T. R. RODRIGUEZ; M. V. NEHRKE; P. E. A. BERGONCI. (Org.). Moluscos límnicos invasores no Brasil: biologia, prevenção e controle. 1ed.Porto Alegre: REDES, v. 1, p. 155-184.

Pereira, D., Mansur, M. C. D.; Pimpão, D. M. 2012b. Identificação e diferenciação dos bivalves límnicos invasores dos demais bivalves nativos do Brasil. In: M. C. D. Mansur; C. P. Dos Santos; D. Pereira; I. C. P. Paz; M. L. L. Zurita; M. T. R. Rodriguez; M. V. Nehrke; P. E. A. Bergonci. (ORG.). Moluscos límnicos invasores no Brasil: biologia, prevenção e controle. 1ed.Porto Alegre: REDES, v. 1, p. 75-94.

Pereira, D., Veitenheimer-Mendes, I. L., Mansur, M. C. D., & Silva, M. D. 2000a. Malacofaunalímnica do sistema de irrigação da microbacia do arroio Capivara, Triunfo, RS, Brasil. Biociências 8(1): 137-157.

Pereira, D.; De Luca, S. J. Benthic macroinvertebrates and the quality of the hydric resources in Maratá Creek basin (Rio Grande do Sul, Brazil). Acta LimnologicaBrasiliensia, v. 15, n. 2, p. 57-68, 2003.

Pereira, D.; Konrad, H. G.; Paloski, N. I. 2000b. Gastrópodos límnicos da bacia do rio Camaquã, RS, Brasil. Acta BiologicaLeopoldensia 22: 55-66.

Perucchi, L.C.; Kubo, R.R; Coelho-De-Souza, G. Articulação e encaminhamento das questões da pesca artesanal: uma análise do Fórum da Pesca do Litoral Norte do Rio Grande do Sul, Brasil. revista de Gestão Costeira integrada, v.12, n.4, 2012.

Pillar, V. D. "MULTIV: aplicativo para análise multivariada e teste de hipóteses." Departamento de Ecologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre (2001).

Pillar, V. D. P. 2004. Suficiência amostral. In Bicudo, C. D. M., & Bicudo, D. D. C. Amostragem em limnologia. São Carlos: RiMa, p.25-43.

Plafkin, J.L. 1989. Rapid bioassessmentprotocols for use in streams and rivers: benthic macroinvertebrates and fish. United States Environmental ProtectionAgency, Office of Water.

Pompêo, Marcelo Luiz Martins; MOSCHINI-CARLOS, Viviane. Macrófitas aquáticas e perifíton: aspectos ecológicos e metodológicos. RiMa, 2003.

Pracheil, B. M.; Mcintyre, P.B., Lyons, J. D. Enhancing conservation of large-river biodiversity by accounting for tributaries. Frontiers in Ecology and the Environment, v. 11, n. 3, p. 124-128. 2013.

Rauber Minerais. Relatório de Controle Ambiental (RCA): Extração de bens minerais (areia e/ou cascalho), lavra de areiam a céu aberto, sem beneficiamento, em recurso hídrico. 2012.

Reis, R. E., Kullander, S. O., Ferraris, C. J. Checklist of the freshwater fishes of South and Central America. In: Edipucrs. 2003.

Reis, R.E. Revision of the neotropical catfish genus Hoplosternum (Ostariophysi: Siluriformes: Callichthyidae), with the description of two new genera and three new species. Ichthyol. Explor. Freshwat. n. 7, v. ¾, p.299-326. 1997.

Reynolds, C. Community organization in the freshwaterplankton. In: Symp. Br. Ecol. Soc. 1987. p. 297-325.

Reynolds, C. S., Huszar, V., Kruk, C., Naselli-Flores, L., & Melo, S. (2002). Towards a functional classification of the freshwaterphytoplankton. Journal of planktonresearch, 24(5), 417-428.

Reynolds, C. S.; Descy, J.-P.; Padisák, J..1994. Are phytoplankton dynamics in riverssodifferent from those in shallowlakes?. In: Phytoplankton in Turbid Environments: Rivers and ShallowLakes. Springer, Dordrecht, p. 1-7.

Reynolds, C.S. 1984. The ecology of freshwater phytoplankton. Cambridge University press,

Rhea Estudos e Projetos. Relatório técnico do diagnóstico ambiental do meio biótico. 2007.

Rio Grande do Sul, 2018. Decreto Estadual nº 53.885 - Institui subdivisão das Regiões Hidrográficas do Estado do Rio Grande do Sul em Bacias Hidrográficas. Podes Executivo. 16 de janeiro de 2018.

Rio Grande do Sul. Decreto Estadual N.º 51.797, de 8 de Setembro de 2014. Declara as Espécies da Fauna Silvestre Ameaçadas de Extinção no Estado do Rio Grande do Sul. Disponível em: <http://www.al.rs.gov.br/filerepository/repLegis/arquivos/DEC%2051.797.pdf>. Acessado em 01 jun. 2018.

Rio Grande do Sul. Decreto Estadual Nº 41.672, de 11 de Junho de 2002. Declara as espécies da fauna silvestre ameaçadas de extinção no Estado do Rio Grande do Sul, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.al.rs.gov.br/legis/M010/M0100099. ASP?Hid_ TodasNormas=840 &hTexto=&Hid_IDNorma=840> Acessado em 01 jun. 2018.

Rio Grande do Sul. Secretaria do Meio Ambiente (SEMA). Departamento de Recursos Hídricos – DRH. Sistema de Outorga de Água do Rio Grande do Sul – SIOUT. Disponível em: http://www.siout.rs.gov.br/consulta/. Acesso em: out. 2019.

Rio Grande do Sul. Secretaria do Meio Ambiente (SEMA). Etapa A – Diagnóstico dos recursos hídricos da bacia do rio Pardo. 2005. Disponível em: <https://www.sema.rs.gov.br/g060-bacia-hidrografica-dos-rios-vacacai-vacacai-mirim>

Rio Grande do Sul. Secretaria do Meio Ambiente (SEMA). G060 – Bacia hidrográfica dos rios Vacacaí – Vacacaí Mirim. 2019. Disponível em: <https://www.sema.rs.gov.br/g060-bacia-hidrografica-dos-rios-vacacai-vacacai-mirim>

Rio Grande do Sul. Secretaria do Meio Ambiente (SEMA). Planejamento da bacia hidrográfica do Baixo Jacuí, fases A, B e C. Relatório técnico 1: atividades preliminares - rt1. Edição revisada. 2014. Disponível em: <https://www.sema.rs.gov.br/g070-bacia-hidrografica-do-baixo-Jacuí>

Rio Grande do Sul. Secretaria do Meio Ambiente (SEMA). Planejamento da bacia hidrográfica do Baixo Jacuí, fases A, B e C. Relatório técnico 1: atividades preliminares - rt1. Edição revisada. 2014. Disponível em: <https://www.sema.rs.gov.br/g070-bacia-hidrografica-do-baixo-Jacuí>.

Rio Grande do Sul. Secretaria do Meio Ambiente (SEMA). Plano de Bacia Taquari-Antas. Elaboração dos serviços de consultoria referente às fases A e B do plano de bacia do rio Taquari-Antas. Fase AP (Atividade Preliminar). Atividade Ap 2, Ap3 Ap 4 e Ap 5. Relatório técnico 1:atividades preliminares - rt1. 2011. Disponível em: <https://www.sema.rs.gov.br/g040-bacia-hidrografica-do-rio-taquari-antas>

Rio Grande do Sul. Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura do Estado do Rio Grande Do Sul - SEMA. Disponível em: < https://www.sema.rs.gov.br/unidades-de-conservacao-2016-10> Acesso em: out. 2019.

Rio Grande do Sul. Secretaria Estadual do Meio Ambiente (SEMA). Elaboração de serviço de consultoria relativo ao processo de planejamento dos usos da água na bacia hidrográfica dp Alto Jacuí – Etapas A eB. Relatório técnico 1: atividades preliminares - RT1. Edição revisada. 2012. Disponível em: https://www.sema.rs.gov.br/g050-bacia-hidrografica-do-alto-Jacuí

Rio Grande do Sul. Superintendência dos Portos e Hidrovias - SPH. Travessias Hidroviárias Intermunicipais da Bacia do Sudeste - no Rio Grande do Sul (Rio Jacuí). 2014d. Disponível em: http://www.sph.rs.gov.br/sph_2006/content/travessias/travessias_intermunicipais.php Acesso em: 30 Mai. 2014.

Rio Grande do Sul. Superintendência dos Portos e Hidrovias - SPH. Portos e Terminais na Hidrovia Rio Jacuí. 2014e. Disponível em: <http://www.sph.rs.gov.br/sph_2006/content/porto_poa/porto_poa_infraestrutura_terminai s_fora_cais.php> Acesso em: 27 Jan. 2014.

Robinson, A. H., & Robinson, P. K. 1971. Seasonal distribution of zooplankton in the northern basin of Lake Chad. Journal of Zoology 163(1), 25-61.

Robinson, C. T., Tockner, K., Ward, J. V. The fauna of dynamic riverine landscapes. Pp. 661-677. In: Freshwater Biology, v. 47, n. 4. 2002.

Rondon Súarez, Y. Variação espacial e temporal na diversidade e composição de espécies de peixes em riachos da bacia do Rio Ivinhema, Alto Rio Paraná. In: Biota Neotropica, v. 8, n. 3. 2008.

Roos Ambiental. Diagnóstico ambiental do meio biótico do relatório de controle ambiental (RCA) e plano de controle ambiental (PCA) para mineração em recurso hídrico. 2016.

Rubey, W. W. (1933). Setting Velocities of Gravel, Sand, and Silt Particles. American Journal of Science, v. 25, n. 148, p. 325-338.

Saccol-Perreira, A. Variação sazonal e estrutura trófica da assembléia de peixes do delta do Rio Jacuí, RS, Brasil. 2008.

Saccol-Perreira, A., Milani, P. C. C., Fialho, C. B. Primeiro registro de Acestrorhynchus pantaneiro Menezes, 1992 (Characiformes, Acestrorhynchidae) no sistema da laguna dos Patos, Rio Grande do Sul, Brasil. Pp. 1-4. In: Biota Neotropica, vol. 6. 2006.

Sampóns, M.R. 1988. Zoobentos del río Arrecifes (Buenos Aires, Argentina) y sus principalestributarios. Iheringia 68: 63-82

Santos, I.; FILL, H. D.; SUGAI, M.; BUBA, H.; KISHI, R. T.; MARONE, E.; LAUTERT, L. F. Hidrometria Aplicada. LACTEC. Curitiba-PR. 2001.

Santos, J. E. Ontogênese e comportamento larvais de seis espécies de peixes de água doce sob condições experimentais. Belo Horizonte: Instituto de Ciências Biológicas, UFMG, 1992. 132p. (Dissertação, Mestrado em Morfologia).

Santos, P.F.; da Luz, L.D. Lagoas marginais e sua importância para conservação da biodiversidade – relação com alterações hidrológicas. XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Campo Grande, MS. Porto Alegre, ABRH. 2009.

Sato, Y., Cardoso, E.L., Amorim, J.C.C. 1987. Peixes das lagoas marginais do Rio São Francisco à montante da represa de Três Marias (Minas Gerais). Brasília: CODEVASF, p.4-20

Scapin J.; Paiva J. B. D e Beling F. A. (2007). Avaliação de Métodos de Cálculo do Transporte de Sedimentos em um Pequeno Rio Urbano. Porto Alegre. RBRH, vol. 12, nº 4.

Schafer, S. A. Conflict and resolution: impact of new taxa on phylogeneticstudies of the Neotropical cascudinhos (Siluroidei: Loricariidae). Pp. 375-400. In: Phylogeny and classification of neotropical fishes, Edipucrs. 1998.

Scherer, C. M. S.; E.L.C.Lavina ; M.M.Fonseca ; Santos, L. A. O. . Barras em pontal em depósitos fluviais antigos: exemplos no registro geológico sul-rio-grandense. Pesquisas em Geociências (UFRGS), Porto Alegre, v. 27(1), p. 77-88, 2000.

Schloesser, J.T. Large river fish communitysamplingstrategies and fish association to engineering and natural river channel structures. Manhattan, Kansas: Kansas State University. Master of Science Thesis. 76p. 2008.

Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura do Estado do Rio Grande Do Sul (SEMA RS). Disponível em: < https://www.sema.rs.gov.br/unidades-de-conservacao-2016-10> Acesso em: out. 2019.

Secretaria Municipal de Qualidade Ambiental de Charqueadas. Plano Ambiental Municipal. Vol. 2.

SEINFRA/DNIT – Superintendência de Infraestrutura de Transportes / Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Projeto de Estruturação do Desenvolvimento Hidroviário no Rio Grande do Sul (Hidrovia Brasil – Uruguai).

SEMA RS – Governo do Estado do Rio Grande do Sul (2010). Zoneamento Ambiental da Silvicultura – Diretrizes da Silvicultura por unidade de Paisagem e Bacia Hidrográfica.

SEPLAN. 1986. Folha SH.22 Porto Alegre e parte das Folhas SH.21 Uruguaiana e SI.22 Lagoa Mirim: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso e ocupação dos solos. Levantamentos de Recursos Naturais, SEPLAN-IBGE, Rio de Janeiro, Vol. 33, 791p.

Silva, K. W. D. S., Everton, N. D. S., & Melo, M. A. D. D. 2016. Aplicação dos índices biológicos Biological Monitoring Working Party e Average Score per Taxon para avaliar a qualidade de água do rio Ouricuri no Município de Capanema, Estado do Pará, Brasil. Revista Pan-Amazônica de Saúde, 7(3), 13-22.

Sinha, R.K.; Das, N.K. 1993. Taxonomy in the study of water pollution. Environment and Ecology, v. 11, n. 2, p. 412-418,

Soares, M. R. G. J.; Souza, J. L. M. Anáise morfométrica da bacia hidrográfica do rio Pequeno em São José dos Pinhais (PR). Geografia (Londrina), Londrina, v. 21, n. 1, p. 019-036, jan/abr. 2012. Disponível em: http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/geografia

Sousa, H. T. (2009). Sistema computacional para regionalização de vazões. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Viçosa, MG, Brasil.

Stevaux, J.C.; Takeda, A.M. 2002. Geomorphological processes related to density and variety of zoobenthiccommunity of the upper Paraná River, Brazil. ZeitschriftFurGeomorphologieSupplementband, p. 143-158.

Strieder, M.N., Ronchi, L.H., Stenert, C., Scherer, R.T., Neiss, U.G. 2006. Medidas biológicas e índices de qualidade da água de uma microbacia com poluição urbana e de curtumes no sul do Brasil. Acta BiologicaLeopondensia 28(1):17-24.

Superintendência de Infraestrutura de Transportes / Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (SEINFRA/DNIT). Projeto de Estruturação do Desenvolvimento Hidroviário no Rio Grande do Sul (Hidrovia Brasil – Uruguai).

Takeda, A. M.; Lansac-Tôha, F. A.; Agostinho, A. A. Estudos ecológicos de longa duração: reservatório de Itaipu e planície alagável do alto rio Paraná. 2018.

Takeda, A.M., Grzybkowska, M. 1997. Seasonal dynamics and production of Campsurus violaceus nymphs (Ephemeroptera, Polymitarcyidae) in the Baia River, upper Parana River floodplain, Brazil. Hydrobiologia 356(1-3), 149-155.

Takeda, A.M., Stevaux, J.C.; Fujita, D.S. 2001. Effect of hydraulics, bed loadgrain size and water factors on habitat and abundance of Narapabonettoi Righi & Varela, 1983 of the Upper Paraná River, Brazil. Hydrobiologia 463(1): 241-248.

Takeda, A.M.; Fujita, D.S. Benthic invertebrates. The upper Paraná River and its floodplain: physicalaspects, ecology and conservation. Leiden: BackhuysPublishers, p. 191-208, 2004.

Takeda, A.M.; Shimizu, G.Y.; Higuti, J. 1997. Variações espaço-temporais da comunidade zoobêntica. A planície de inundação do alto rio Paraná: aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos. EdUEM. Maringá. 460p, p. 157-177.

Tales, E., Berrebi, R. Controls of local young-of-the-year fish species richness in flood plain water bodies: potentialeffects of habitat heterogeneity, productivity and colonisation–extinction events. Pp. 144-154. In: Ecology of Freshwater Fish, v. 16, n. 2. 2007.

Tejerina-Garro, F. L., Fortin, R., Rodriguez, M. A. Fish community structure in relation to environmentalvariation in floodplain lakes of the Araguaia River, Amazon Basin. Pp. 399-410. In: Environmental Biology of Fishes, v. 51, n. 4. 1998.

Thomas, W. A. (1982). Mathematical modeling of sediment movement. In: Hey, R. D,; Bathurst, J. C.; Trorne, C. R. Gravel-bed Rivers. John Wiley & Sons Ltd, cap.18.

Thomaz, S.M. *et al*. Decomposição das macrófitas aquáticas e sua relação com o pulso de inundação. In: Ecótonos nas interfaces dos ecossistemas aquáticos. Henry, R. (org.). São Carlos: RiMa, 349p. 2003.

Thorne, CR. 1998. Stream reconnaissance handbook: geomorphologicalinvestigation and analysis of river channels. John Wiley & Sons Ltd.

Toffaleti, F. B. (1968). Definitive Computations of Sand Discharge in Rivers. Journal of the Hydraulics Division, v. 95, n. 1, p. 225-248, 1969.

Tomanova, S., Tedesco, P.A., Roset, N., Thomas, R.B., Belliard, J. Systematic point sampling of fish communities in medium- and large-sizedrivers: sampling procedure and effort. Fisheries Management and Ecology, v.20, n.6. 2013.

Torloni, C.E.C., Santos, J.J., Moreira, J. A., Girardi, L. 1991. Pesca artesanal e produção pesqueira no reservatório da UHE Mário Lopes Leão, Promissão-SP. CESP. São Paulo, v.1, 17p.

Tucci, C.E.M. Modelos hidrológicos. 2° ed. Ed. da UFRGS: Associação Brasileira de Recursos Hídricos. Porto Alegre. 2005.

Uhde, V.; Massoli, E.V.; Callil, C.T. Efeito do macrofouling sobre a comunidade de invertebrados aquáticos. In: M. C. D. Mansur; C. P. Dos Santos; D. Pereira; I. C. P. Paz; M. L. L. Zurita; M. T. R. Rodriguez; M. V. Nehrke; P. E. A. Bergonci. (Org.). Moluscos límnicos invasores no Brasil: biologia, prevenção e controle. 1ed.Porto Alegre: REDES, v. 1, p. 235-241, 2012.

USACE: US Army Corps of Engineers (2016). River Analysis System. Hydraulic Reference Manual, version 5.0.

Vannote, R. L., Minshall, G. W., Cummins, K. W., Sedell, J. R., & Cushing, C. E. 1980. The river continuum concept. Canadian journal of fisheries and aquaticsciences, 37(1), 130-137.

Vazzoler, A. E. A. M., Menezes, N. A. 1992. Síntese de conhecimentos sobre o comportamento reprodutivo dos Characiformes da América do Sul (Teleostei, Ostariophysi). Rev. Bras. Biol. 52, 627-640.

Vazzoler, A.E.A.M, Agostinho, A.A., Hahn, N.S. A Planície de Inundação do Alto Rio Paraná. EDUEM, Maringá. p.267-280. 1997.

Vazzoler, A.E.A.M. Manual de métodos para estudos biológicos de populações de peixes: reprodução e crescimento. Brasília, CNPq. 108p. 1981.

Villela, S. M.; Mattos, A. Hidrologia aplicada. São Paulo: Mc Graw-Hill do Brasil, 1975.

Villwoock, J.A.; Tomazelli, L.J. 1995. Geologia Costeira do Rio Grande do Sul. Notas Técnicas. Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica, 8: 1-46.

Volkmer-Ribeiro, C., Mansur, M. C. D., Pereira, D., Tiemann, J.S., Cummings, K.S., &Sabaj, M.H. 2019. Sponge and mollusk associations in a benthic filter-feeding assemblage in the middle and lower Xingu River, Brazil. Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia 166(1): 1-24.

Weber, E.; Hasenack, H.; Ferreira, C.J.S. 2004. Adaptação do modelo digital de elevação do SRTM para o sistema de referência oficial brasileiro e recorte por unidade da federação. Porto Alegre, UFRGS Centro de Ecologia. ISBN 978-85-63843-02-9. Disponível em http://www.ecologia.ufrgs.br/labgeo.

Welcomme, R. L. Fisheries ecology of floodplain rivers. New York: Longman, 1979. 317p.

Welcomme, R. L. Relationships between fisheries and the integrity of river systems. Regulated Rivers: Research and Management 11:121-136, 1995.

Wilcock, P. R. & Crowe, J. C. (2003). Surface-based Transport Model for Mixed-Size Sediment. ASCE Journal of Hydraulic Engineering, v. 129, n. 2, p. 120-128.

Winemiller, K. O. *et al*. Fish assemblage structure in relation to environmentalvariationamongBrazos River oxbowlakes. Pp. 451-468. In: Transactions of the American Fisheries Society, v. 129, n. 2. 2000.

Wourms, J. P. Pre-embryonic and embryonicdiapause of variableduration in the eggs of annual fishes. Pp. 389-414. In: Journal of Experimental Zoology Part A: Ecological Genetics and Physiology, v. 182, n. 3. 1972.

Yang, C. T. (1973). Incipiente motion and sediment transport. Journal of Hydraulic Division, v.99, n.10, p. 1679-1704.

15 ANEXOS

A seguir são apresentados os seguintes anexos:

- Anexo A – Legislação Ambiental
- Anexo B – Dados Geoespaciais
- Anexo C – Mapa do Zoneamento Ambiental
- Anexo D – Coordenadas geográficas e elevações dos marcos geodésicos implantados
- Anexo E – Estudo de Margens da Fundação Zoobotânica (FZB): Elaboração de diretrizes para recuperação da vegetação ciliar do Rio Jacuí
- Anexo F – Anotação de Responsabilidade Técnica - ART

ANEXO A - LEGISLAÇÃO AMBIENTAL

Legislação federal relacionada à meio ambiente no setor mineral

Decreto-Lei nº 3.365/1941. Dispõe sobre desapropriação por utilidade pública (define mineração como sendo de “utilidade pública”).

Lei 3.824/1960. Torna obrigatória a destoca e consequente limpeza das bacias hidráulicas dos açudes, represas e lagos artificiais

Lei nº 6.938/1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.

Dec. 99.274 06/06/90 Reformula o Dec. 88.351 de 01/06/83, regulamenta a Lei 6.938/81que Estabelece o Sistema Nacional de Meio Ambiente e o Sistema de Licenciamento Ambiental.

Resolução CONAMA nº 357/2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

Dec. 750 10/02/93. Dispõe sobre o corte, a exploração e a supressão da vegetação primária ou nos estágios avançado e médio de regeneração da mata atlântica.

Lei 9433 08/01/97. Estabelece a Política Nacional de Recursos Hídricos.

Lei 9.605 12/02/98. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente (“Lei de crimes ambientais”).

Lei 9.985 18/07/00. Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação.

Lei 7.347/1985 Disciplina as ações civis públicas por danos ao meio ambiente.

Dec. 95.733 12/02/88. Estabelece que, identificados efeitos negativos de natureza ambiental, cultural e social, serão incluídos no orçamento dos projetos e obras federais a destinação de no mínimo 1% deste para a prevenção ou correção desses efeitos.

Lei 227 28/02/67 Estabelece o Código de Mineração.

Lei 9.314 14/11/96. Reformula o código de Mineração (Lei 227, de 28/02/67).

Lei 5197 03/01/67. Dispõe sobre a proteção da fauna.

Lei 6.902 27/04/81. Dispõe sobre a criação de Estações Ecológicas e Áreas de Proteção Ambiental.

Dec. 88.351 01/06/83. Estabelece o Sistema Nacional de Meio Ambiente.

Lei 7805 18/07/89. Estabelece o regime de permissão de lavra garimpeira.

Decreto Federal 97.632/1989. Exige de todos os empreendimentos de mineração a apresentação de Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD).

Legislação Estadual de Meio Ambiente

Resolução CONSEMA nº 275/2012. Regulamenta o licenciamento de pesquisa mineral.

Resolução CONSEMA nº 165/2007. Dispõe sobre o rastreamento de dragas Classe II e III.

Resolução CONSEMA nº 116/2006. Dispõe sobre critérios de Licenciamento Ambiental do uso de equipamento de dragagem em atividades de mineração em corpos hídricos.

Resolução CONSEMA Nº 221/2009 que trata da regulamentação do licenciamento ambiental de terminais hidroviários para a movimentação e armazenamento de minérios;

Portaria FEPAM nº 065/2007. Dispõe sobre as características mínimas do sistema de rastreamento, localização de embarcações draga de extração mineral, conforme artigos 6º e 7º da RESOLUÇÃO CONSEMA nº 116/06 e homologação de empresas de rastreamento.

Resolução CONAMA nº 009/1990. Dispõe sobre normas específicas para o licenciamento ambiental de extração mineral, classes I, III a IX.

Resolução CONAMA nº 010/1990. Dispõe sobre normas específicas para o licenciamento ambiental de extração mineral, classe II.

Lei Estadual nº 10.350/1994. Institui o Sistema Estadual de Recursos Hídricos, regulamentando o artigo 171 da Constituição do Estado do Rio Grande do Sul.

Lei Estadual nº 11.520/2000. Institui o Código Estadual do Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul, e dá outras providências.

Decreto Estadual nº 37.034/1996. Define os parâmetros de elaboração dos Regimentos Internos dos Comitês de Gerenciamento das Bacias Hidrográficas.

Decreto Estadual nº 40.225/2000. Cria o Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí.

Decreto nº 43.866/2005. Altera a redação do artigo 3º do Decreto nº 40.225, de 7 de agosto de 2000, que criou o Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí.

Resolução Nº 256/2017. Altera o Regimento Interno do Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do Baixo Jacuí.

Lei Federal n° 6.567 de 1978. Dispõe sobre regime especial para exploração e o aproveitamento das substâncias minerais que específica, e dá outras providências.

Decreto n° 95.002 de 1987. Modifica dispositivo do Regulamento do Código de Mineração, aprovado pelo Decreto n° 62.934 de 1968.

Decreto n° 69.885 de 1971. Dispõe sobre a incorporação dos direitos de lavra ao ativo das empresas de mineração, e dá outras providências.

Decreto n° 598 de 1992. Delega competência ao Ministro de Minas e Energia para a prática de atos relacionados à prestação do serviço público de energia elétrica, à derivação de águas e à concessão de lavra mineral.

Código de Mineração. Estabelece as diretrizes gerais de ação do Governo Federal no campo da mineração.

Portaria do Diretor Geral – DNPM n° 294 de 2016. Trata da fase de autorização da Pesquisa. Inclui o Art. n 88-A na Portaria N° 155, de 12 de maio de 2016, publicada no DOU de 17/05/2016.

Portaria do Diretor Geral – DNPM n° 268 de 2005. Institui o pré-requerimento eletrônico para obtenção de alvará de pesquisa, registro de licença, permissão de lavra garimpeira e registro de extração.

Portaria do Diretor Geral – DNPM n° 23 de 1997. Estabelece instruções sobre a prorrogação do prazo de vigência da Autorização de Pesquisa.

Portaria do Diretor Geral – DNPM n° 11 de 2005. Estabelece procedimentos gerais para a apresentação do Relatório Anual de Lavra – RAL.

Portaria Ministerial n° 380 de 1943. Estabelece as quantias máximas de minérios que podem ser exploradas através de Guia de Utilização.

Portaria Ministerial n° 503 de 1999. Dispõe sobre aplicação da taxa anual por hectare de que trata o inciso II, do artigo 20 do Código de Mineração.

Portaria Ministerial nº 23 de 2000. Estabelecem quais as substâncias que serão abrangidas pelo Decreto Presidencial nº 3.358 de 2000.

Decreto Estadual nº 32.198 de 1986. Cria o Conselho Estadual de Mineração, e dá outras providências.

Resolução FEPAM 085 de 2004. Estabelece procedimentos e critérios de caráter permanente para o licenciamento ambiental para a extração de bens minerais em corpos hídricos superficiais.

Resolução FEPAM n° 001/2012 e Anexo. Dispõe sobre a alteração da Tabela de Classificação de Atividades para Licenciamento.

Resolução FEPAM n° 002/2012. Cria o ato administrativo da Licença Prévia e de Instalação Unificadas LPI para empreendimentos de mineração e estabelece procedimentos e critérios gerais para sua aplicação pela FEPAM.

Diretriz Técnica n.º 001/2008. Estabelece os procedimentos para licenciamento Ambiental Prévio da lavra de água mineral e define critérios gerais sobre a dispensa de EIA/RIMA e dá outras providências.

Portaria FEPAM n° 062/2011. Estabelece os procedimentos para licenciamento ambiental prévio da lavra de substâncias minerais não consideradas de uso imediato na construção civil, define critérios gerais sobre a dispensa de Estudo de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto Ambiental - EIA/RIMA e dá outras providências.

Portaria FEPAM Nº 065/2007. Dispõe sobre as características mínimas do sistema de rastreamento, localização de embarcações draga de extração mineral, conforme artigos 6º e 7º da RESOLUÇÃO CONSEMA nº 116/06 e homologação de empresas de rastreamento.

Resolução CONSEMA N º 116/2006. Dispõe sobre critérios de Licenciamento Ambiental do uso de equipamento de dragagem em atividades de mineração em corpos hídricos.

Resolução FEPAM nº 002/2012. Cria o ato administrativo da Licença Prévia e de Instalação Unificadas– LPI para empreendimentos de mineração e estabelece procedimentos e critérios gerais para sua aplicação pela FEPAM.

Portaria FEPAM Nº 09/2018. Atualiza as definições e os critérios técnicos ambientais para os procedimentos de licenciamento ambiental referente às atividades de lavra de areia e/ou cascalho no Estado do Rio Grande do Sul. 1º de fevereiro de 2018. Acesso em:< http://www.sema.rs.gov.br/upload/arquivos/201802/15171207-2018-portaria-fepam-n-09-2018-atualiza-definicoesd-e-criterios-tec-amb-procedimentos-lic-ambiental-ref-atividades-de-lavra-de-areia-e-ou-cascalho-no-estado-rs-01-02.pdf>. Acesso em 04 de junho de 2018.

Portaria conjunta SEMA/FEPAM Nº 09/2018. Define os critérios transitórios de licenciamento amb iental das DRAGAS que realizam a extração de areia em leito submerso de recursos hídricos fluviais. 30 de abril de 2018. Disponível em: < http://www.sema.rs.gov.br/upload/arquivos/201805/10145610-2018-portaria-conjunta-sema-fepam-n-009-criterios-transitorios-licenciamento-amb-das-dragas-extracao-areia-leito-submerso-rec-hidricos-fluviais.pdf>. Acesso em 04 de junho de 2018.

ANEXO B – DADOS GEOESPACIAIS

Durante a elaboração do Zoneamento foram coletados e gerados diversos dados espaciais, os quais estão salvos em um arquivo *geodatabase* chamado “Bases_Fepam_Jacui_EPTEC.gdb” e que está sendo disponibilizado juntamente com o relatório final.

Os arquivos vetoriais inseridos no gdb foram agrupados em conjuntos de dados (*datasets*) conforme pode ser observado na Figura 1.

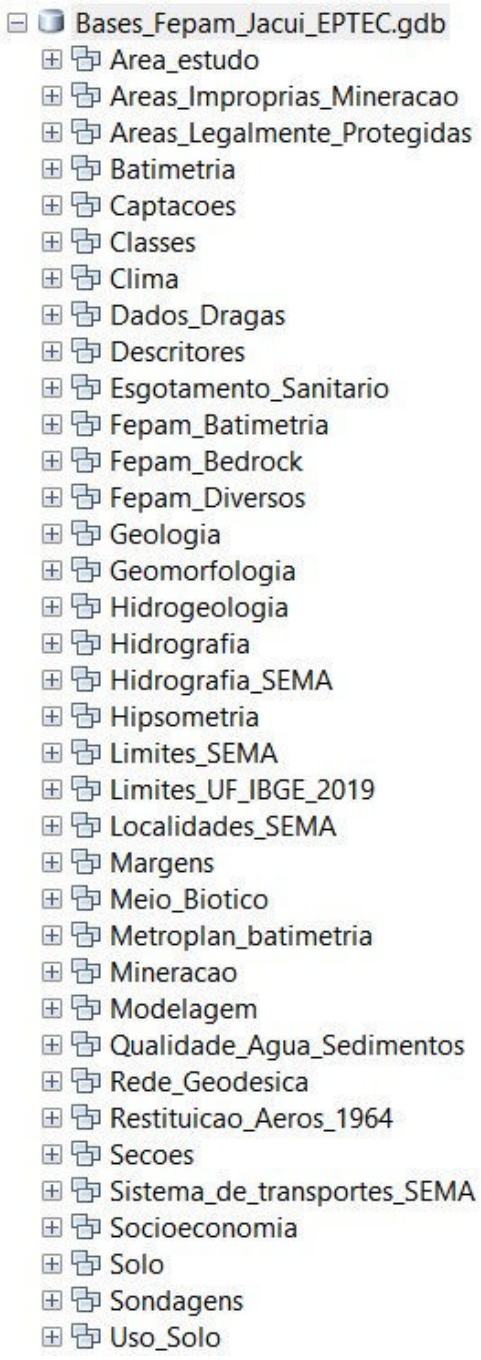


Figura 1 – Conjuntos de dados contidos no *Geodatabase* do projeto.

Já os arquivos em formato matricial então inseridos no gdb em formato *File GeoDatabase Raster Dataset* e podem ser vistos na Figura 2.



Figura 2 – *Rasters datasets* contidos no gdb.

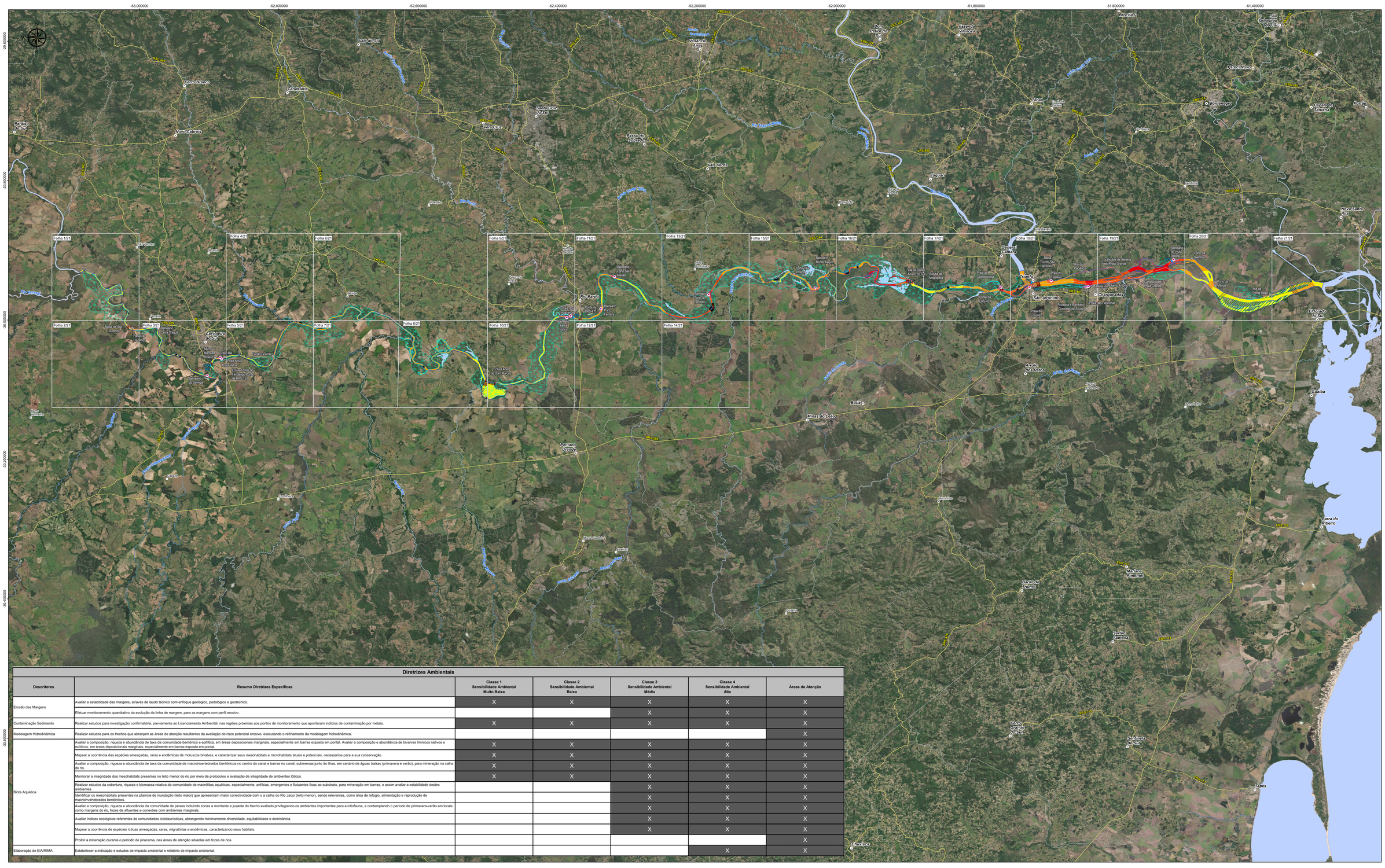
No Quadro 1 são apresentadas de forma resumida as principais fontes de dados utilizadas na composição do bando de dados do Zoneamento, as quais foram agrupadas por conjunto de dados no referido quadro.

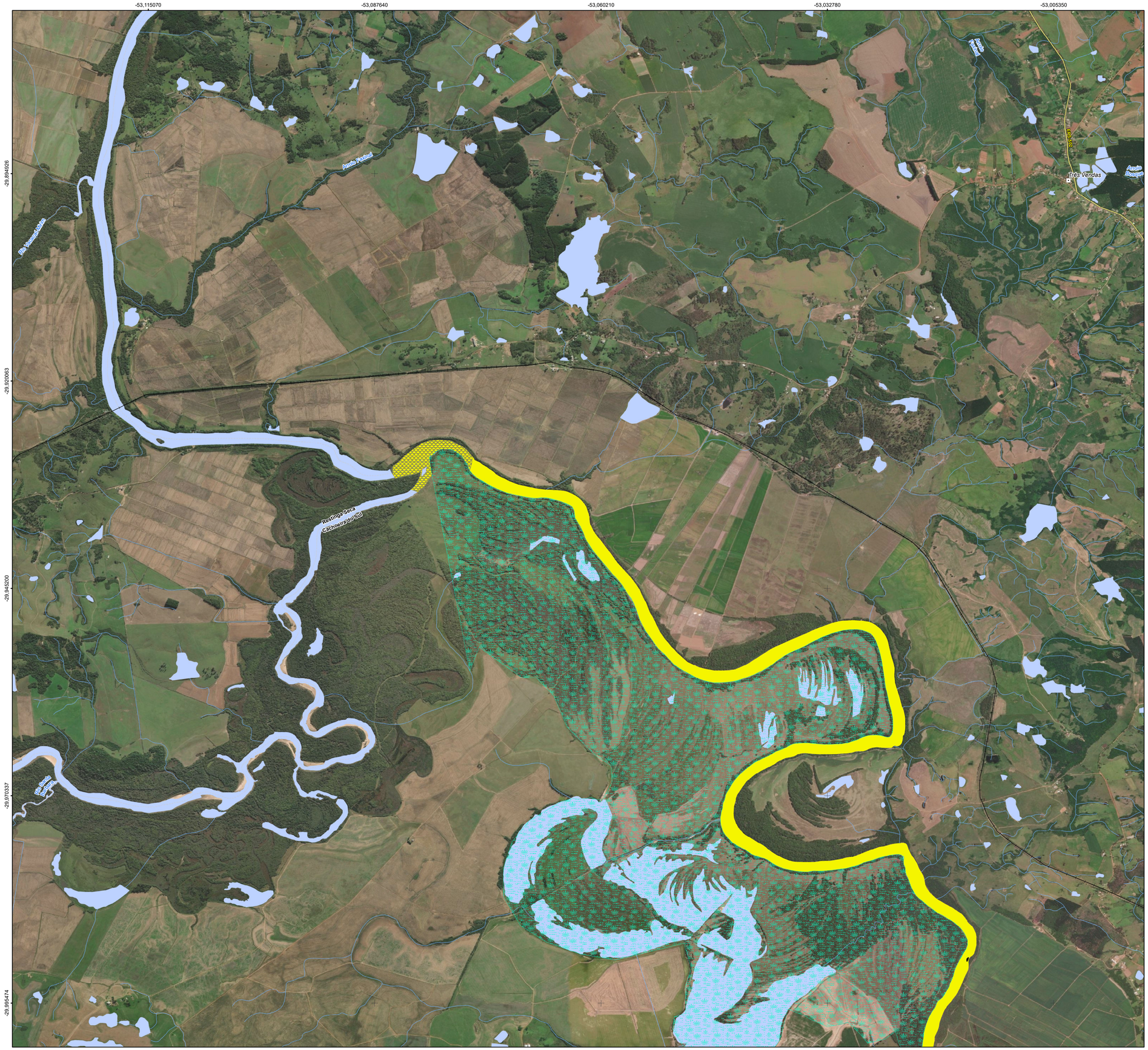
Quadro 1 – Fontes de dados do zoneamento.

Conjunto de dados	Principais Fontes/características
Area_estudo	Pontos de referência provenientes do Termo de Referência do Zoneamento. Demais feições delimitadas durante o desenvolvimento do trabalho com base em imagens RapidEye fornecidas pela contratante.
Areas_Atencao	As Áreas de Atenção referem-se a trechos do Rio Jacuí com altíssimo risco potencial de erosão, ou de elevada importância para a ictiofauna durante o evento piracema.
Areas_Improprias_Mineracao	Bases elaboradas durante o Zoneamento e que compõe o resultado final do projeto.
Areas_Legalmente_Protegidas	Compilação dos dados de áreas protegidas, tais como Unidades de Conservação, Terras Indígenas e Quilombolas. A fonte de cada arquivo está identifica no nome do arquivo.
Batimetria	Dados batimétricos coletados pela Contratada durante a elaboração do zoneamento nas 25 seções previstas no Termo de Referência.
Captacoes	Locais de captação de água localizados na área de interesse e provenientes do Sistema de Outorga de Água do Rio Grande do Sul (2009) e do Zoneamento Ecológico Econômico do Estado (2018)
Classes	Classes morfométricas do leito do rio na área de interesse e pontos com os locais de delimitação das referidas classes, elaboradas com base nos estudos feitos pela contratada.
Clima	Estações de monitoramento e isolinhas de precipitação e temperatura da área de interesse. As estações são provenientes de órgãos como ANA e INMET e a interpolação dos dados das estações resultou na base utilizada para a geração das isolinhas.
Dados_Dragas	Localização dos pontos de registro de dragas disponibilizado por Gente e Terra Rastreamento e Telemetria. Centro de Rastreamento de Dragas – CRD (2020)
Descritores	Dados de entrada e resultados da aplicação da ferramenta Hot Spot aos pontos gerados durante a elaboração do diagnóstico do zoneamento, bem como, do mapa do zoneamento em si.

Conjunto de dados	Principais Fontes/características
Esgotamento_Sanitario	Dados referentes às cargas e índices de esgotamento observados na área de interesse
Fepam_Batimetria	Dados de batimetria disponibilizados pela Fepam (2019) no início do projeto e provenientes das empresas de mineração em atividade na área
Fepam_Bedrock	Dados de bedrock disponibilizados pela Fepam (2019)
Fepam_Diversos	Dados diversos, tais como, ocorrências de margens, locais de licenças, monitoramento de sedimentos e pontos de qualidade da água fornecidos pela contratante (Fepam, 2019)
Geologia	Bases utilizadas na caracterização geológica da área do projeto, tais como CPRM (2014) e pontos de campo
Geomorfologia	Base geomorfológica do Radam
Hidrogeologia	Dados hidrogeológicos provenientes do Plano de Bacia (DRH/SEMA, 2015)
Hidrografia	Feições relacionadas a corpos d'água, trechos de drenagem e áreas de contribuição provenientes do Plano de Bacia (DRH/SEMA, 2015) ou gerados durante o zoneamento
Hidrografia_SEMA	Bases hidrográficas da BCRS25 (SEMARS, 2018)
Hipsometria	Pontos cotados e curvas de nível
Limites_SEMA	Limite municipal da BCRS25 (SEMARS, 2018)
Limites_UF_IBGE_2019	Limites de Unidades Federativas e Países da BC250 (IBGE, 2019)
Localidades_SEMA	Arquivos com localidades da BCRS25 (SEMARS, 2018)
Margens	Pontos de monitoramento de margens relacionados às empresas mineradoras em atividade no leito
Meio_Biotico	Pontos relacionados ao meio biótico coletados durante a elaboração do zoneamento
Metroplan_batimetria	Locais onde foi feita batimetria pela Metroplan
Mineracao	Requerimentos minerários (DNPM, 2019) e processos validados pela Fepam
Modelagem	Dados resultantes da modelagem feita durante a elaboração do zoneamento
Qualidade_Agua_Sedimentos	Pontos de coleta de qualidade da água e de sedimentos, bem como, os respectivos resultados.
Rede_Geodesica	Marcos implantados durante o projeto
Restituicao_Aeros_1964	Delimitação de feições com bases na restituição fotográfica de 1964
Secoes	Seções nas quais foram obtidos dados durante a elaboração do diagnóstico
Sistema_de_transportes_SEMA	Arquivos contendo a distribuição da infraestrutura de transportes da BCRS25 (SEMARS, 2018)
Socioeconomia	Dados relacionados aos aspectos socioeconômicos coletados durante a elaboração do zoneamento
Solo	Dados de solo provenientes do Plano de Bacia (DRH/SEMA, 2015)
Sondagens	Localização de pontos de sondagem
Uso_Solo	Classificação dos tipos de uso e cobertura do solo feitos por DRH/SEMA, (2015) e por FZB (2019)

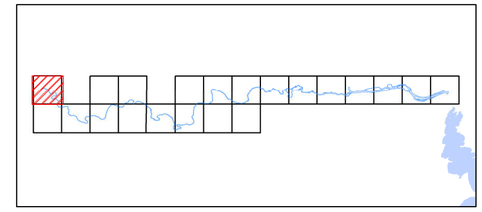
ANEXO C – MAPA DO ZONEAMENTO AMBIENTAL


-53.000000
-52.800000
-52.600000
-52.400000
-52.200000
-52.000000
-51.800000
-51.600000
-51.400000
-29.600000
-29.800000
-30.000000
-30.200000
-30.400000
-30.600000
Folha 1/21
Folha 2/21
Folha 3/21
Folha 4/21
Folha 5/21
Folha 6/21
Folha 7/21
Folha 8/21
Folha 9/21
Folha 10/21
Folha 11/21
Folha 12/21
Folha 13/21
Folha 14/21
Folha 15/21
Folha 16/21
Folha 17/21
Folha 18/21
Folha 19/21
Folha 20/21
Folha 21/21
Vale do Sol
Venâncio Aires
Fazenda Vilanova
Dom Pedrito
Dom Pedrito do Sul
Pinheiro Machado
Piratini
Arroio Grande
Herval
Pedro Osório
Cerrito
Canguçu
Morro Redondo
Turuçu
Capão do Leão
Pelotas
Rio Grande
São José do Norte
Tavares
Mostardas
Barra do Ribeiro
Sertão Santana
Tapes
Eldorado do Sul
Guaíba
Arroio dos Ratos
Butiá
Minas do Leão
Charqueadas
São Jerônimo
Triunfo
General Câmara
Rio Pardo
Rio Jacuí
Rio Taquari
Rio Caí
Rio Gravataí
Rio Sinos
Rio Guaíba
Rio Camaquã
Rio Piratini
Rio Tavares
Rio Mostardas
Rio Capivari
Rio Vacacaí
Rio Vacacaí-Mirim
Rio Santa Maria
Rio Ibicuí
Rio Ibicuí-Mirim
Rio Jaguarão
Rio Negro
Rio Quaraí
Rio Santa Rosa
Rio Piratini
Rio Camaquã
Rio Arroio Grande
Rio Jaguarão
Rio Negro
Rio Quaraí
Rio Santa Rosa
Rio Ibicuí
Rio Ibicuí-Mirim
Rio Santa Maria
Rio Vacacaí
Rio Vacacaí-Mirim
Rio Capivari
Rio Gravataí
Rio Sinos
Rio Caí
Rio Taquari
Rio Jacuí
Rio Pardo
Rio Guaíba





Localização do Rio Jacuí



Articulação das Folhas - 1:25.000

Legenda

- Sede municipal
- Vila
- Balneários e Praias
- Comunidades
- Pontos de Captação para abastecimento público
- Ferrovia
- Rodovia
- Trecho de Drenagem
- Massa d'água
- Limite municipal

Estruturas

- Balsa
- Eclusa
- Ponte

Áreas impróprias

- Ambientes Marginais
- Pontos de Captação para abastecimento público - Buffer de 200 m
- Áreas de Comunidades - Buffer de 100 m
- Balneários e Praias - Buffer de 450 m
- Pontes, Estruturas e Balsas - Buffer de 200 m
- Parque Estadual do Delta do Jacuí

Áreas de Atenção

- Risco Erosivo Altíssimo
- Foz de Rio
- Alta Erosão

Mapa Síntese

- Classe 1 – Sensibilidade Ambiental MuitoBaixa
- Classe 2 – Sensibilidade Ambiental Baixa
- Classe 3 – Sensibilidade Ambiental Média
- Classe 4 – Sensibilidade Ambiental Alta

Elaboração

PROFILL

ZONEAMENTO AMBIENTAL PARA A ATIVIDADE DE MINERAÇÃO DE AREIA NOS CURSOS MÉDIO E BAIXO DO RIO JACUÍ

Contratação e fiscalização

Fepam

Sistema de Coordenadas Geodésicas

Sistema Geodésico de Referência SIRGAS2000

Escala: 1:25.000

250 125 0 250 m

MAPA DO ZONEAMENTO AMBIENTAL

Folha 1 / 21

Fonte de dados:
- Sede municipal, Vila, Limite municipal, Rodovia, Ferrovia Hidrografia: SEMARS (2018)
- Limite estadual: IBGE (2019)
- Balneários, Localidades, Estruturas, Áreas impróprias, áreas de atenção e zoneamento: PROFILL (2021)

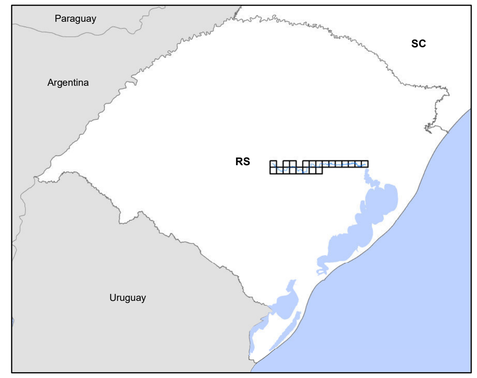
-53,115070 -53,087640 -53,060210 -53,032780 -53,005350

-30,020611 -30,045748 -30,070885 -30,096022 -30,121159

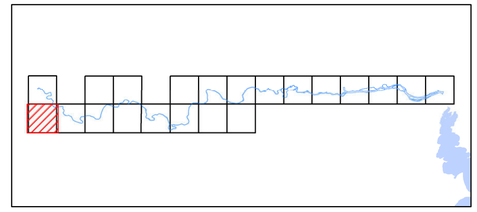
Balsa de São Lourenço

Passo do Lourenço

Rio Jaguari



Localização do Rio Jacuí



Articulação das Folhas - 1:25.000

Legenda

- Sede municipal
- Vila
- Balneários e Praias
- Comunidades
- Pontos de Captação para abastecimento público
- Ferrovia
- Rodovia
- Trecho de Drenagem
- Massa d'água
- Limite municipal

Estruturas

- Balsa
- Eclusa
- Ponte

Áreas impróprias

- Ambientes Marginais
- Pontos de Captação para abastecimento público - Buffer de 200 m
- Áreas de Comunidades - Buffer de 100 m
- Balneários e Praias - Buffer de 450 m
- Pontes, Estruturas e Balsas - Buffer de 200 m
- Parque Estadual do Delta do Jacuí

Áreas de Atenção

- Risco Erosivo Altíssimo
- Foz de Rio
- Alta Erosão

Mapa Sintese

- Classe 1 – Sensibilidade Ambiental MuitoBaixa
- Classe 2 – Sensibilidade Ambiental Baixa
- Classe 3 – Sensibilidade Ambiental Média
- Classe 4 – Sensibilidade Ambiental Alta

Elaboração

PROFILL

ZONEAMENTO AMBIENTAL PARA A ATIVIDADE DE MINERAÇÃO DE AREIA NOS CURSOS MÉDIO E BAIXO DO RIO JACUÍ

Contratação e fiscalização

Fepam

Sistema de Coordenadas Geodésicas

Sistema Geodésico de Referência SIRGAS2000

Escala: 1:25.000

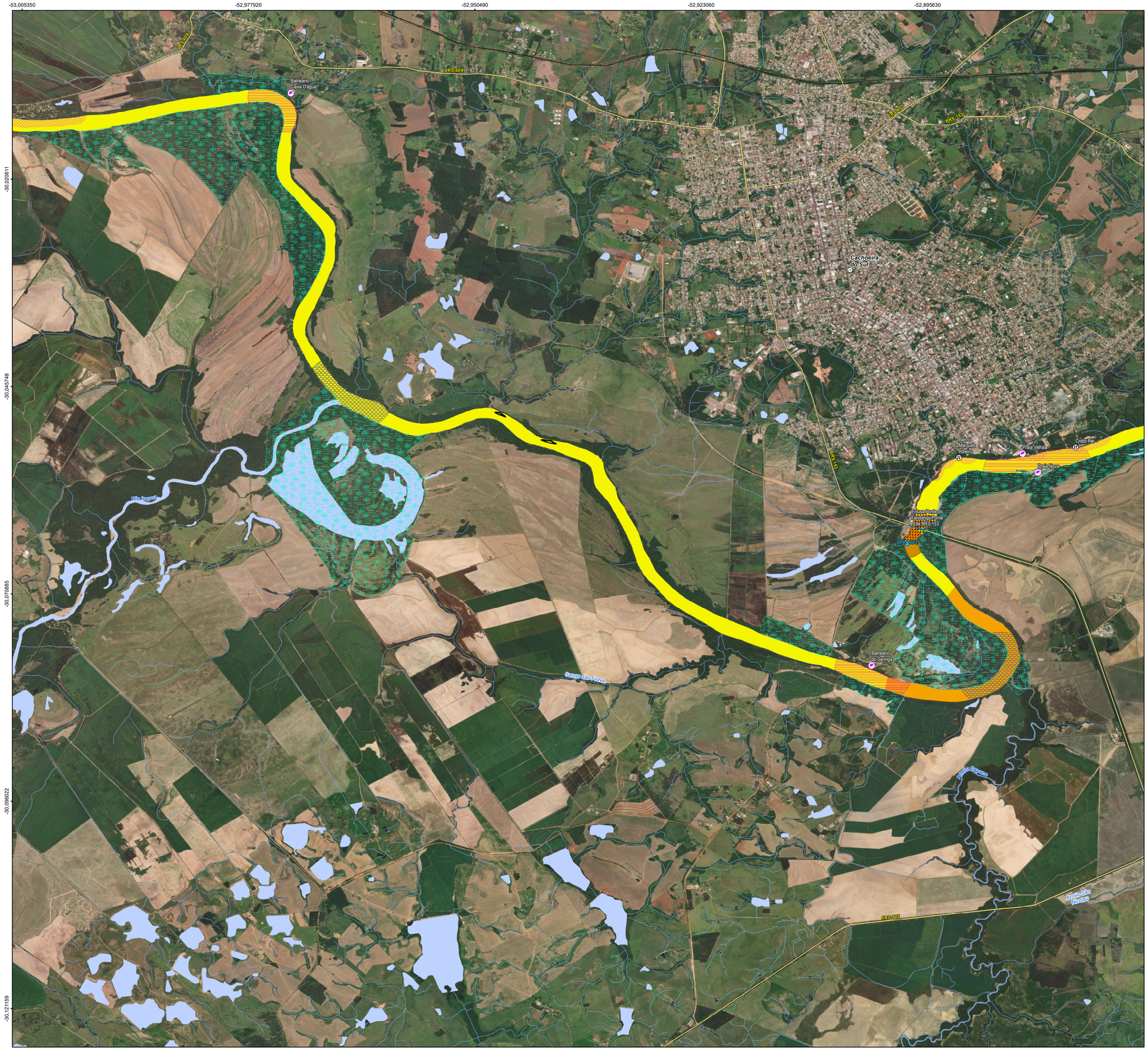
250 125 0 250 m

N

MAPA DO ZONEAMENTO AMBIENTAL

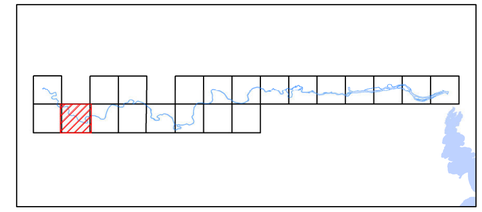
Folha 2 / 21

Fonte de dados:
- Sede municipal, Vila, Limite municipal, Rodovia, Ferrovia Hidrografia: SEMARS (2018)
- Limite estadual: IBGE (2019)
- Balneários, Localidades, Estruturas, Áreas impróprias, áeas de atenção e zoneamento: PROFILL (2021)





Localização do Rio Jacuí



Articulação das Folhas - 1:25.000

Legenda

- Sede municipal
- Vila
- Balneários e Praias
- Comunidades
- Pontos de Captação para abastecimento público
- Ferrovia
- Rodovia
- Trecho de Drenagem
- Massa d'água
- Limite municipal

Estruturas

- Balsa
- Eclusa
- Ponte

Áreas impróprias

- Ambientes Marginais
- Pontos de Captação para abastecimento público - Buffer de 200 m
- Áreas de Comunidades - Buffer de 100 m
- Balneários e Praias - Buffer de 450 m
- Pontes, Estruturas e Balsas - Buffer de 200 m
- Parque Estadual do Delta do Jacuí

Áreas de Atenção

- Risco Erosivo Altíssimo
- Foz de Rio
- Alta Erosão

Mapa Síntese

- Classe 1 – Sensibilidade Ambiental MuitoBaixa
- Classe 2 – Sensibilidade Ambiental Baixa
- Classe 3 – Sensibilidade Ambiental Média
- Classe 4 – Sensibilidade Ambiental Alta

Elaboração

PROFILL

ZONEAMENTO AMBIENTAL PARA A ATIVIDADE DE MINERAÇÃO DE AREIA NOS CURSOS MÉDIO E BAIXO DO RIO JACUÍ

Contratação e fiscalização

Fepam

Sistema de Coordenadas Geodésicas

Sistema Geodésico de Referência SIRGAS2000

Escala: 1:25.000

250 125 0 250 m

MAPA DO ZONEAMENTO AMBIENTAL

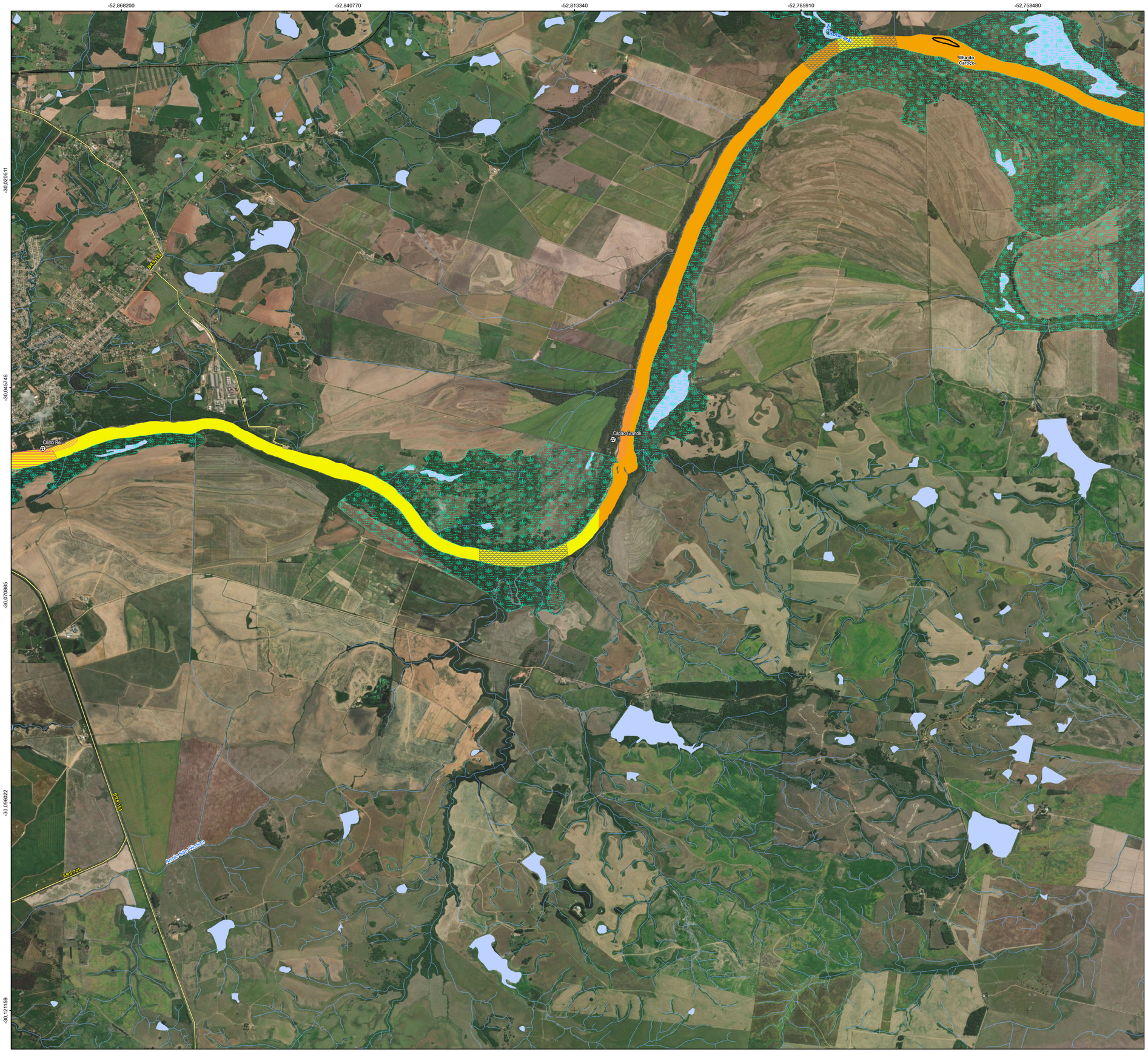
Folha 3 / 21

Fonte de dados:
- Sede municipal, Vila, Limite municipal, Rodovia, Ferrovia Hidrografia: SEMARS (2018)
- Limite estadual: IBGE (2019)
- Balneários, Localidades, Estruturas, Áreas impróprias, áreas de atenção e zoneamento: PROFILL (2021)

-52,868200 -52,840770 -52,813340 -52,785910 -52,758480

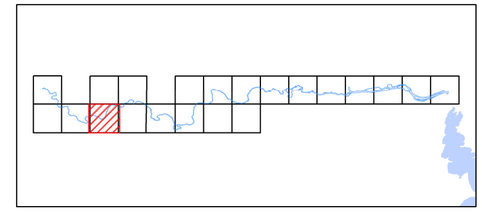
-29,994626 -29,970063 -29,945200 -29,920337 -29,895474

Sanga Cardoso
Arroio Bagual
Arroio do Boi
Canal nº 3
Canal nº 2
Canal nº 1
Canal nº 4
Canal nº 5
Canal nº 6
Canal nº 7
Canal nº 8
Canal nº 9
Canal nº 10
Canal nº 11
Canal nº 12
Canal nº 13
Canal nº 14
Canal nº 15
Canal nº 16
Canal nº





Localização do Rio Jacuí



Articulação das Folhas - 1:25.000

Legenda

- Sede municipal
- Vila
- Balneários e Praias
- Comunidades
- Pontos de Captação para abastecimento público
- Ferrovia
- Rodovia
- Trecho de Drenagem
- Massa d'água
- Limite municipal

Estruturas

- Balsa
- Eclusa
- Ponte

Áreas impróprias

- Ambientes Marginais
- Pontos de Captação para abastecimento público - Buffer de 200 m
- Áreas de Comunidades - Buffer de 100 m
- Balneários e Praias - Buffer de 450 m
- Pontes, Estruturas e Balsas - Buffer de 200 m
- Parque Estadual do Delta do Jacuí

Áreas de Atenção

- Risco Erosivo Altíssimo
- Foz de Rio
- Alta Erosão

Mapa Síntese

- Classe 1 – Sensibilidade Ambiental MuitoBaixa
- Classe 2 – Sensibilidade Ambiental Baixa
- Classe 3 – Sensibilidade Ambiental Média
- Classe 4 – Sensibilidade Ambiental Alta

Elaboração

PROFILL

ZONEAMENTO AMBIENTAL PARA A ATIVIDADE DE MINERAÇÃO DE AREIA NOS CURSOS MÉDIO E BAIXO DO RIO JACUÍ

Contratação e fiscalização

Fepam

Sistema de Coordenadas Geodésicas

Sistema Geodésico de Referência SIRGAS2000

Escala: 1:25.000

250 125 0 250 m

MAPA DO ZONEAMENTO AMBIENTAL

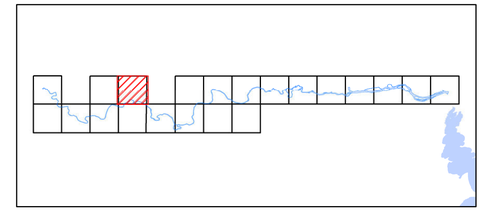
Folha 5 / 21

Fonte de dados:
- Sede municipal, Vila, Limite municipal, Rodovia, Ferrovia Hidrografia: SEMARS (2018)
- Limite estadual: IBGE (2019)
- Balneários, Localidades, Estruturas, Áreas impróprias, áreas de atenção e zoneamento: PROFILL (2021)





Localização do Rio Jacuí



Articulação das Folhas - 1:25.000

Legenda

- Sede municipal
- Vila
- Balneários e Praias
- Comunidades
- Pontos de Captação para abastecimento público
- Ferrovia
- Rodovia
- Trecho de Drenagem
- Massa d'água
- Limite municipal

Estruturas

- Balsa
- Eclusa
- Ponte

Áreas impróprias

- Ambientes Marginais
- Pontos de Captação para abastecimento público - Buffer de 200 m
- Áreas de Comunidades - Buffer de 100 m
- Balneários e Praias - Buffer de 450 m
- Pontes, Estruturas e Balsas - Buffer de 200 m
- Parque Estadual do Delta do Jacuí

Áreas de Atenção

- Risco Erosivo Altíssimo
- Foz de Rio
- Alta Erosão

Mapa Síntese

- Classe 1 – Sensibilidade Ambiental MuitoBaixa
- Classe 2 – Sensibilidade Ambiental Baixa
- Classe 3 – Sensibilidade Ambiental Média
- Classe 4 – Sensibilidade Ambiental Alta

Elaboração

PROFILL

ZONEAMENTO AMBIENTAL PARA A ATIVIDADE DE MINERAÇÃO DE AREIA NOS CURSOS MÉDIO E BAIXO DO RIO JACUÍ

Contratação e fiscalização

Fepam

Sistema de Coordenadas Geodésicas

Sistema Geodésico de Referência SIRGAS2000

Escala: 1:25.000

250 125 0 250 m

MAPA DO ZONEAMENTO AMBIENTAL

Folha 6 / 21

Fonte de dados:
- Sede municipal, Vila, Limite municipal, Rodovia, Ferrovia Hidrografia: SEMARS (2018)
- Limite estadual: IBGE (2019)
- Balneários, Localidades, Estruturas, Áreas impróprias, áreas de atenção e zoneamento: PROFILL (2021)

-52,731050 -52,703620 -52,676190 -52,648760 -52,621330

-30,020611 -30,045748 -30,070885 -30,096022 -30,121159

Ilha do Lombo Seco

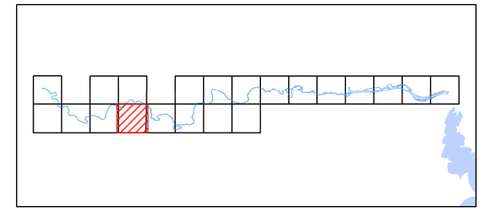
Rio Pardo Cachoeira do Sul

Arroio Jacuí

Arroio Pinhal



Localização do Rio Jacuí



Articulação das Folhas - 1:25.000

Legenda

- Sede municipal
- Vila
- Balneários e Praias
- Comunidades
- Pontos de Captação para abastecimento público
- Ferrovia
- Rodovia
- Trecho de Drenagem
- Massa d'água
- Limite municipal

Estruturas

- Balsa
- Eclusa
- Ponte

Áreas impróprias

- Ambientes Marginais
- Pontos de Captação para abastecimento público - Buffer de 200 m
- Áreas de Comunidades - Buffer de 100 m
- Balneários e Praias - Buffer de 450 m
- Pontes, Estruturas e Balsas - Buffer de 200 m
- Parque Estadual do Delta do Jacuí

Áreas de Atenção

- Risco Erosivo Altíssimo
- Foz de Rio
- Alta Erosão

Mapa Síntese

- Classe 1 – Sensibilidade Ambiental MuitoBaixa
- Classe 2 – Sensibilidade Ambiental Baixa
- Classe 3 – Sensibilidade Ambiental Média
- Classe 4 – Sensibilidade Ambiental Alta

Elaboração

PROFILL

ZONEAMENTO AMBIENTAL PARA A ATIVIDADE DE MINERAÇÃO DE AREIA NOS CURSOS MÉDIO E BAIXO DO RIO JACUÍ

Contratação e fiscalização

Fepam

Sistema de Coordenadas Geodésicas

Sistema Geodésico de Referência SIRGAS2000

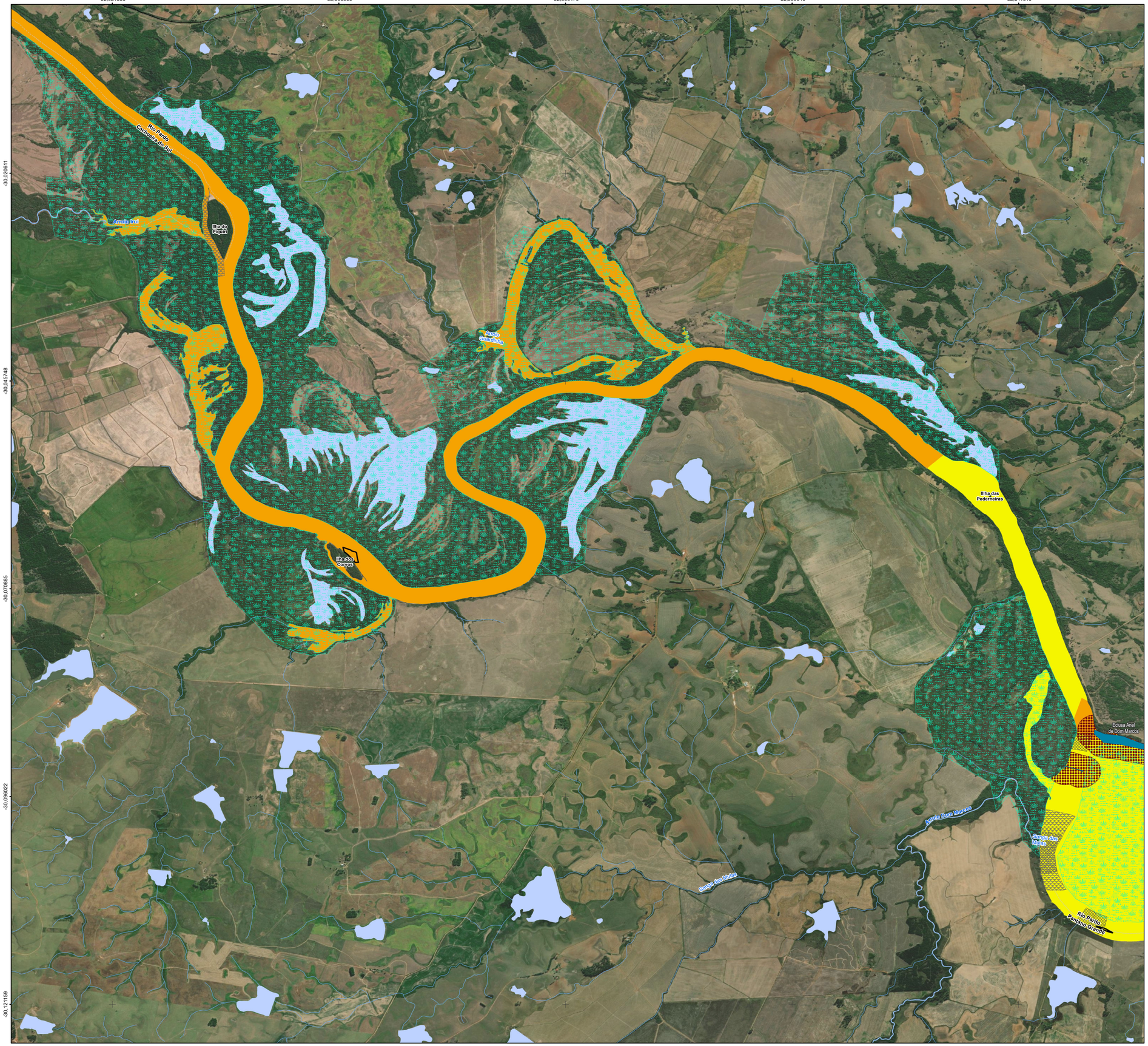
Escala: 1:25.000

250 125 0 250 m

MAPA DO ZONEAMENTO AMBIENTAL

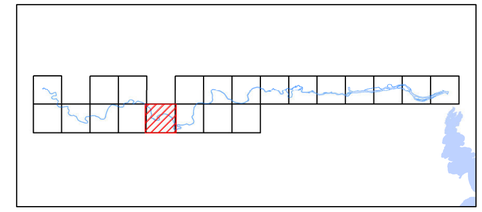
Folha 7 / 21

Fonte de dados:
- Sede municipal, Vila, Limite municipal, Rodovia, Ferrovia Hidrografia: SEMARS (2018)
- Limite estadual: IBGE (2019)
- Balneários, Localidades, Estruturas, Áreas impróprias, áeas de atenção e zoneamento: PROFILL (2021)





Localização do Rio Jacuí



Articulação das Folhas - 1:25.000

Legenda

- Sede municipal
- Vila
- Balneários e Praias
- Comunidades
- Pontos de Captação para abastecimento público
- Ferrovia
- Rodovia
- Trecho de Drenagem
- Massa d'água
- Limite municipal

Estruturas

- Balsa
- Eclusa
- Ponte

Áreas impróprias

- Ambientes Marginais
- Pontos de Captação para abastecimento público - Buffer de 200 m
- Áreas de Comunidades - Buffer de 100 m
- Balneários e Praias - Buffer de 450 m
- Pontes, Estruturas e Balsas - Buffer de 200 m
- Parque Estadual do Delta do Jacuí

Áreas de Atenção

- Risco Erosivo Altíssimo
- Foz de Rio
- Alta Erosão

Mapa Síntese

- Classe 1 – Sensibilidade Ambiental MuitoBaixa
- Classe 2 – Sensibilidade Ambiental Baixa
- Classe 3 – Sensibilidade Ambiental Média
- Classe 4 – Sensibilidade Ambiental Alta

Elaboração

PROFILL

ZONEAMENTO AMBIENTAL PARA A ATIVIDADE DE MINERAÇÃO DE AREIA NOS CURSOS MÉDIO E BAIXO DO RIO JACUÍ

Contratação e fiscalização

Fepam

Sistema de Coordenadas Geodésicas

Sistema Geodésico de Referência SIRGAS2000

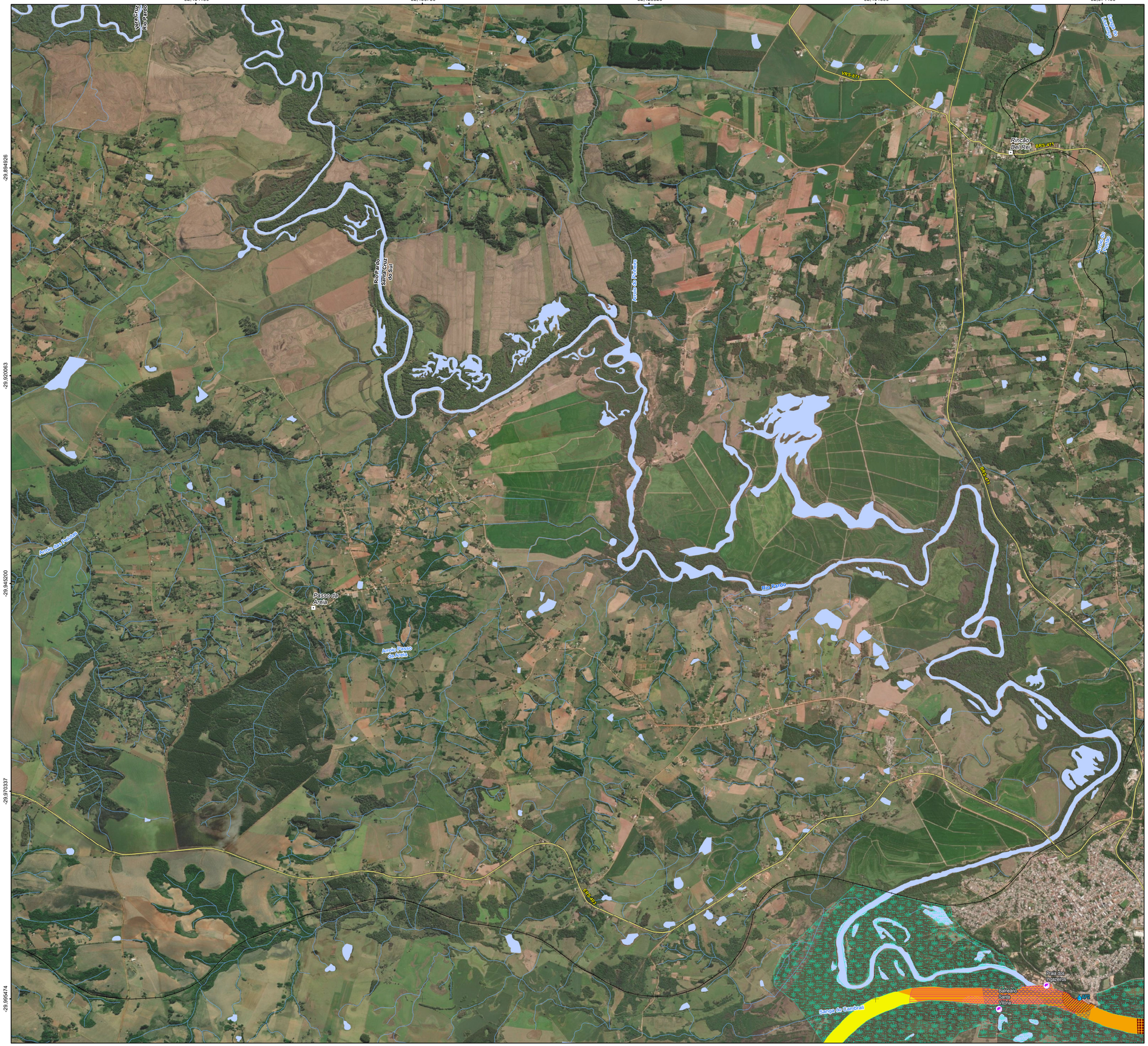
Escala: 1:25.000

250 125 0 250 m

MAPA DO ZONEAMENTO AMBIENTAL

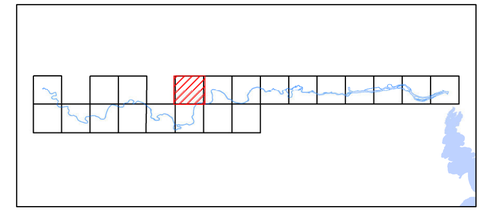
Folha 8 / 21

Fonte de dados:
- Sede municipal, Vila, Limite municipal, Rodovia, Ferrovia Hidrografia: SEMARS (2018)
- Limite estadual: IBGE (2019)
- Balneários, Localidades, Estruturas, Áreas impróprias, áreas de atenção e zoneamento: PROFILL (2021)





Localização do Rio Jacuí



Articulação das Folhas - 1:25.000

Legenda

- Sede municipal
- Vila
- Balneários e Praias
- Comunidades
- Pontos de Captação para abastecimento público
- Ferrovia
- Rodovia
- Trecho de Drenagem
- Massa d'água
- Limite municipal

Estruturas

- Balsa
- Eclusa
- Ponte

Áreas impróprias

- Ambientes Marginais
- Pontos de Captação para abastecimento público - Buffer de 200 m
- Áreas de Comunidades - Buffer de 100 m
- Balneários e Praias - Buffer de 450 m
- Pontes, Estruturas e Balsas - Buffer de 200 m
- Parque Estadual do Delta do Jacuí

Áreas de Atenção

- Risco Erosivo Altíssimo
- Foz de Rio
- Alta Erosão

Mapa Síntese

- Classe 1 – Sensibilidade Ambiental MuitoBaixa
- Classe 2 – Sensibilidade Ambiental Baixa
- Classe 3 – Sensibilidade Ambiental Média
- Classe 4 – Sensibilidade Ambiental Alta

Elaboração

PROFILL

ZONEAMENTO AMBIENTAL PARA A ATIVIDADE DE MINERAÇÃO DE AREIA NOS CURSOS MÉDIO E BAIXO DO RIO JACUÍ

Contratação e fiscalização

Fepam

Sistema de Coordenadas Geodésicas

Sistema Geodésico de Referência SIRGAS2000

Escala: 1:25.000

250 125 0 250 m

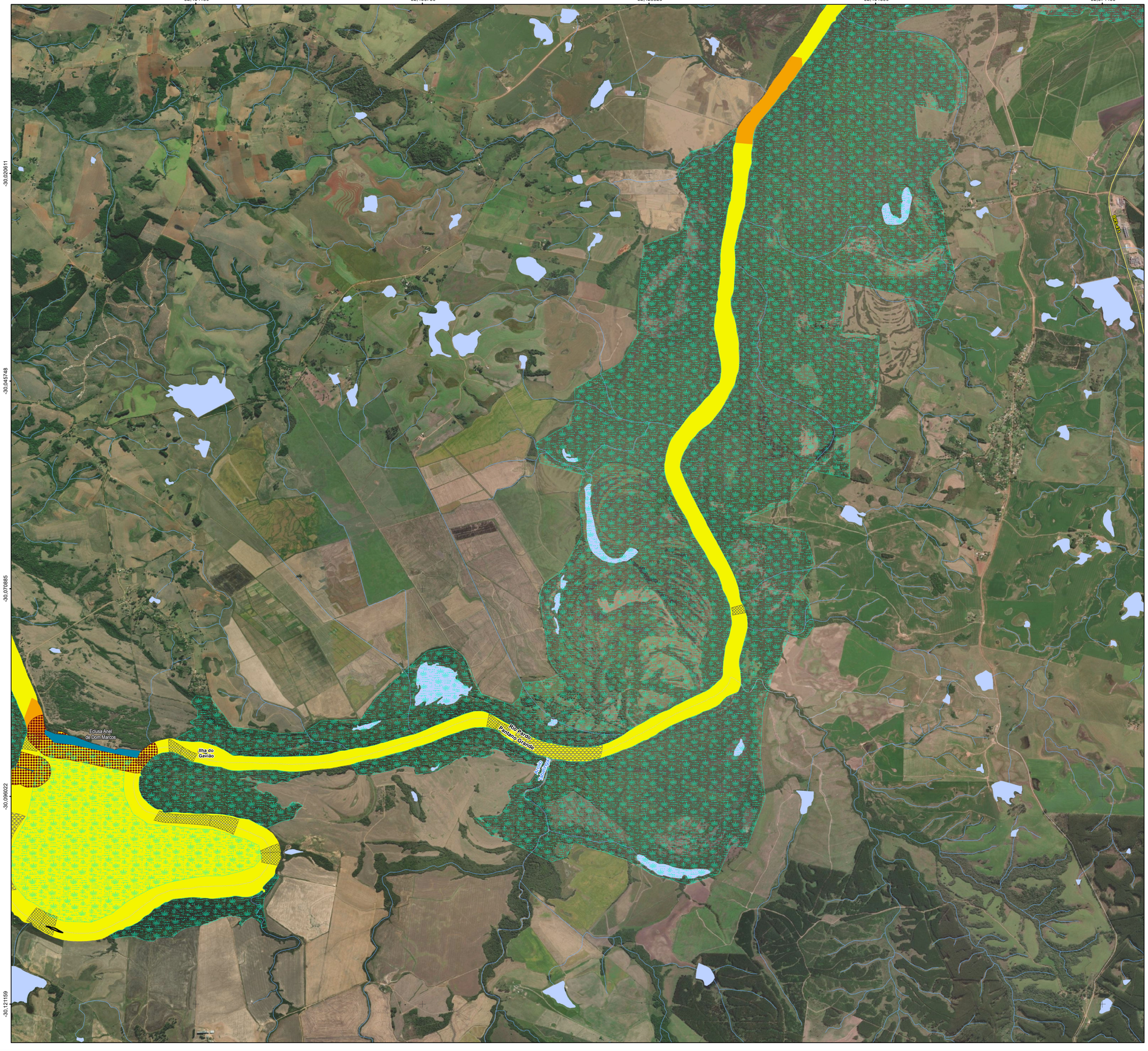
MAPA DO ZONEAMENTO AMBIENTAL

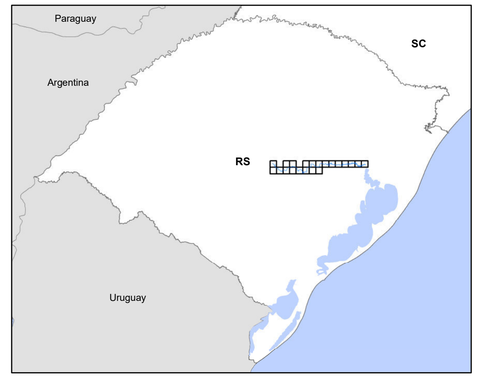
Folha 9 / 21

Fonte de dados:
- Sede municipal, Vila, Limite municipal, Rodovia, Ferrovia Hidrografia: SEMARS (2018)
- Limite estadual: IBGE (2019)
- Balneários, Localidades, Estruturas, Áreas impróprias, áreas de atenção e zoneamento: PROFILL (2021)

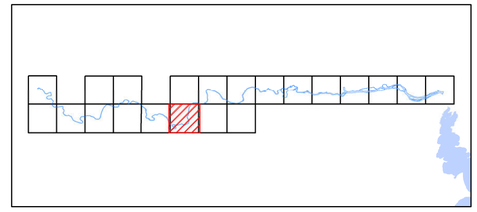
-52,484180 -52,456750 -52,429320 -52,401890 -52,374460

-30,020611 -30,045748 -30,070885 -30,096022 -30,121159





Localização do Rio Jacuí



Articulação das Folhas - 1:25.000

Legenda

- Sede municipal
- Vila
- Balneários e Praias
- Comunidades
- Pontos de Captação para abastecimento público
- Ferrovia
- Rodovia
- Trecho de Drenagem
- Massa d'água
- Limite municipal

Estruturas

- Balsa
- Eclusa
- Ponte

Áreas impróprias

- Ambientes Marginais
- Pontos de Captação para abastecimento público - Buffer de 200 m
- Áreas de Comunidades - Buffer de 100 m
- Balneários e Praias - Buffer de 450 m
- Pontes, Estruturas e Balsas - Buffer de 200 m
- Parque Estadual do Delta do Jacuí

Áreas de Atenção

- Risco Erosivo Altíssimo
- Foz de Rio
- Alta Erosão

Mapa Sintese

- Classe 1 – Sensibilidade Ambiental MuitoBaixa
- Classe 2 – Sensibilidade Ambiental Baixa
- Classe 3 – Sensibilidade Ambiental Média
- Classe 4 – Sensibilidade Ambiental Alta

Elaboração

PROFILL

ZONEAMENTO AMBIENTAL PARA A ATIVIDADE DE MINERAÇÃO DE AREIA NOS CURSOS MÉDIO E BAIXO DO RIO JACUÍ

Contratação e fiscalização

Fepam

Sistema de Coordenadas Geodésicas

Sistema Geodésico de Referência SIRGAS2000

Escala: 1:25.000

250 125 0 250 m

MAPA DO ZONEAMENTO AMBIENTAL

Folha 10 / 21

Fonte de dados:
- Sede municipal, Vila, Limite municipal, Rodovia, Ferrovia Hidrografia: SEMARS (2018)
- Limite estadual: IBGE (2019)
- Balneários, Localidades, Estruturas, Áreas impróprias, áeas de atenção e zoneamento: PROFILL (2021)

-52,374460 -52,347030 -52,319600 -52,292170 -52,264740

-29,994926 -29,970063 -29,945200 -29,920337 -29,895474

Sanga do Leonardo
BRS-471
Sanga do Pinhal
Arroio do Conde
Balneário Porto das Mesas
Arroio Barra Grande
Rio Pardo
Rio Pardo
BRS-471
BRS-471
Rio Pardo
Balneário Ponta Ferreira
Arroio Grande
Praia do Ingazeira
ARIE
Ponte da BRS-471

Paraguay
Argentina
Uruguay
SC
RS

Localização do Rio Jacuí

Articulação das Folhas - 1:25.000

Legenda

- Sede municipal
- Vila
- Balneários e Praias
- Comunidades
- Pontos de Captação para abastecimento público
- Ferrovia
- Rodovia
- Trecho de Drenagem
- Massa d'água
- Limite municipal

Estruturas

- Balsa
- Eclusa
- Ponte

Áreas impróprias

- Ambientes Marginais
- Pontos de Captação para abastecimento público - Buffer de 200 m
- Áreas de Comunidades - Buffer de 100 m
- Balneários e Praias - Buffer de 450 m
- Pontes, Estruturas e Balsas - Buffer de 200 m
- Parque Estadual do Delta do Jacuí

Áreas de Atenção

- Risco Erosivo Altíssimo
- Foz de Rio
- Alta Erosão

Mapa Sintese

- Classe 1 – Sensibilidade Ambiental MuitoBaixa
- Classe 2 – Sensibilidade Ambiental Baixa
- Classe 3 – Sensibilidade Ambiental Média
- Classe 4 – Sensibilidade Ambiental Alta

Elaboração
PROFILL

ZONEAMENTO AMBIENTAL PARA A ATIVIDADE DE MINERAÇÃO DE AREIA NOS CURSOS MÉDIO E BAIXO DO RIO JACUÍ

Contratação e fiscalização
Fepam

Sistema de Coordenadas Geodésicas
Sistema Geodésico de Referência SIRGAS2000
Escala: 1:25.000
250 125 0 250 m

MAPA DO ZONEAMENTO AMBIENTAL

Folha 11 / 21

Fonte de dados:
- Sede municipal, Vila, Limite municipal, Rodovia, Ferrovia Hidrografia: SEMARS (2018)
- Limite estadual: IBGE (2019)
- Balneários, Localidades, Estruturas, Áreas impróprias, áeas de atenção e zoneamento: PROFILL (2021)

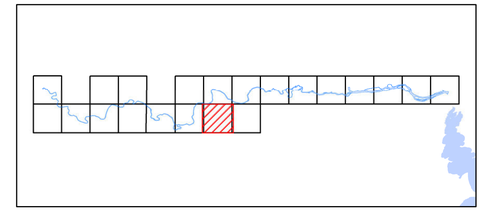
-52,374460 -52,347030 -52,319600 -52,292170 -52,264740

-30,020611 -30,045748 -30,070885 -30,096022 -30,121159





Localização do Rio Jacuí



Articulação das Folhas - 1:25.000

Legenda

- Sede municipal
- Vila
- Balneários e Praias
- Comunidades
- Pontos de Captação para abastecimento público
- Ferrovia
- Rodovia
- Trecho de Drenagem
- Massa d'água
- Limite municipal

Estruturas

- Balsa
- Eclusa
- Ponte

Áreas impróprias

- Ambientes Marginais
- Pontos de Captação para abastecimento público - Buffer de 200 m
- Áreas de Comunidades - Buffer de 100 m
- Balneários e Praias - Buffer de 450 m
- Pontes, Estruturas e Balsas - Buffer de 200 m
- Parque Estadual do Delta do Jacuí

Áreas de Atenção

- Risco Erosivo Altíssimo
- Foz de Rio
- Alta Erosão

Mapa Síntese

- Classe 1 – Sensibilidade Ambiental MuitoBaixa
- Classe 2 – Sensibilidade Ambiental Baixa
- Classe 3 – Sensibilidade Ambiental Média
- Classe 4 – Sensibilidade Ambiental Alta

Elaboração

PROFILL

ZONEAMENTO AMBIENTAL PARA A ATIVIDADE DE MINERAÇÃO DE AREIA NOS CURSOS MÉDIO E BAIXO DO RIO JACUÍ

Contratação e fiscalização

Fepam

Sistema de Coordenadas Geodésicas

Sistema Geodésico de Referência SIRGAS2000

Escala: 1:25.000

250 125 0 250 m

MAPA DO ZONEAMENTO AMBIENTAL

Folha 12 / 21

Fonte de dados:
- Sede municipal, Vila, Limite municipal, Rodovia, Ferrovia Hidrografia: SEMARS (2018)
- Limite estadual: IBGE (2019)
- Balneários, Localidades, Estruturas, Áreas impróprias, áeas de atenção e zoneamento: PROFILL (2021)

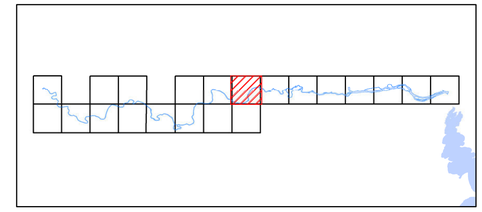
-52,237310 -52,209880 -52,182450 -52,155020 -52,127590

-29,994926 -29,970063 -29,945200 -29,970337 -29,995474

Sanga do Jacaré
João Rodrigues
Vila Verde Rio Grande
Arroio João Rodrigues
Arroio Quilombo
Arroio Francelgumho
Ilha das Pitavas
Rio Grande Missões Lago
Arroio Diogo Trilho
Balneário Porto do Lombari



Localização do Rio Jacuí



Articulação das Folhas - 1:25.000

Legenda

- Sede municipal
- Vila
- Balneários e Praias
- Comunidades
- Pontos de Captação para abastecimento público
- Ferrovia
- Rodovia
- Trecho de Drenagem
- Massa d'água
- Limite municipal

Estruturas

- Balsa
- Eclusa
- Ponte

Áreas impróprias

- Ambientes Marginais
- Pontos de Captação para abastecimento público - Buffer de 200 m
- Áreas de Comunidades - Buffer de 100 m
- Balneários e Praias - Buffer de 450 m
- Pontes, Estruturas e Balsas - Buffer de 200 m
- Parque Estadual do Delta do Jacuí

Áreas de Atenção

- Risco Erosivo Altíssimo
- Foz de Rio
- Alta Erosão

Mapa Sintese

- Classe 1 – Sensibilidade Ambiental MuitoBaixa
- Classe 2 – Sensibilidade Ambiental Baixa
- Classe 3 – Sensibilidade Ambiental Média
- Classe 4 – Sensibilidade Ambiental Alta

Elaboração

PROFILL

ZONEAMENTO AMBIENTAL PARA A ATIVIDADE DE MINERAÇÃO DE AREIA NOS CURSOS MÉDIO E BAIXO DO RIO JACUÍ

Contratação e fiscalização

Fepam

Sistema de Coordenadas Geodésicas

Sistema Geodésico de Referência SIRGAS2000

Escala: 1:25.000

250 125 0 250 m

MAPA DO ZONEAMENTO AMBIENTAL

Folha 13 / 21

Fonte de dados:
- Sede municipal, Vila, Limite municipal, Rodovia, Ferrovia Hidrografia: SEMARS (2018)
- Limite estadual: IBGE (2019)
- Balneários, Localidades, Estruturas, Áreas impróprias, áeas de atenção e zoneamento: PROFILL (2021)

-52,237310 -52,209880 -52,182450 -52,155020 -52,127590

-30,029611 -30,045748 -30,070885 -30,096022 -30,121159

Arroio Caximbo

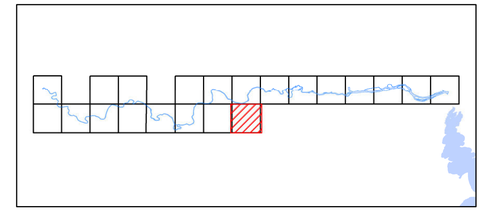
Rio Jacuí
Mini Pequeno

Arroio Barbosa

Sanga da Lavagem



Localização do Rio Jacuí



Articulação das Folhas - 1:25.000

Legenda

- Sede municipal
- Vila
- Balneários e Praias
- Comunidades
- Pontos de Captação para abastecimento público
- Ferrovia
- Rodovia
- Trecho de Drenagem
- Massa d'água
- Limite municipal

Estruturas

- Balsa
- Eclusa
- Ponte

Áreas impróprias

- Ambientes Marginais
- Pontos de Captação para abastecimento público - Buffer de 200 m
- Áreas de Comunidades - Buffer de 100 m
- Balneários e Praias - Buffer de 450 m
- Pontes, Estruturas e Balsas - Buffer de 200 m
- Parque Estadual do Delta do Jacuí

Áreas de Atenção

- Risco Erosivo Altíssimo
- Foz de Rio
- Alta Erosão

Mapa Síntese

- Classe 1 – Sensibilidade Ambiental MuitoBaixa
- Classe 2 – Sensibilidade Ambiental Baixa
- Classe 3 – Sensibilidade Ambiental Média
- Classe 4 – Sensibilidade Ambiental Alta

Elaboração

PROFILL

ZONEAMENTO AMBIENTAL PARA A ATIVIDADE DE MINERAÇÃO DE AREIA NOS CURSOS MÉDIO E BAIXO DO RIO JACUÍ

Contratação e fiscalização

Fepam

Sistema de Coordenadas Geodésicas

Sistema Geodésico de Referência SIRGAS2000

Escala: 1:25.000

250 125 0 250 m

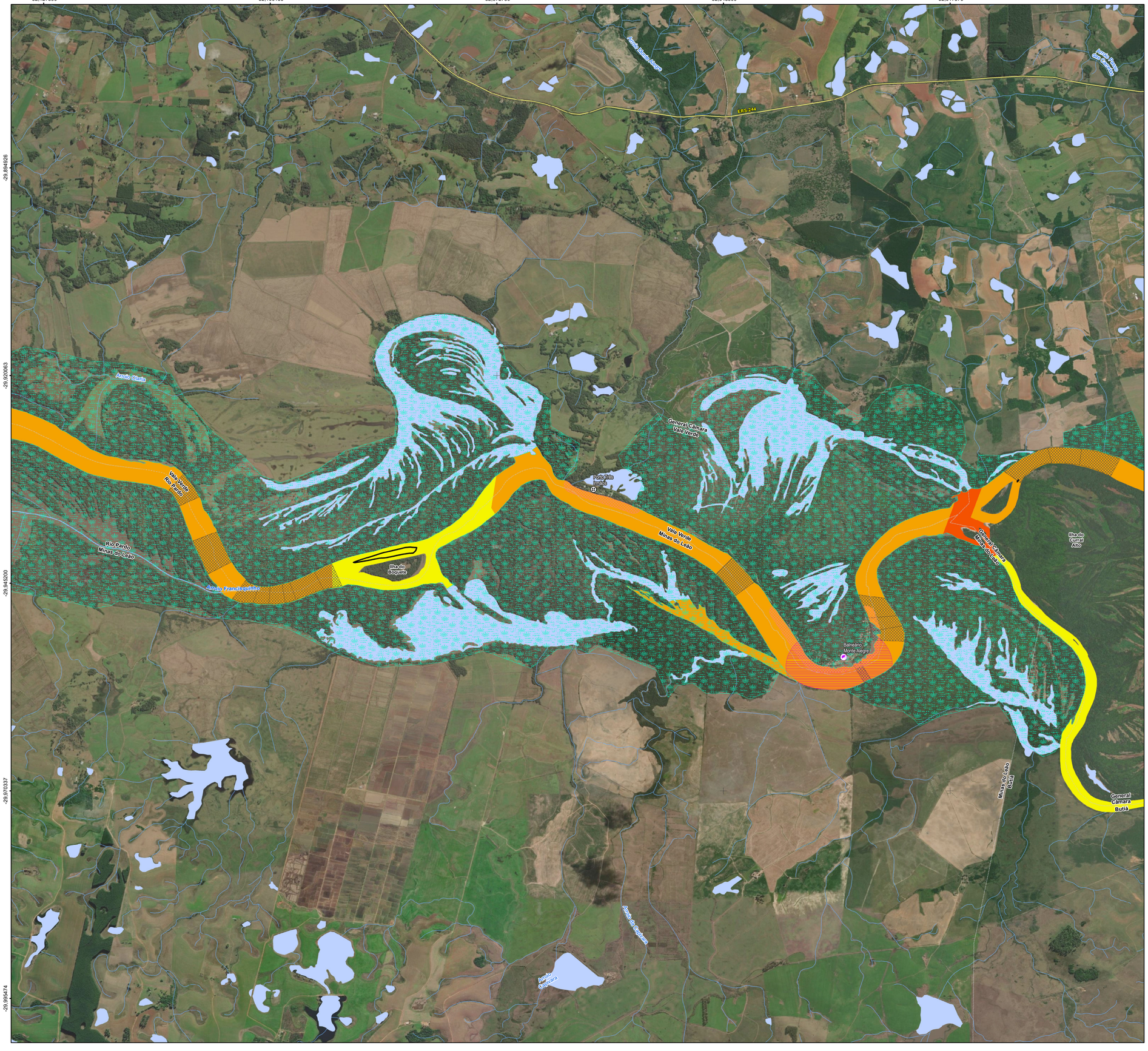
MAPA DO ZONEAMENTO AMBIENTAL

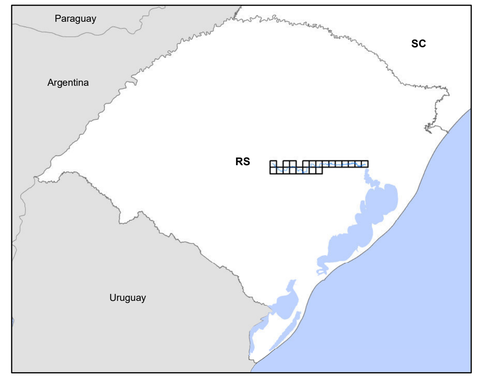
Folha 14 / 21

Fonte de dados:
- Sede municipal, Vila, Limite municipal, Rodovia, Ferrovia Hidrografia: SEMARS (2018)
- Limite estadual: IBGE (2019)
- Balneários, Localidades, Estruturas, Áreas impróprias, áeas de atenção e zoneamento: PROFILL (2021)

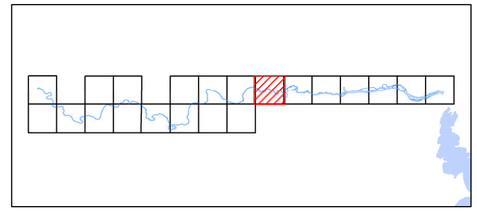
-52,127590 -52,100160 -52,072730 -52,045300 -52,017870

-29,894926 -29,920063 -29,945200 -29,970337 -29,995474





Localização do Rio Jacuí



Articulação das Folhas - 1:25.000

Legenda

- Sede municipal
- Vila
- Balneários e Praias
- Comunidades
- Pontos de Captação para abastecimento público
- Ferrovia
- Rodovia
- Trecho de Drenagem
- Massa d'água
- Limite municipal

Estruturas

- Balsa
- Eclusa
- Ponte

Áreas impróprias

- Ambientes Marginais
- Pontos de Captação para abastecimento público - Buffer de 200 m
- Áreas de Comunidades - Buffer de 100 m
- Balneários e Praias - Buffer de 450 m
- Pontes, Estruturas e Balsas - Buffer de 200 m
- Parque Estadual do Delta do Jacuí

Áreas de Atenção

- Risco Erosivo Altíssimo
- Foz de Rio
- Alta Erosão

Mapa Síntese

- Classe 1 – Sensibilidade Ambiental MuitoBaixa
- Classe 2 – Sensibilidade Ambiental Baixa
- Classe 3 – Sensibilidade Ambiental Média
- Classe 4 – Sensibilidade Ambiental Alta

Elaboração

PROFILL

ZONEAMENTO AMBIENTAL PARA A ATIVIDADE DE MINERAÇÃO DE AREIA NOS CURSOS MÉDIO E BAIXO DO RIO JACUÍ

Contratação e fiscalização

Fepam

Sistema de Coordenadas Geodésicas

Sistema Geodésico de Referência SIRGAS2000

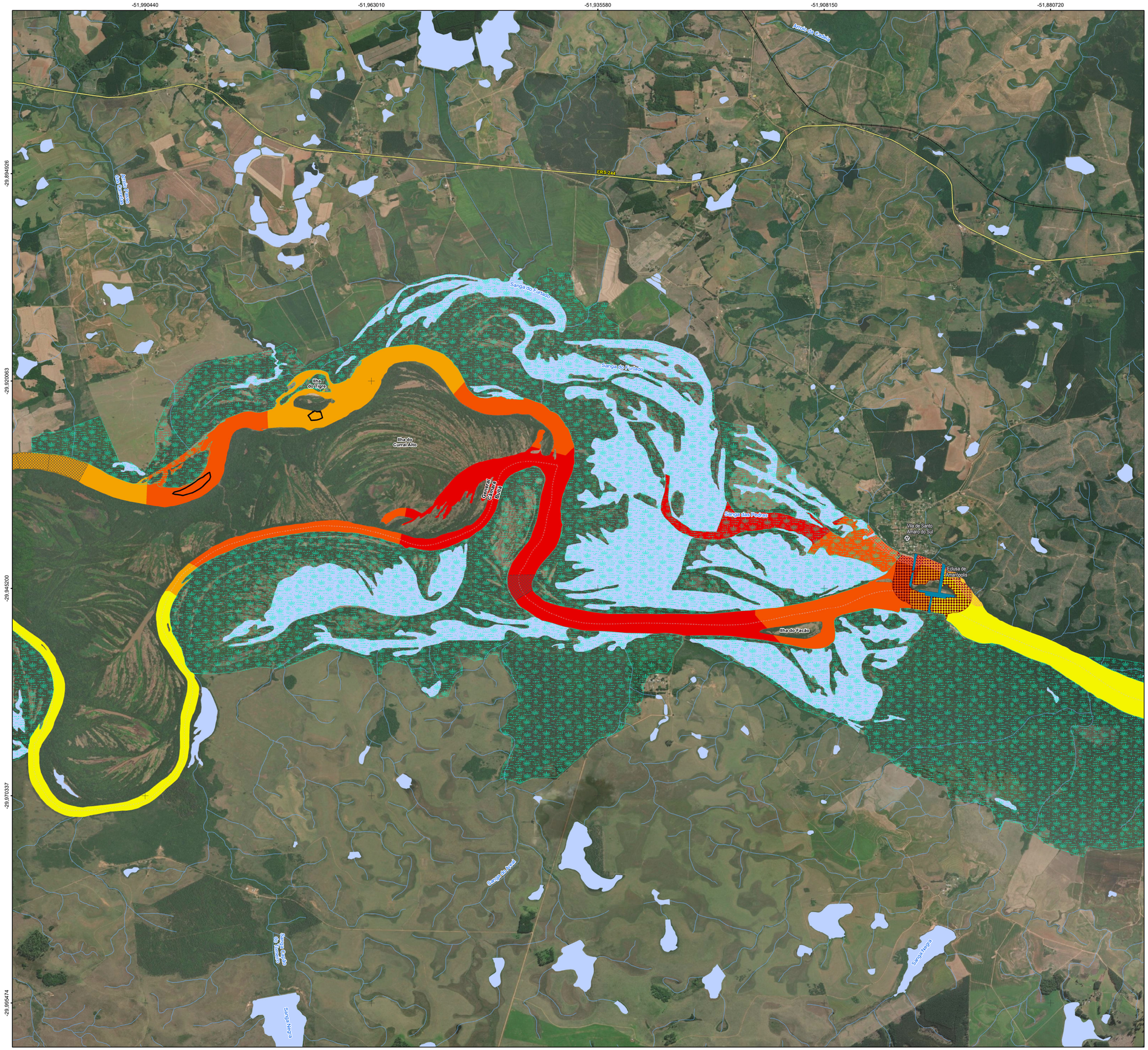
Escala: 1:25.000

250 125 0 250 m

MAPA DO ZONEAMENTO AMBIENTAL

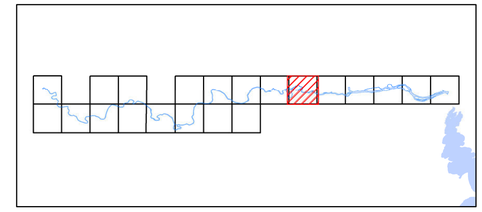
Folha 15 / 21

Fonte de dados:
- Sede municipal, Vila, Limite municipal, Rodovia, Ferrovia Hidrografia: SEMARS (2018)
- Limite estadual: IBGE (2019)
- Balneários, Localidades, Estruturas, Áreas impróprias, áeas de atenção e zoneamento: PROFILL (2021)





Localização do Rio Jacuí



Articulação das Folhas - 1:25.000

Legenda

- Sede municipal
- Vila
- Balneários e Praias
- Comunidades
- Pontos de Captação para abastecimento público
- Ferrovia
- Rodovia
- Trecho de Drenagem
- Massa d'água
- Limite municipal

Estruturas

- Balsa
- Eclusa
- Ponte

Áreas impróprias

- Ambientes Marginais
- Pontos de Captação para abastecimento público - Buffer de 200 m
- Áreas de Comunidades - Buffer de 100 m
- Balneários e Praias - Buffer de 450 m
- Pontes, Estruturas e Balsas - Buffer de 200 m
- Parque Estadual do Delta do Jacuí

Áreas de Atenção

- Risco Erosivo Altíssimo
- Foz de Rio
- Alta Erosão

Mapa Síntese

- Classe 1 – Sensibilidade Ambiental MuitoBaixa
- Classe 2 – Sensibilidade Ambiental Baixa
- Classe 3 – Sensibilidade Ambiental Média
- Classe 4 – Sensibilidade Ambiental Alta

Elaboração

PROFILL

ZONEAMENTO AMBIENTAL PARA A ATIVIDADE DE MINERAÇÃO DE AREIA NOS CURSOS MÉDIO E BAIXO DO RIO JACUÍ

Contratação e fiscalização

Fepam

Sistema de Coordenadas Geodésicas

Sistema Geodésico de Referência SIRGAS2000

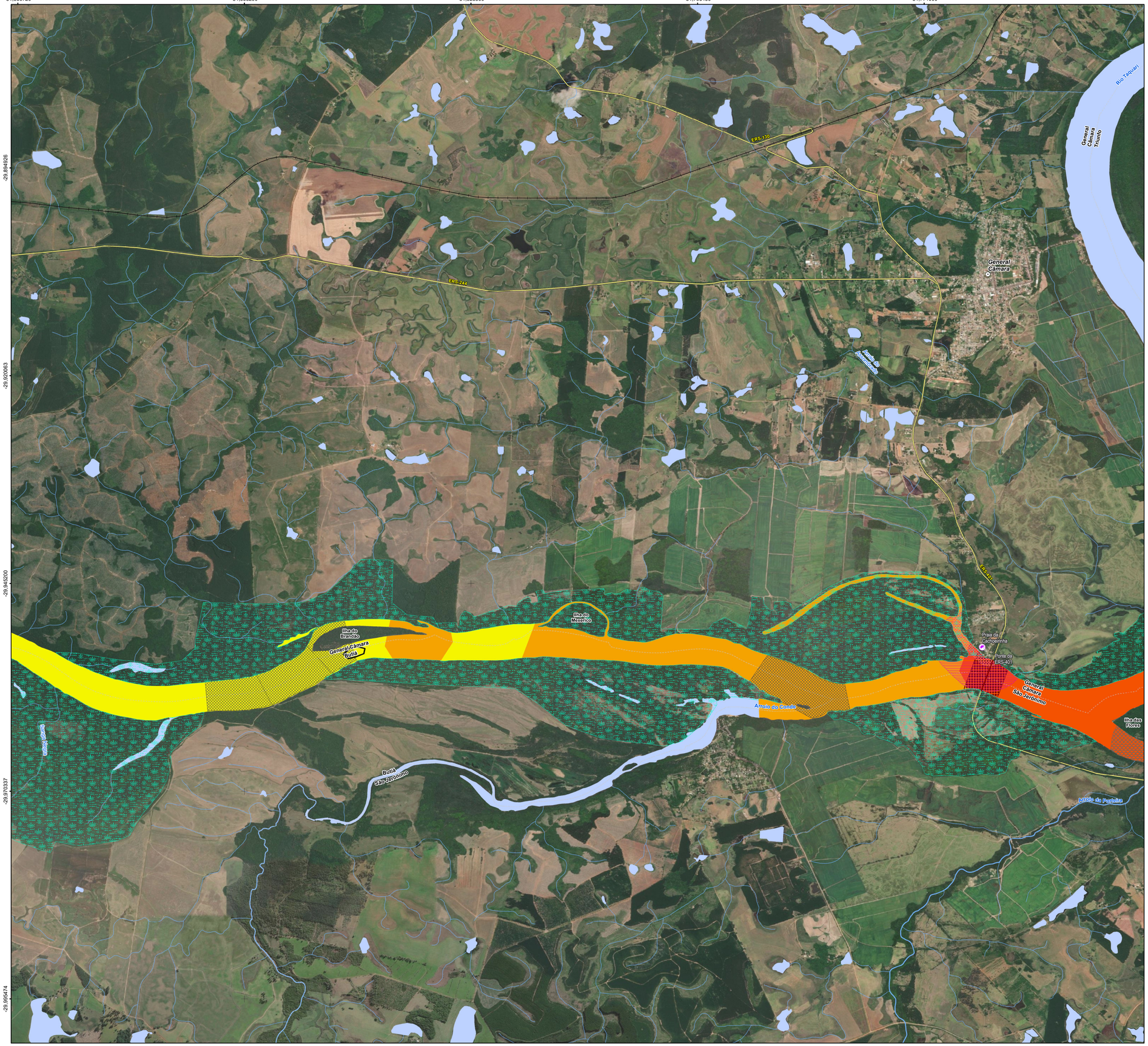
Escala: 1:25.000

250 125 0 250 m

MAPA DO ZONEAMENTO AMBIENTAL

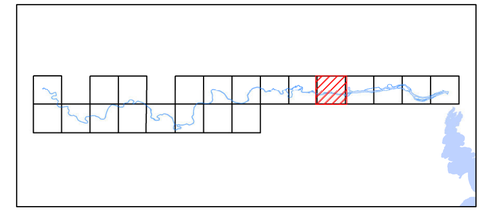
Folha 16 / 21

Fonte de dados:
- Sede municipal, Vila, Limite municipal, Rodovia, Ferrovia Hidrografia: SEMARS (2018)
- Limite estadual: IBGE (2019)
- Balneários, Localidades, Estruturas, Áreas impróprias, áreas de atenção e zoneamento: PROFILL (2021)





Localização do Rio Jacuí



Articulação das Folhas - 1:25.000

Legenda

- Sede municipal
- Vila
- Balneários e Praias
- Comunidades
- Pontos de Captação para abastecimento público
- Ferrovia
- Rodovia
- Trecho de Drenagem
- Massa d'água
- Limite municipal

Estruturas

- Balsa
- Eclusa
- Ponte

Áreas impróprias

- Ambientes Marginais
- Pontos de Captação para abastecimento público - Buffer de 200 m
- Áreas de Comunidades - Buffer de 100 m
- Balneários e Praias - Buffer de 450 m
- Pontes, Estruturas e Balsas - Buffer de 200 m
- Parque Estadual do Delta do Jacuí

Áreas de Atenção

- Risco Erosivo Altíssimo
- Foz de Rio
- Alta Erosão

Mapa Síntese

- Classe 1 – Sensibilidade Ambiental MuitoBaixa
- Classe 2 – Sensibilidade Ambiental Baixa
- Classe 3 – Sensibilidade Ambiental Média
- Classe 4 – Sensibilidade Ambiental Alta

Elaboração

PROFILL

ZONEAMENTO AMBIENTAL PARA A ATIVIDADE DE MINERAÇÃO DE AREIA NOS CURSOS MÉDIO E BAIXO DO RIO JACUÍ

Contratação e fiscalização

Fepam

Sistema de Coordenadas Geodésicas

Sistema Geodésico de Referência SIRGAS2000

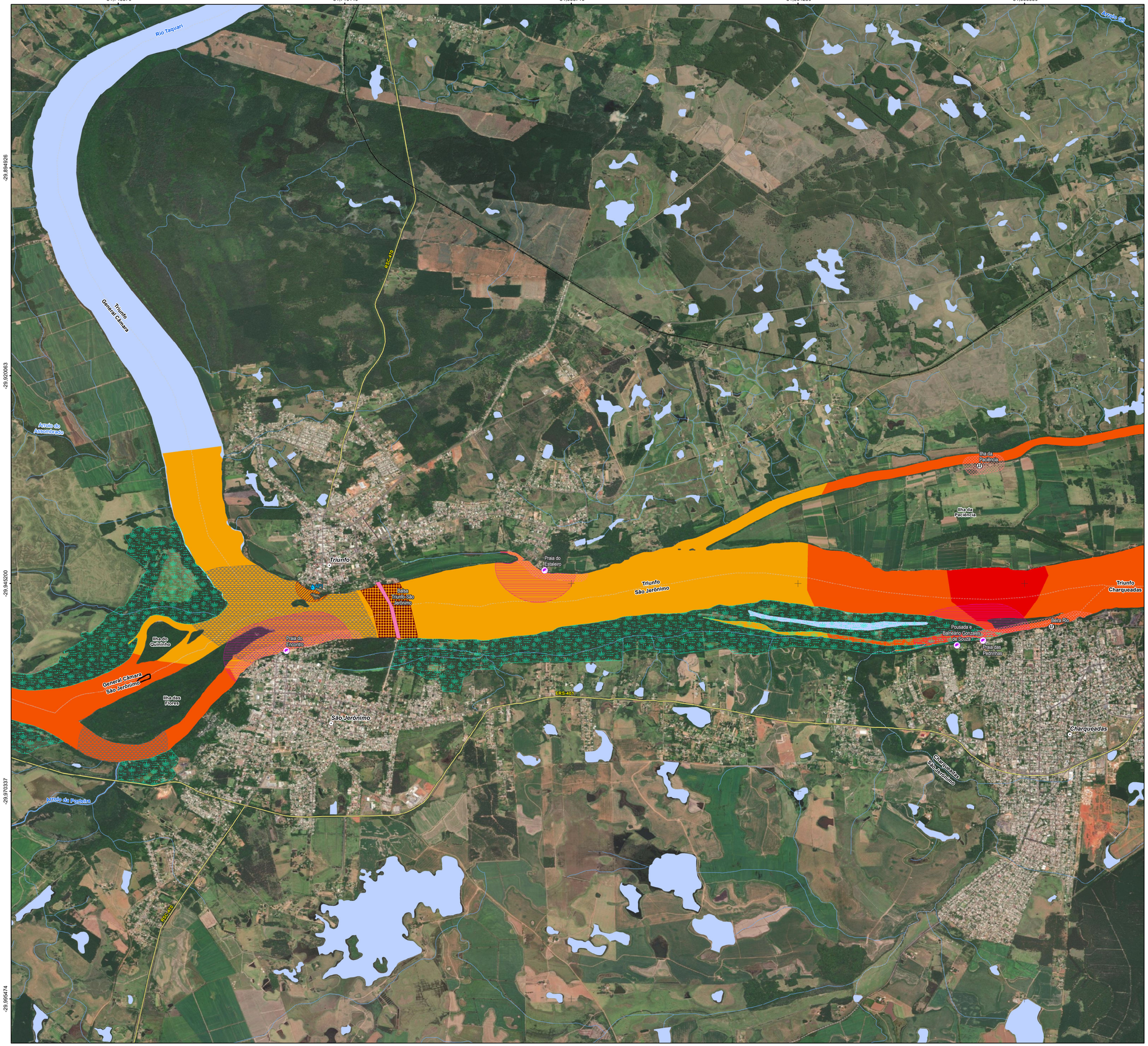
Escala: 1:25.000

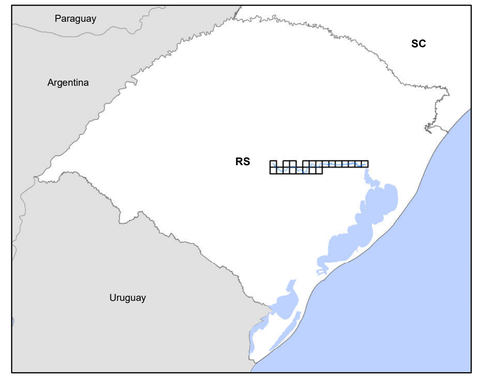
250 125 0 250 m

MAPA DO ZONEAMENTO AMBIENTAL

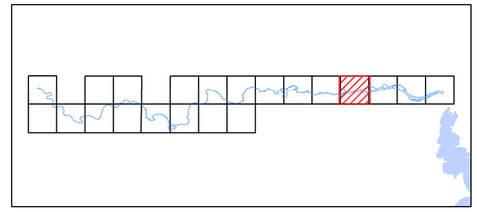
Folha 17 / 21

Fonte de dados:
- Sede municipal, Vila, Limite municipal, Rodovia, Ferrovia Hidrografia: SEMARS (2018)
- Limite estadual: IBGE (2019)
- Balneários, Localidades, Estruturas, Áreas impróprias, áreas de atenção e zoneamento: PROFILL (2021)





Localização do Rio Jacuí



Articulação das Folhas - 1:25.000

Legenda

- Sede municipal
- Vila
- Balneários e Praias
- Comunidades
- Pontos de Captação para abastecimento público
- Ferrovia
- Rodovia
- Trecho de Drenagem
- Massa d'água
- Limite municipal

Estruturas

- Balsa
- Eclusa
- Ponte

Áreas impróprias

- Ambientes Marginais
- Pontos de Captação para abastecimento público - Buffer de 200 m
- Áreas de Comunidades - Buffer de 100 m
- Balneários e Praias - Buffer de 450 m
- Pontes, Estruturas e Balsas - Buffer de 200 m
- Parque Estadual do Delta do Jacuí

Áreas de Atenção

- Risco Erosivo Altíssimo
- Foz de Rio
- Alta Erosão

Mapa Síntese

- Classe 1 – Sensibilidade Ambiental MuitoBaixa
- Classe 2 – Sensibilidade Ambiental Baixa
- Classe 3 – Sensibilidade Ambiental Média
- Classe 4 – Sensibilidade Ambiental Alta

Elaboração

PROFILL

ZONEAMENTO AMBIENTAL PARA A ATIVIDADE DE MINERAÇÃO DE AREIA NOS CURSOS MÉDIO E BAIXO DO RIO JACUÍ

Contratação e fiscalização

Fepam

Sistema de Coordenadas Geodésicas

Sistema Geodésico de Referência SIRGAS2000

Escala: 1:25.000

250 125 0 250 m

MAPA DO ZONEAMENTO AMBIENTAL

Folha 18 / 21

Fonte de dados:
- Sede municipal, Vila, Limite municipal, Rodovia, Ferrovia Hidrografia: SEMARS (2018)
- Limite estadual: IBGE (2019)
- Balneários, Localidades, Estruturas, Áreas impróprias, áreas de atenção e zoneamento: PROFILL (2021)

-51,606420 -51,578990 -51,551560 -51,524130 -51,496700

-29,994926 -29,970337 -29,945200 -29,920063 -29,895474

Arroio Sil

Arroio Lajeadinho

Arroio Passo Fundo

Balneário do Porto Barista

Ilha do Carioca

Ilha dos Gambás

Ilha do Araujo

Ilha do Fanfa

Localidade de General Neto Praia Grande

General Neto Praia Grande

Ilha da Pocinha

Ilha dos Domelos

Triunfo Charqueadas

Ilha das Cobras

Triunfo São Jerônimo

São Jerônimo Charqueadas

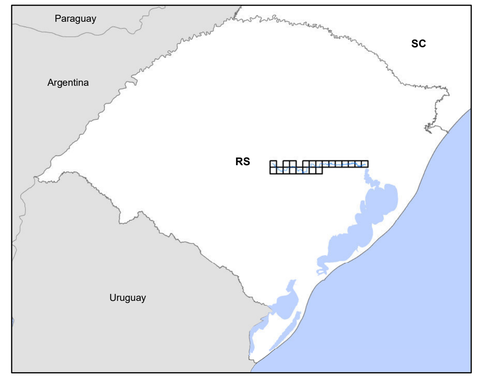
Santo Antônio

Barra Ro

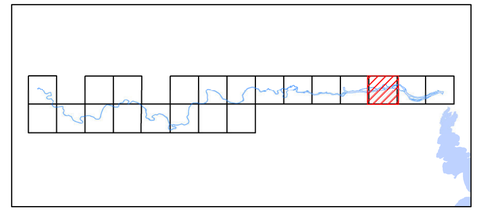
ERS 401

Charqueadas

Arroio das Palas



Localização do Rio Jacuí



Articulação das Folhas - 1:25.000

Legenda

- Sede municipal
- Vila
- Balneários e Praias
- Comunidades
- Pontos de Captação para abastecimento público
- Ferrovia
- Rodovia
- Trecho de Drenagem
- Massa d'água
- Limite municipal

Estruturas

- Balsa
- Eclusa
- Ponte

Áreas impróprias

- Ambientes Marginais
- Pontos de Captação para abastecimento público - Buffer de 200 m
- Áreas de Comunidades - Buffer de 100 m
- Balneários e Praias - Buffer de 450 m
- Pontes, Estruturas e Balsas - Buffer de 200 m
- Parque Estadual do Delta do Jacuí

Áreas de Atenção

- Risco Erosivo Altíssimo
- Foz de Rio
- Alta Erosão

Mapa Síntese

- Classe 1 – Sensibilidade Ambiental MuitoBaixa
- Classe 2 – Sensibilidade Ambiental Baixa
- Classe 3 – Sensibilidade Ambiental Média
- Classe 4 – Sensibilidade Ambiental Alta

Elaboração

PROFILL

ZONEAMENTO AMBIENTAL PARA A ATIVIDADE DE MINERAÇÃO DE AREIA NOS CURSOS MÉDIO E BAIXO DO RIO JACUÍ

Contratação e fiscalização

Fepam

Sistema de Coordenadas Geodésicas

Sistema Geodésico de Referência SIRGAS2000

Escala: 1:25.000

250 125 0 250 m

MAPA DO ZONEAMENTO AMBIENTAL

Folha 19 / 21

Fonte de dados:
- Sede municipal, Vila, Limite municipal, Rodovia, Ferrovia Hidrografia: SEMARS (2018)
- Limite estadual: IBGE (2019)
- Balneários, Localidades, Estruturas, Áreas impróprias, áeas de atenção e zoneamento: PROFILL (2021)

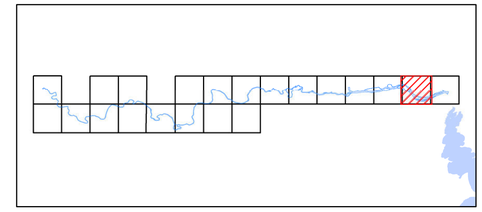
-51,496700 -51,469270 -51,441840 -51,414410 -51,386980

-29,894926 -29,920063 -29,945200 -29,970337 -29,995474

Arroio Passo Fundo
Arroio Passo Raso
Arroio Passo Raso
Porto da Balsinha
Ilha do Carioca
Ilha do Araujo
Ilha dos Amarelos
Triunfo Charqueadas
Porto da Manga
Arroio do Pessegueiro
Charqueadas Eldorado do Sul
Arroio das Pedras
Arroio das Pedras
Ilha da Ponta Rasa
Ilha da Ponta Rasa
Ilha Grande
Ilha Nova
Ilha Leopoldina
Ilha do Pompilos
Triunfo Eldorado do Sul



Localização do Rio Jacuí



Articulação das Folhas - 1:25.000

Legenda

- Sede municipal
- Vila
- Balneários e Praias
- Comunidades
- Pontos de Captação para abastecimento público
- Ferrovia
- Rodovia
- Trecho de Drenagem
- Massa d'água
- Limite municipal

Estruturas

- Balsa
- Eclusa
- Ponte

Áreas impróprias

- Ambientes Marginais
- Pontos de Captação para abastecimento público - Buffer de 200 m
- Áreas de Comunidades - Buffer de 100 m
- Balneários e Praias - Buffer de 450 m
- Pontes, Estruturas e Balsas - Buffer de 200 m
- Parque Estadual do Delta do Jacuí

Áreas de Atenção

- Risco Erosivo Altíssimo
- Foz de Rio
- Alta Erosão

Mapa Sintese

- Classe 1 – Sensibilidade Ambiental MuitoBaixa
- Classe 2 – Sensibilidade Ambiental Baixa
- Classe 3 – Sensibilidade Ambiental Média
- Classe 4 – Sensibilidade Ambiental Alta

Elaboração
PROFILL

ZONEAMENTO AMBIENTAL PARA A ATIVIDADE DE MINERAÇÃO DE AREIA NOS CURSOS MÉDIO E BAIXO DO RIO JACUÍ

Contratação e fiscalização
Fepam

Sistema de Coordenadas Geodésicas
Sistema Geodésico de Referência SIRGAS2000
Escala: 1:25.000
250 125 0 250 m

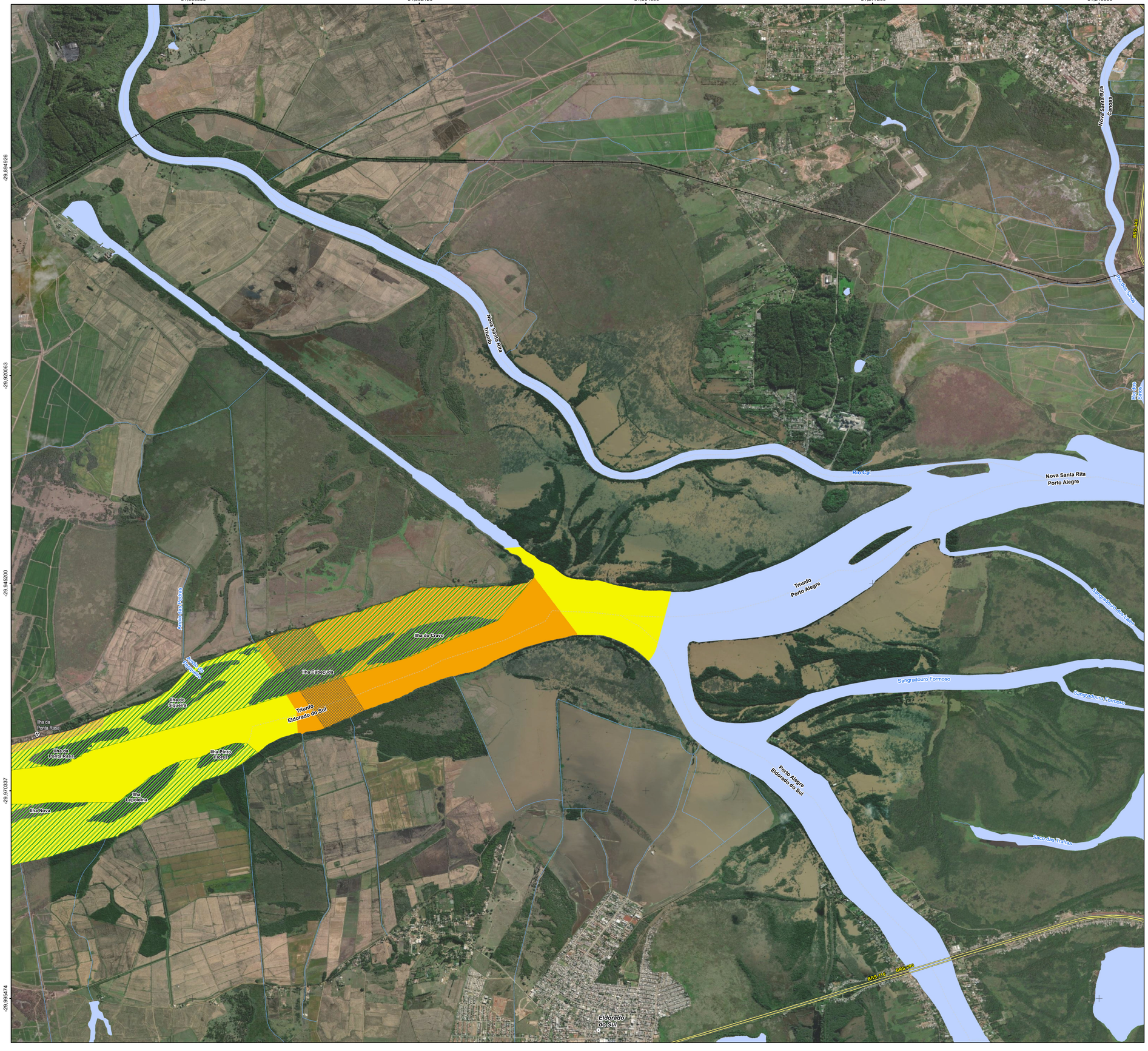
MAPA DO ZONEAMENTO AMBIENTAL

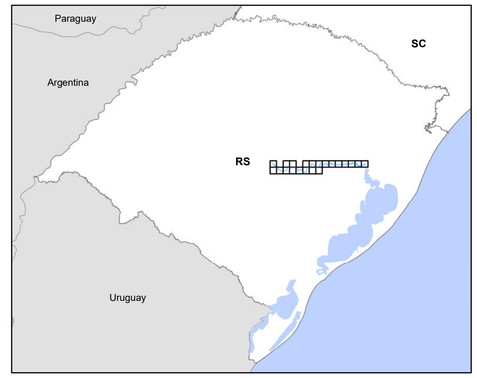
Folha 20 / 21

Fonte de dados:
- Sede municipal, Vila, Limite municipal, Rodovia, Ferrovia Helnografia: SEMARS (2018)
- Limite estadual: IBGE (2019)
- Balneários, Localidades, Estruturas, Áreas impróprias, áreas de atenção e zoneamento: PROFILL (2021)

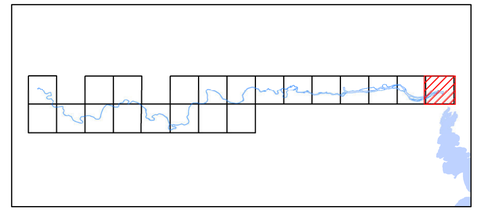
-51,359550 -51,332120 -51,304690 -51,277260 -51,249830

-29,994926 -29,970037 -29,945200 -29,905474





Localização do Rio Jacuí



Articulação das Folhas - 1:25.000

Legenda

- Sede municipal
- Vila
- Balneários e Praias
- Comunidades
- Pontos de Captação para abastecimento público
- Ferrovia
- Rodovia
- Trecho de Drenagem
- Massa d'água
- Limite municipal

Estruturas

- Balsa
- Eclusa
- Ponte

Áreas impróprias

- Ambientes Marginais
- Pontos de Captação para abastecimento público - Buffer de 200 m
- Áreas de Comunidades - Buffer de 100 m
- Balneários e Praias - Buffer de 450 m
- Pontes, Estruturas e Balsas - Buffer de 200 m
- Parque Estadual do Delta do Jacuí

Áreas de Atenção

- Risco Erosivo Altíssimo
- Foz de Rio
- Alta Erosão

Mapa Síntese

- Classe 1 – Sensibilidade Ambiental MuitoBaixa
- Classe 2 – Sensibilidade Ambiental Baixa
- Classe 3 – Sensibilidade Ambiental Média
- Classe 4 – Sensibilidade Ambiental Alta

Elaboração

PROFILL

ZONEAMENTO AMBIENTAL PARA A ATIVIDADE DE MINERAÇÃO DE AREIA NOS CURSOS MÉDIO E BAIXO DO RIO JACUÍ

Contratação e fiscalização

Fepam

Sistema de Coordenadas Geodésicas

Sistema Geodésico de Referência SIRGAS2000

Escala: 1:25.000

250 125 0 250 m

MAPA DO ZONEAMENTO AMBIENTAL

Folha 21 / 21

Fonte de dados:
- Sede municipal, Vila, Limite municipal, Rodovia, Ferrovia Hidrografia: SEMARS (2018)
- Limite estadual: IBGE (2019)
- Balneários, Localidades, Estruturas, Áreas impróprias, áeas de atenção e zoneamento: PROFILL (2021)

ANEXO D – COORDENADAS GEOGRÁFICAS E ELEVAÇÕES DOS MARCOS GEODÉSICOS IMPLANTADOS

ANEXO D – Coordenadas geográficas e elevações dos marcos geodésicos implantados.

Marco	Latitude	Longitude	Altitude elipsoidal (h)	Ondulação Geoidal (N)	Altitude Ortométrica (H)
M01	-29,95196	-51,35392	7,412	5,14	2,272
M02	-29,96847	-51,42139	8,369	5,29	3,079
M03	-29,95052	-51,45666	9,120	5,32	3,800
M04	-29,90899	-51,48709	9,850	5,32	4,530
M05	-29,92405	-51,57534	8,778	5,46	3,318
M06	-29,93703	-51,68086	14,648	5,61	9,038
M07	-29,94526	-51,71385	8,628	5,68	2,948
M08	-29,92362	-51,74064	11,060	5,69	5,370
M09	-29,95401	-51,76366	7,530	5,79	1,740
M11	-29,94529	-51,89399	44,310	5,98	38,330
M10	-29,91830	-51,91011	14,549	6,02	8,529
M12	-29,91410	-51,98940	26,103	6,08	20,023
M13	-29,95466	-52,03001	13,592	6,23	7,362
M14	-29,91482	-52,14921	69,309	6,45	62,859
M15	-30,00662	-52,17193	59,050	6,65	52,400
M16	-29,99274	-52,27158	69,416	6,83	62,586
M17	-29,93170	-52,34628	39,734	6,92	32,814
M18	-29,99330	-52,38082	23,130	7,10	16,030
M19	-30,07930	-52,48435	50,172	7,58	42,592
M20	-30,05563	-52,50517	78,438	7,56	70,878
M21	-30,00243	-52,59574	49,310	7,74	41,570
M22	-29,99028	-52,78585	29,957	8,25	21,707
M23	-30,05571	-52,89499	29,202	8,63	20,572
M24	-30,04500	-52,95316	37,806	8,73	29,076
M25	-29,91898	-53,08383	39,910	8,74	31,170

Obs: As altitudes ortométricas dos marcos geodésicos foram obtidas através de ondulação geoidal após rastreamento GNSS, reduzindo-se as coordenadas altimétricas ao geoide através do Sistema de interpolação de ondulação geoidal do Software MAPGEO2015 do IBGE. Todas as altitudes estão referenciadas ao marégrafo de IMBITUBA-SC.

ANEXO E – ESTUDO DE MARGENS DA FUNDAÇÃO ZOOBOTÂNICA (FZB): ELABORAÇÃO DE DIRETRIZES PARA RECUPERAÇÃO DA VEGETAÇÃO CILIAR DO RIO JACUÍ

FUNDAÇÃO ZOO BOTÂNICA RS

Elaboração de diretrizes para recuperação da vegetação ciliar do rio Jacuí



Sumário

Apresentação 8

Equipe técnica 9

Introdução 10

A recuperação da vegetação em um contexto global 10

Vegetação ciliar e recuperação ambiental 11

Serviços ambientais e recuperação da vegetação 12

Recuperação da vegetação e a adequação ambiental e agrícola 13

Objetivos 14

Marco legal 14

Áreas de Preservação Permanente: localização e tamanho 15

Reserva legal: localização e tamanho 16

Material e métodos 17

Área de estudo 17

Geoprocessamento 17

Delimitação da área de estudo 17

Segmentação da área de estudo 17

Etapas do geoprocessamento 18

Vegetação 18

Formações 19

Composição e aspectos estruturais 24

Resultados 25

Uso e ocupação do solo 25

Agricultura 25

Área edificada 25

Áreas úmidas 25

Areia 25

Campos/pastagens 30

Corpos d´água 30

Florestas 30

Mineração 30

Mosaico florestas/áreas úmidas 30

Silvicultura 30

Conflitos – áreas convertidas e vetores de pressão 47

Vegetação: formações e espécies mais características 62
Florestas 62
Áreas úmidas 75
Campos 77
Composição e aspectos estruturais 78
Espécies de interesse especial para recuperação da vegetação ciliar 87
Conceitos e métodos para a recuperação 91
Plantio ao acaso 94
Modelo sucessional 94
Plantio por sementes 94
Escolha do método de recuperação adequado 95
Procedimentos operacionais para a recuperação 95
Escolha apropriada das espécies 96
Cercamento da área 96
Controle de pragas 96
Limpeza da área 97
Abertura de covas 98
Adubação de base 98
Plantio 98
Coroamento 99
Irrigação 99
Replantio 99
Adubação de cobertura 100
Manutenção 100
Avaliação e monitoramento das áreas 101
Considerações finais 102
Referências bibliográficas 103

Índice de Figuras

Figura 1. Pontos amostrais em um complexo de formações vegetacionais em Rio Pardo (≈1.000 ha). 22
Figura 2. Perfil esquemático das zonas topográficas a partir da margem do rio. 22
Figura 3. Perfil esquemático das tipologias vegetacionais e aspectos fisiográficos mais característicos a partir da margem do rio Jacuí. 23
Figura 4. Agricultura com lavouras muito próximas à margem do rio. 26
Figura 5. Agricultura: plantios na várzea: A – soja; B – drenagem da várzea; C - arroz irrigado; D – milho. 26
Figura 6. Área edificada: vista parcial da área urbana de Rio Pardo. 27
Figura 7. Área edificada: vista parcial da área urbana de Triunfo a partir do rio Jacuí. 27
Figura 8. Áreas úmidas: mosaico de espelhos d´água, macrófitas aquáticas, arbustos e árvores. 28
Figura 9. Área úmida com vegetação circundante suprimida, provavelmente arbórea. 28
Figura 10. Areia: banco de areia formado por deposição nas margens do rio Jacuí. 29
Figura 11. Areia: banco de areia formado por deposição nas margens do rio Jacuí. 29
Figura 12. Campos/pastagens na beira do Jacuí (centro). 31
Figura 13. Campos de encosta próximos à planície de inundação em Rio Pardo. 31
Figura 14. Corpos d´água: lagoas marginais cercadas por florestas. 32
Figura 15. Corpos d´água: lagoa das Pombas, Rio Pardo, com a margem vegetada ao fundo... 32
Figura 16. Florestas de tipologias variadas ao longo do rio Jacuí. 33
Figura 17. Floresta sobre o dique marginal próximo à foz da Sanga do Cabral, Rio Pardo. 33
Figura 18. Mineração de areia próxima à margem do rio Jacuí. 34
Figura 19. Mineração de areia em Triunfo. 34
Figura 20. Mosaico de florestas e áreas úmidas intercaladas, Rio Pardo. 35
Figura 21. Mosaico de floresta de várzea com área úmida. 35
Figura 22. Silvicultura de eucalipto muito próxima da margem do rio Jacuí. 36
Figura 23. Silvicultura sobre o terraço ou encosta (segundo plano), antecedida pela planície de inundação. 36
Figura 24. Conflitos – Áreas convertidas e vetores de pressão na faixa de Área de Preservação Permanente em várzeas. A, B, C, E, G e H – Áreas convertidas em pastagens; D – Várzea convertida em pastagens e silvicultura (encosta ao fundo); F – Pastagens se estendendo até a margem do rio. 49
Figura 25. Intervenções antrópicas e conflitos na faixa de Área de Preservação Permanente. A e B – Alterações na paisagem decorrentes da Eclusa de Amarópolis; C – Alterações na paisagem decorrentes da Eclusa Anel de Dom Marco; D, E e F – Margem estável sendo erodida e falta de cobertura vegetal; G – Margem erosiva com (esquerda) e sem vegetação (direita); H – Margem erosiva vegetada na curva do rio (H). 50
Figura 26. Destruição e alterações em Áreas de Preservação Permanente. A – Contraste entre margem estável vegetada (direita) e não vegetada (esquerda); B e C – Margem estável sem vegetação muito desgastada; D – Margem estável erodida; E – Margem erosiva sem vegetação; F, G e H – Acúmulo de sedimentos e destruição em margem deposicional por ausência de vegetação na margem erosiva oposta (E). 51
Figura 27. Camboinzal: formação dominada por indivíduos de camboim (*Myrciaria tenella*)... 63

Figura 28. Camboinzal associado a outras espécies de Myrtaceae (“matinha de mirtáceas”, *sensu* Rambo 1956). 63
Figura 29. Floresta de várzea junto à foz do arroio Capivari (metade direita da imagem), Rio Pardo. 64
Figura 30. Floresta de várzea com muitos taquaruçus-de-espinho (*Guadua trinii*). 65
Figura 31. Floresta de várzea e sarandis (junto à água) na lagoa das Pombas, Rio Pardo. 65
Figura 32. Floresta de várzea com salgueiros (*Salix humboldtiana*) próxima ao Delta do Jacuí, Triunfo. 66
Figura 33. Florestas de várzea: A – Floresta alagada; B – Floresta com vala e numerosos escombros lenhosos; C – Efeitos de microvariações topográficas sobre a drenagem e a vegetação; D – Floresta com taquaruçus-de-espinho (*Guadua trinii*). 67
Figura 34. Florestas de várzea: A – Floresta contígua ao dique marginal; B – Transição entre uma área mal drenada e outra alagada; C – Floresta sujeita a longos períodos de inundação; D – Floresta sujeita a breves períodos de inundação. 68
Figura 35. Floresta de branquilhos (*Gymnanthes klotzschiana*). 69
Figura 36. Floresta de branquilhos: A – Aspecto exterior da formação; B – Aspecto interior da formação. 69
Figura 37. Floresta de ingazeiros: Aspecto exterior em área do rio sem dique marginal. 70
Figura 38. Floresta de ingazeiros: A – Ingás-de-beira-de-rio (*Inga vera*) colonizando a várzea; B – Floresta de ingazeiros na beira do rio Jacuí, São Jerônimo. 70
Figura 39. Floresta estacional sobre dique marginal no rio Jacuí, Rio Pardo. 72
Figura 40. Floresta estacional de encosta na margem da lagoa do Vasco, Cachoeira do Sul. 73
Figura 41. Floresta estacional de encosta (segundo plano) após a planície (primeiro plano), Cachoeira do Sul. 73
Figura 42. Florestas estacionais: A – Floresta de encosta, General Câmara; B – Floresta bem drenada na planície de inundação sob a influência de pastejo; C – Floresta sujeita a breves períodos de inundação; D – Floresta sobre o dique marginal. 74
Figura 43. Área de banhado a oeste do Porto Batista, Triunfo. 75
Figura 44. Maricazal próximo à foz do rio Botucaraí, Cachoeira do Sul. 76
Figura 45. Sarandizal na Fazenda Lagoa dos Coqueiros, Rio Pardo. 76
Figura 46. Macrófitas (primeiro plano), sarandizal (segundo plano) e floresta de várzea (terceiro plano) na lagoa Moderna, Cachoeira do Sul. 77
Figura 47. Contato campo-floresta próximo à várzea do Jacuí, Rio Pardo. 77
Figura 48. Famílias com maior riqueza de espécies arbóreas no levantamento da vegetação ao longo do Jacuí. 87
Figura 49. Distribuição das espécies-chave de acordo com a drenagem no terreno. 90
Figura 50. Etapas decisivas para o planejamento de recuperação da vegetação. Adaptado de Botelho *et al.* (2015). 95

Índice de Mapas

Mapa 1. Localização da área de estudo e segmentação em três trechos, de jusante a montante: Trecho 1 – entre a foz do Delta do Jacuí e a Eclusa de Amarópolis; Trecho 2 – entre a Eclusa de Amarópolis e a Eclusa Anel de Dom Marco; e Trecho 3 – entre a Eclusa Anel de Dom Marco e a foz do rio Vacacaí. 20
Mapa 2. Localização dos pontos de amostragem na área de estudo ao longo dos três trechos: Trecho 1 – entre a foz do Delta do Jacuí e a Eclusa de Amarópolis; Trecho 2 – entre a Eclusa de Amarópolis e a Eclusa Anel de Dom Marco; e Trecho 3 – entre a Eclusa Anel de Dom Marco e a foz do rio Vacacaí. 21
Mapa 3. Classificação do uso e ocupação do solo nos Trechos 1, 2 e 3 da área de estudo. 37
Mapa 4. Classificação do uso e ocupação do solo no Trecho 1 da área de estudo. 38
Mapa 5. Classificação do uso e ocupação do solo no segmento oeste do Trecho 1 da área de estudo. 39
Mapa 6. Classificação do uso e ocupação do solo no segmento leste do Trecho 1 da área de estudo. 40
Mapa 7. Classificação do uso e ocupação do solo no Trecho 2 da área de estudo. 41
Mapa 8. Classificação do uso e ocupação do solo no segmento oeste do Trecho 2 da área de estudo. 42
Mapa 9. Classificação do uso e ocupação do solo no segmento leste do Trecho 2 da área de estudo. 43
Mapa 10. Classificação do uso e ocupação do solo no Trecho 3 da área de estudo. 44
Mapa 11. Classificação do uso e ocupação do solo no segmento oeste do Trecho 3 da área de estudo. 45
Mapa 12. Classificação do uso e ocupação do solo no segmento leste do Trecho 3 da área de estudo. 46
Mapa 13. Conflitos e vetores de pressão (áreas convertidas) em Áreas de Preservação Permanente no baixo rio Jacuí. 52
Mapa 14. Conflitos e vetores de pressão (áreas convertidas) em Áreas de Preservação Permanente no Trecho 1 do baixo rio Jacuí. 53
Mapa 15. Conflitos e vetores de pressão (áreas convertidas) em Áreas de Preservação Permanente no segmento oeste do Trecho 1 do baixo rio Jacuí. 54
Mapa 16. Conflitos e vetores de pressão (áreas convertidas) em Áreas de Preservação Permanente no segmento leste do Trecho 1 do baixo rio Jacuí. 55
Mapa 17. Conflitos e vetores de pressão (áreas convertidas) em Áreas de Preservação Permanente no Trecho 2 do baixo rio Jacuí. 56
Mapa 18. Conflitos e vetores de pressão (áreas convertidas) em Áreas de Preservação Permanente no segmento oeste do Trecho 2 do baixo rio Jacuí. 57
Mapa 19. Conflitos e vetores de pressão (áreas convertidas) em Áreas de Preservação Permanente no segmento leste do Trecho 2 do baixo rio Jacuí. 58
Mapa 20. Conflitos e vetores de pressão (áreas convertidas) em Áreas de Preservação Permanente no Trecho 3 do baixo rio Jacuí. 59
Mapa 21. Conflitos e vetores de pressão (áreas convertidas) em Áreas de Preservação Permanente no segmento oeste do Trecho 3 do baixo rio Jacuí. 60

Mapa 22. Conflitos e vetores de pressão (áreas convertidas) em Áreas de Preservação Permanente no segmento leste do Trecho 3 do baixo rio Jacuí. 61

Índice de Quadros

Quadro 1. Espécies, famílias e respectivos nomes populares, grupos ecológicos, síndromes de dispersão, distribuição no terreno (classes de drenagem) e de acordo com as zonas ciliares. . 80

Índice de Tabelas

Tabela 1. Classes de cobertura e uso do solo nos três trechos na área de estudo (valores em hectares). 25
Tabela 2. Atributos das espécies arbóreas e arborescentes amostradas por zonas no rio Jacuí. 78
Tabela 3. Espécies recomendadas para recuperação da vegetação no baixo rio Jacuí. 88

Apresentação

O presente estudo técnico, que resulta do esforço conjunto de equipes de trabalho da Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul (FZB/RS) e Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler (FEPAM), apresenta dados e informações originais, análises e recomendações em forma de diretrizes para a recuperação da vegetação ciliar do rio Jacuí.

O estudo é um desdobramento da Ação Civil Pública nº 5026100-41.2013.404.7100/RS, referente ao "Zoneamento Ambiental para a atividade de mineração de areia nos cursos médio e baixo do rio Jacuí." Entre os estudos e etapas previstos, determinou-se a elaboração de um diagnóstico das Áreas de Preservação Permanente (APPs) no baixo Jacuí, bem como a geração de bases técnicas e científicas para ações de recuperação das mesmas, ficando sua concepção e execução com a FZB e a supervisão a cargo da FEPAM.

Em janeiro de 2016 foi publicada a Portaria FZB 2971/2016 instituindo o grupo de trabalho para a elaboração das diretrizes. No mês seguinte foi realizada a primeira reunião técnica entre FZB e FEPAM, onde se discutiram aspectos relativos à estruturação e execução do estudo. Em maio do mesmo ano foi proposto e aprovado o plano de trabalho e tiveram início as atividades de campo para a coleta de dados.

O trabalho seguia o cronograma estabelecido quando em 2017, durante o plano de extinção da FZB promovido pela então administração do Estado, as atividades de campo foram suspensas por quase um ano, atrasando consideravelmente o cronograma de execução. Em março de 2018, como desdobramento do processo de extinção, ocorreu a demissão do coordenador do projeto, Luiz Carlos da Silva. Para dar continuidade ao trabalho, realizou-se em maio nova reunião técnica entre FZB e FEPAM e em junho foi publicada a Portaria FZB 3128/2018 designando uma nova equipe técnica. Após esses contratempos, deu-se prosseguimento ao trabalho e em setembro de 2018 encerraram-se as atividades de campo. Cabe ressaltar que algumas das atividades previstas no plano de trabalho jamais puderam ser executadas, lacunas essas que foram apenas parcialmente contornadas.

Um bom diagnóstico ambiental deve avaliar os aspectos bióticos, edáficos e hídricos para reunir as informações necessárias às definições técnicas que direcionarão o planejamento. Para o êxito das atividades de recuperação, precisa também conter um referencial teórico e legal sobre a região a ser estudada, bem como sobre o(s) tipo(s) de ecossistema(s). A escolha das espécies deve se basear em inventários de remanescentes naturais da região, garantindo que as espécies escolhidas sejam adaptadas às características das áreas a serem recompostas.

O estudo apresenta inicialmente uma introdução sobre a recuperação da vegetação em um contexto global, a respeito de vegetação ciliar e serviços ambientais, bem como sobre a recuperação da vegetação no tocante à adequação ambiental e agrícola. Em seguida, são apresentados os objetivos e o marco legal referente às APPs e Reserva Legal. Após, descrevem-se a área de estudo e os métodos e convenções adotados para o geoprocessamento e as pesquisas e análises da vegetação, apresentando-se então os resultados, incluindo conflitos e vetores de pressão. Por fim, discorre-se sobre procedimentos para a recuperação e conclui-se com um breve comentário sobre a avaliação e monitoramento das áreas a serem recuperadas.

Equipe técnica

Ari Delmo Nilson (botânica e equipe de apoio)
Jardim Botânico de Porto Alegre – Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul – FZB/RS

Clarice Glufke (botânica e equipe de apoio)
Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler – FEPAM/RS

Davi Chemello (equipe de apoio)
Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura – SEMA/RS

Jan Karel Felix Mähler Jr. (conservação e ecologia)
Museu de Ciências Naturais – Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul – FZB/RS

Jorge Cesarino Dupont (equipe de apoio)
Jardim Botânico de Porto Alegre – Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul – FZB/RS

Josy Zarur de Matos (equipe de apoio)
Museu de Ciências Naturais – Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul – FZB/RS

Luiz Carlos da Silva (coordenação geral)
Jardim Botânico de Porto Alegre – Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul – FZB/RS

Lilian Waquil Ferraro (geoprocessamento)
Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler – FEPAM/RS

Marcos Vinicius Cazali (geoprocessamento)
Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler – FEPAM/RS

Mariano Pairet (equipe de apoio)
Museu de Ciências Naturais – Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul – FZB/RS

Martin Molz (coordenação geral, coordenação técnica, botânica e ecologia)
Museu de Ciências Naturais – Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul – FZB/RS

Natividad Ferreira Fagundes (botânica e ecologia)
Jardim Botânico de Porto Alegre – Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul – FZB/RS

Priscila Porto Alegre Ferreira (botânica e ecologia)
Jardim Botânico de Porto Alegre – Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul – FZB/RS

Rejane Valdameri (geoprocessamento)
Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler – FEPAM/RS

Ricardo Aranha Ramos (geoprocessamento)
Museu de Ciências Naturais – Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul – FZB/RS

Introdução

A recuperação ambiental é uma questão cada vez mais amplamente discutida e elencada como estratégia no âmbito da gestão ambiental, com avanços significativos nas últimas décadas através de estudos básicos e aplicados. Nesse contexto, a vegetação ciliar se destaca devido a sua reconhecida importância na integridade dos recursos hídricos e na manutenção dos ecossistemas associados, o que garantiu sua inclusão na legislação brasileira como áreas que devem ser protegidas. Além disso, a conservação desses ambientes, bem como sua recuperação, representa a manutenção de diversos benefícios para a população, diretamente ou indiretamente, os quais englobam também as gerações futuras. Considerando a importância desses ecossistemas e a obrigatoriedade de sua proteção legal, um fator relevante para as propriedades rurais é a adequação agrícola complementar à adequação ambiental, aprimorando o uso e cobertura dos solos e promovendo, assim, benefícios sociais, econômicos e ambientais para a comunidade. A seguir, comentam-se de maneira mais contextualizada e aprofundada os aspectos elementares para a compreensão do tema e dos capítulos seguintes.

A recuperação da vegetação em um contexto global

Ao longo da história, o processo de ocupação caracterizou-se, de modo geral, pela falta de planejamento e consequente destruição dos recursos naturais, principalmente as florestas. Assim, a vegetação nativa foi sendo fragmentada nos diferentes biomas e substituída por culturas agrícolas, pastagens, obras de infraestrutura e urbanização.

As atividades de recuperação da vegetação nativa são muito antigas, havendo exemplos na história de diferentes povos, épocas e regiões. Entretanto, caracterizavam-se por não terem vínculos estreitos com concepções teóricas e, somente nas últimas quatro décadas, a recuperação de áreas degradadas constituiu-se em um campo de conhecimento em nível global, sendo geralmente denominado de restauração ecológica, dispondo até de veículos de divulgação próprios como livros e periódicos (Rodrigues & Gandolfi 2009). A restauração ecológica é essencialmente uma tentativa de superar artificialmente os fatores que consideramos como restritivos ao desenvolvimento do ecossistema (Bradshaw 1990).

No Brasil, importantes subsídios para a recuperação de áreas degradadas têm surgido com base em estudos sobre ecologia florestal nos diferentes ecossistemas impactados, onde diversos temas têm sido explorados, como a composição florística, a estrutura de comunidades, a dinâmica de clareiras, a regeneração natural e os parâmetros estruturais e genéticos das populações (Pereira *et al.* 2015).

O acréscimo expressivo de conhecimento acerca dos processos envolvidos na dinâmica de formações naturais – conservadas ou em diferentes graus de degradação – tem conduzido a uma significativa mudança na orientação dos programas de recuperação, que deixam de ser uma mera aplicação de práticas agronômicas ou silviculturais de plantios de espécies perenes para assumir a difícil tarefa de reconstrução de processos ecológicos e, portanto, das complexas interações em comunidades, respeitando suas características intrínsecas, de forma a garantir sua perpetuação e evolução no espaço e no tempo. Neste sentido, a escolha adequada das espécies a serem utilizadas na recuperação de certa área representa uma das principais garantias para o sucesso do processo de recuperação (Rodrigues & Gandolfi 2009).

Vale ressaltar que muitos projetos de reflorestamento com espécies nativas fracassaram devido ao pouco conhecimento dos técnicos e empreendedores sobre a biologia das espécies utilizadas ou seu comportamento em reflorestamentos artificiais, e à falta de critérios técnicos, fundamentados em investigações científicas, no conhecimento da dinâmica de florestas naturais ou, ainda, na tecnologia de colheita das sementes ou de produção das mudas (Barbosa 2009). O empenho de diferentes atores, sobretudo dos proprietários de áreas a serem recuperadas, é da mesma forma chave para um processo exitoso (Botelho *et al.* 2015).

Muitas questões importantes ainda persistem com relação à utopia de "refazer" uma floresta com toda a complexidade de sua biodiversidade. Nesse sentido, o papel da pesquisa é fundamental para descobrir quais componentes e processos são essenciais no trabalho de recuperação (Kageyama & Gandara 2009).

Para que os projetos de recuperação ambiental contribuam efetivamente para a redução dos efeitos indesejados da fragmentação de habitat na biodiversidade remanescente, eles devem ser conduzidos em larga escala, abrangendo de centenas a milhares de hectares, de forma a interligar estrategicamente os vários fragmentos naturais isolados pela atividade antrópica na paisagem regional. De forma semelhante, só haverá volumes relevantes de carbono retidos na biomassa florestal e mananciais hídricos devidamente protegidos se extensas áreas degradadas, ocupadas hoje com atividade agropecuária, forem reconvertidas em ecossistemas naturais (Brancalion *et al.* 2015).

Com o crescimento dessa área da ciência, diversos termos surgiram para definir esse tipo de atividade, como recuperação, restauração *stricto sensu*, restauração *lato sensu*, reabilitação e redefinição, os quais correspondem a diferentes objetivos que poderiam ser atingidos em uma dada recuperação, dependendo das condições de degradação em que se encontra a área e do grau de intervenção necessário para a obtenção dos resultados esperados. Neste trabalho, optou-se pela utilização do termo "recuperação" como uma denominação genérica que abarca os demais termos mencionados e que representa o conjunto de estratégias e ações objetivando o melhoramento ambiental de uma área degradada. A visão científica e as leis em sua essência concebem a recuperação ambiental como a reaproximação, o quanto possível, das condições originais de flora, fauna, solo, clima e recursos hídricos que existiam originalmente em determinado local (Reis *et al.* 2015).

É importante enfatizar que o processo de recuperação de áreas degradadas é uma consequência do uso incorreto da paisagem e, fundamentalmente, dos solos, sendo apenas uma tentativa limitada de remediação de um dano que, na maioria das vezes, poderia ter sido evitado (Rodrigues & Gandolfi 2009).

Vegetação ciliar e recuperação ambiental

A vegetação ciliar é composta, majoritariamente, por formações florestais. Floresta ou mata ciliar, conforme a legislação brasileira, é uma designação genérica de qualquer formação florestal ocorrente na margem de cursos d'água (Rodrigues 2009), embora exista uma terminologia própria para definir as formações florestais na margem de cursos d'água, conforme suas características; para efeitos práticos, os trabalhos de recuperação ambiental têm utilizado uma definição genérica, adotando o termo mata ciliar. Além das florestas, outras formações também podem compor a vegetação ciliar, como campos e áreas úmidas.

As pesquisas realizadas em formações ciliares têm demonstrado a existência de mosaicos vegetacionais nessas áreas, resultantes não somente do desempenho diferencial das espécies na dinâmica sucessional, mas principalmente da heterogeneidade ambiental característica das faixas ciliares, composta pelas variações edáficas, topográficas, de encharcamento do solo, das formações vegetais do entorno, das características hidrológicas da bacia e do curso d'água, etc. A variabilidade desse conjunto de fatores produz condições ecológicas distintas entre áreas (Rodrigues & Shepherd 2009).

A importância ambiental das formações ciliares na manutenção da integridade dos recursos hídricos, representada por sua ação direta em processos que garantem a estabilidade da microbacia, a manutenção da água e dos ecossistemas associados, foi legalmente reconhecida pelo Código Florestal Brasileiro desde 1965, e tem sido foco de diversos estudos nas últimas décadas (Lima & Zakia 1998).

São consideradas as principais causas de degradação das matas ciliares o desmatamento para a extensão da área de cultivo nas propriedades rurais, para extensão de áreas urbanas e para obtenção de madeira; incêndios naturais ou por efeitos antrópicos; extração de areia dos rios; empreendimentos turísticos mal planejados; dentre outros (Martins 2007). Nas áreas mais populosas no Brasil, as florestas ciliares foram reduzidas drasticamente e, quando presentes, encontram-se usualmente bastante perturbadas (Barbosa 2009).

A partir da década de 90, devido à conscientização da sociedade, bem como à exigência legal através da Lei nº 12.651/2012 (Brasil 2012), foi observado um grande aumento das iniciativas de recuperação de áreas degradadas, sobretudo em áreas ciliares. Extensos programas de pesquisa já obtiveram resultados expressivos, com a redução de custos e de tempo na recuperação da vegetação (Kageyama & Gandara 2009).

Serviços ambientais e recuperação da vegetação

Os serviços ambientais ou ecossistêmicos constituem os benefícios que a população obtém dos ecossistemas. Tais serviços têm sido classificados em quatro grupos principais de acordo com a sua função: serviços de regulação, de provisão, de suporte e culturais. Os serviços reguladores são os que influenciam na regulação do clima, de inundações, de doenças, de resíduos e na qualidade das águas. Os de provisão são os mais facilmente reconhecíveis pela população, pois fornecem produtos como alimentos, água, madeira, fibras e combustível. Aqueles que asseguram a disponibilização de outros serviços são considerados de suporte, como é o caso da formação de solos, da fotossíntese, da polinização (essencial à produção de frutos e sementes) e da ciclagem de nutrientes. Por fim, os serviços culturais trazem benefícios relacionados à recreação, educação, estética e espiritualidade (Millennium Ecosystem Assessment 2005).

A promoção do entendimento de serviços ambientais como meio de valorar os ecossistemas e avaliar os benefícios advindos dos recursos naturais é uma tendência importante. É particularmente considerável no caso da conservação da biodiversidade, onde os valores são frequentemente difíceis de serem descritos em termos econômicos. O conceito de serviços ambientais pode sustentar decisões eficazes sobre recursos naturais, incluindo compensações (Wallace 2007).

A Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB), durante a COP 7 (Decisão VII/30), definiu a perda de biodiversidade como "a redução qualitativa ou quantitativa em longo prazo ou permanente dos componentes da biodiversidade e seu potencial para prover produtos e serviços, em níveis regional, nacional e global." Portanto, considera-se que a biodiversidade pode ser perdida não somente quando há perda de diversidade biológica (extinção de espécies), mas também quando o potencial dos componentes da diversidade em prover um serviço em particular é reduzido. Tal definição demonstra o consenso atual sobre a relevância dos serviços ambientais.

Os benefícios ambientais proporcionados pela recuperação da vegetação são bem estabelecidos pela ciência, mas somente puderam ser entendidos após anos de pesquisas em áreas que sofreram com os desmatamentos e a devastação das florestas (NBL & TNC 2013). Por outro lado, a degradação ambiental traz inúmeras perdas diretas ou indiretas para a humanidade, facilmente perceptíveis. A biodiversidade presente nos ecossistemas afetados pela degradação pode incluir espécies raras, endêmicas, ameaçadas ou mesmo aquelas desconhecidas pela ciência. Muitas dessas, após descobertas, poderiam ser utilizadas economicamente e trazer benefícios para a sociedade, a exemplo de remédios, cosméticos e alimentos.

No caso de atividades de mineração relacionadas à extração de areia em margens de rios, o solo destituído de cobertura vegetal, e sob a influência de fatores abióticos, como precipitação, ventos e a própria dinâmica do rio, tem como consequência o deslizamento de partículas para dentro do curso d'água, originando processos erosivos e de assoreamento de rios. Esse cenário pode ocasionar a redução da fertilidade dos solos, a perda da qualidade das águas, a ocorrência de enchentes, a desvalorização das terras e a morte de organismos aquáticos (NBL & TNC 2013) e de pessoas.

Desse modo, tendo em vista os aspectos citados, a presença de vegetação ciliar – conservada ou recuperada – gera serviços ambientais benéficos à população e ao meio ambiente, como a filtragem das águas da chuva, o amortecimento de enchentes, a prevenção da erosão e do assoreamento, a manutenção da pesca e da navegação e a conservação da biodiversidade, entre outros (Rodrigues & Gandolfi 1998).

Recuperação da vegetação e a adequação ambiental e agrícola

Apesar das exigências de conservação da vegetação nativa previstas na legislação ambiental brasileira, em vigor desde 1965 e com alterações em 2012, a supressão da vegetação permaneceu intensa durante décadas. Fatores como o crescimento das áreas urbanas, a expansão agropecuária e a exploração madeireira potencializaram o desmatamento em áreas protegidas por lei – APPs e de Reserva Legal (RL). Desse fato, decorreram as necessidades atuais de recomposição e conservação da vegetação nativa, de forma a cumprir as condições estipuladas na versão atualizada da Lei de Proteção da Vegetação Nativa (Brasil 2012, TNC 2016).

A abordagem de adequação das propriedades rurais inclui dois componentes importantes – a legislação ambiental, já mencionada, e a adequação agrícola das atividades de produção. Um diagnóstico permite identificar na propriedade os trechos com restrição de produção agrícola (áreas marginais), os trechos com impedimento de uso devido à legislação ambiental e, ao

mesmo tempo, as áreas agrícolas com maior aptidão produtiva e, portanto, com maior possibilidade de aumento da produtividade e renda ao proprietário rural. A grande maioria das propriedades possui áreas de baixa aptidão agrícola, como áreas declivosas, com afloramentos rochosos, solos de baixa fertilidade, entre outros, que permanecem em uso numa tentativa de ampliação dos rendimentos da propriedade rural, mas que se mostram rasos pela baixa produtividade nas áreas de maior aptidão agrícola devido à falta de tecnificação da atividade. A existência de irregularidades ambientais e de áreas marginais da produção agrícola é bastante comum nas propriedades rurais brasileiras e se deve à ausência histórica e atual de uma política agrícola adequada no Brasil, com consequentes limitações de assistência técnica, de financiamento, de crédito, de distribuição de terras e de investimento em infraestrutura que permitam que essas propriedades sejam aproveitadas com sustentabilidade. Através de uma orientação adequada aos proprietários rurais para a melhoria da atividade produtiva, o resultado seria uma produtividade mais elevada nas áreas de maior aptidão agrícola, enquanto às áreas de menor aptidão seriam reservadas ações de conservação e recuperação dos ecossistemas nativos (Brancalion *et al.* 2015).

Por conseguinte, os benefícios gerados pela recuperação da vegetação são amplos para a sociedade e vão além dos serviços ambientais, principalmente nas áreas protegidas por lei. A recuperação da vegetação exerce um papel-chave na adequação ambiental de propriedades rurais, proporcionando benefícios sociais e econômicos, visto que devolve às áreas restauradas as condições mínimas que asseguram o cumprimento da legislação ambiental brasileira, a continuidade de atividades econômicas e os serviços ambientais responsáveis pela sustentabilidade. Integradamente, a adequação ambiental e agrícola viabilizam um cenário de maior sustentabilidade econômica e ambiental das propriedades rurais e promovem amplos benefícios para a coletividade.

Objetivos

Em decorrência do imperativo de elaborar um diagnóstico das APPs no baixo Jacuí e também pelo valor implícito e explícito da vegetação ciliar, dos serviços ambientais aprovisionados e da necessidade de recuperação de áreas ciliares degradadas, os propósitos do estudo foram: (1) a descrição da área a partir de estudos botânicos (composição e estrutura), ecológicos (fatores bióticos e abióticos) e de geoprocessamento (mapeamento e análises espaciais); (2) a elaboração de mapas (escala 1:25.000) de uso e cobertura ao longo da extensão do diagnóstico, zoneamento das APPs em oposição a conflitos e vetores de pressão; e (3) recomendações técnicas para as ações de recuperação das APPs conforme sua classificação no zoneamento, propondo-se métodos de recuperação, práticas silviculturais e listas de espécies adequadas às diferentes situações encontradas.

Marco legal

Toda propriedade rural deve compreender em seus limites, além da área destinada à produção agropecuária, uma porção para a conservação do “ambiente natural”, a partir do estabelecimento de mecanismos como: Áreas de Preservação Permanente, Reservas Legais ou Reservas Particulares do Patrimônio Natural. A função básica dessas áreas é contribuir com a manutenção da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos (Minas Gerais 2010). O regramento para o estabelecimento desses mecanismos de preservação está descrito na

legislação ambiental brasileira, porém, para que cumpra com seus objetivos, é necessário que haja um comprometimento dos setores governamentais, comunitários e privados quanto ao uso dos espaços territoriais (Borges *et al*. 2015).

Áreas de Preservação Permanente: localização e tamanho

Segundo o Código Florestal brasileiro (Lei 12.651/2012), a Área de Preservação Permanente (APP) é definida como uma "área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas."

Resta evidente que as APPs não apenas têm a função de preservar a vegetação ou a biodiversidade, mas também uma função ambiental muito mais abrangente, voltada, em última instância, a proteger espaços de relevante importância para a conservação da qualidade ambiental e social.

O Código Florestal prevê faixas e parâmetros diferenciados para as distintas tipologias de APPs, de acordo com a característica de cada área a ser protegida. No caso das faixas mínimas a serem mantidas e preservadas nas margens dos cursos d'água (rio, nascente, vereda, lago ou lagoa), a norma considera não apenas a conservação da vegetação, mas também a característica e a largura do curso d'água, independente da região de localização, em área rural ou urbana.

Para as nascentes (perenes ou intermitentes) a lei estabelece um raio mínimo de 50 m no seu entorno. As nascentes, ainda que intermitentes, são essenciais para a garantia do sistema hídrico, e a manutenção de sua integridade depende da proteção conferida pela cobertura vegetal nativa adjacente.

Da mesma forma há faixas diferenciadas para os rios de acordo com a sua largura, conforme estabelecido no Art. 2º do Código Florestal:

Consideram-se de preservação permanente, pelo só efeito desta Lei, as florestas e demais formas de vegetação natural situadas:

a) ao longo dos rios ou de qualquer curso d'água desde o seu nível mais alto em faixa marginal cuja largura mínima será: (Redação dada pela Lei nº 7.803 de 18.7.1989)

1 - de 30 (trinta) metros para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura; (Redação dada pela Lei nº 7.803 de 18.7.1989).

2 - de 50 (cinquenta) metros para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura; (Redação dada pela Lei nº 7.803 de 18.7.1989).

3 - de 100 (cem) metros para os cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura; (Redação dada pela Lei nº 7.803 de 18.7.1989).

4 - de 200 (duzentos) metros para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura; (Redação dada pela Lei nº 7.803 de 18.7.1989).

5 - de 500 (quinhentos) metros para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros; (Incluído pela Lei nº 7.803 de 18.7.1989).

Nas áreas no entorno de lagos e lagoas naturais, as áreas de preservação permanente devem ser de no mínimo:

a) de 100 (cem) metros, em zonas rurais, exceto para o corpo d'água com até 20 (vinte) hectares de superfície, cuja faixa marginal será de 50 (cinquenta) metros.

b) de 30 (trinta) metros, em zonas urbanas.

O Código Florestal (art. 10) também determina que nas áreas com inclinação entre 25 e 45 graus é vedada a derrubada de florestas, permitida apenas a exploração seletiva em regime de manejo sustentável. Em outras palavras, mesmo não considerando essas áreas como de preservação permanente, o Código evita que nelas se desenvolvam quaisquer atividades ou ocupações, inclusive de moradias, que possam colocar em risco a estabilidade do solo e o bem-estar das populações humanas.

Somente órgãos ambientais podem abrir exceção à restrição e autorizar o uso e até o desmatamento de APP rural ou urbana, mas devem comprovar as hipóteses de utilidade pública, interesse social do empreendimento ou baixo impacto ambiental (art. 8º da Lei 12.651/12).

Reserva legal: localização e tamanho

Conforme o Código Florestal brasileiro (Lei 12.651/2012), a Reserva Legal (RL) é uma área localizada no interior de uma propriedade ou posse rural com a função de assegurar o uso econômico de modo sustentável dos recursos naturais do imóvel rural, auxiliar a conservação e a reabilitação dos processos ecológicos e promover a conservação da biodiversidade, bem como o abrigo e a proteção de fauna silvestre e da flora nativa. O manejo sustentável da RL depende de autorização do órgão competente e não poderá descaracterizar a cobertura vegetal. A RL deve ser instituída pelo proprietário da gleba e ser inserida no Cadastro Ambiental Rural (CAR), comprometendo-se o mesmo pela regularização das respectivas áreas (Borges *et al*. 2015).

Todo imóvel rural deve manter área com cobertura de vegetação nativa, a título de RL, sem prejuízo da aplicação das normas sobre as APPs. A RL é a área do imóvel rural que, coberta por vegetação natural, pode ser explorada com o manejo florestal sustentável, nos limites estabelecidos em lei para o bioma em que está a propriedade. No Rio Grande do Sul, a RL corresponde a 20% da área do imóvel. Em caso de fracionamento do imóvel rural, será considerada a área do imóvel antes do parcelamento.

Quando a propriedade não possuir extensão territorial nativa estabelecida em atendimento aos critérios que definem o tamanho da RL, o proprietário pode adotar as seguintes alternativas: 1) condução da regeneração natural; 2) recomposição da vegetação a partir do plantio de espécies nativas e em conformidade aos critérios estabelecidos pelo órgão competente; e 3) compensação da RL da propriedade por outra equivalente no mesmo bioma. No caso de pequenas propriedades rurais ou posse rural familiar, com área não superior a quatro módulos fiscais, para o cumprimento da manutenção ou compensação da área de RL,

podem ser computados plantios de árvores frutíferas, ornamentais ou comerciais, ou ainda, espécies exóticas cultivadas intercaladas ou em consórcio com espécies nativas.

O poder público estadual poderá reduzir a RL dependendo da extensão do Município ocupada por unidades de conservação de domínio público e por terras indígenas homologadas ou quando o Estado tiver Zoneamento Ecológico-Econômico aprovado.

A localização da área de RL no imóvel rural deverá levar em consideração os seguintes estudos e critérios:

I – o plano de bacia hidrográfica.

II – o Zoneamento Ecológico-Econômico.

III – a formação de corredores ecológicos com outra Reserva legal, com Área de Preservação Permanente, com Unidade de Conservação ou com outra área legalmente protegida.

IV – as áreas de maior importância para a conservação da biodiversidade.

V – as áreas de maior fragilidade ambiental.

Material e métodos

Área de estudo

O Rio Grande do Sul possui três grandes regiões hidrográficas: Uruguai, Guaíba e Litoral. A região do Guaíba agrupa nove bacias hidrográficas, das quais a maior é a do rio Jacuí, com 30.331 km^2. Devido a diferenças marcantes no relevo, a bacia é comumente dividida em duas, Alto Jacuí (12.985 km^2) e Baixo Jacuí (17.345 km^2), ou também em Alto, Médio e Baixo Jacuí. Aqui foi considerada uma divisão em duas regiões, Alto e Baixo Jacuí

Localizada em sua maior parte na região fisiográfica da Depressão Central (*sensu* Pacheco 1956), a área de estudo abrangeu os municípios de Cachoeira do Sul, Charqueadas, General Câmara, São Jerônimo, Minas do Leão, Pantano Grande, Restinga Seca, Rio Pardo e Triunfo. O objeto de estudo foram as margens do rio Jacuí entre o seu delta e a foz do rio Vacacaí.

Geoprocessamento

Delimitação da área de estudo

A extensão do rio entre o delta do Jacuí e a foz do Vacacaí totaliza 241,15 km de comprimento. Visto que foram objeto de estudo as APPs na extensão referida, e visto que a largura do Jacuí entre a foz do Vacacaí (mais estreita) e o delta (mais larga) é variável, decidiu-se pela adoção de uma faixa uniforme de 500 m ao longo de todo o comprimento da área de estudo, o que equivale à APP para rios com largura superior a 600 m, conforme a Lei 12.651/2012, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa (Brasil 2012).

Segmentação da área de estudo

Dado o comprimento da área, a mesma foi dividida em três trechos, de jusante a montante: **Trecho 1** – entre a foz do Delta do Jacuí e a Eclusa de Amarópolis; **Trecho 2** – entre a Eclusa de

Amarópolis e a Eclusa Anel de Dom Marco; e **Trecho 3** – entre a Eclusa Anel de Dom Marco e a foz do rio Vacacaí (Mapa 1).

Etapas do geoprocessamento

Durante as etapas do geoprocessamento foram realizadas atividades de campo e também utilizadas imagens de satélite, fotografias aéreas, bases cartográficas digitais e fotos terrestres. As etapas de trabalho seguiram a seguinte ordem: (1) localização e definição da área de estudo, (2) aquisição e tratamento de imagens RapidEye, (3) identificação de tipologias e predefinição de classes, (4) análise e classificação de imagens, (5) mapa de pré-classificação, (6) atividades de campo para reambulação, (7) uso de imagens World View 2 para reambulação, (8) classificação final de feições, (9) análises espaciais, e (10) elaboração dos mapas. Todas as análises espaciais e o mapeamento foram realizados utilizando o software ARCGIS 10.3 e o aplicativo Google Earth™.

A delimitação da área de estudo e dos trechos adotados foi realizada através de imagens de satélite disponíveis no Google Earth. Concluído o mapa inicial da área, foram realizadas as expedições de reconhecimento e, em seguida, as investigações dos níveis de degradação das diferentes áreas e tipologias, com enfoque na vegetação nativa.

Para a elaboração dos mapas de uso e cobertura do solo foram digitalizadas em tela imagens orbitais do satélite RapidEye (2011-2014), com resolução espacial de 5 m utilizando o sistema de referência Sirgas 2000. Os resultados do geoprocessamento são apresentados no subtítulo "Uso e ocupação do solo."

As classes de agricultura, área edificada, campos/pastagens, silvicultura e mineração foram consideradas conflitantes quando presentes nas APPs e constituem vetores de pressão sobre a vegetação nativa e as formações naturais. A área total dos trechos que necessitam de ações de recuperação resultou da soma da área das classes consideradas conflitantes, enquanto que a área total dos remanescentes naturais procedeu da soma da área das demais classes.

Vegetação

O processo de recuperação da vegetação ciliar se concentra habitualmente em espécies arbóreas e arborescentes e formações florestais, que constituíram o foco principal na coleta de dados ao longo do trabalho de campo para caracterização dos ambientes estudados e da vegetação, e para a seleção das espécies sugeridas nas medidas de recuperação. Informações adicionais sobre outros grupos de plantas vasculares não foram objeto deste estudo, com exceção de algumas poucas espécies características de ambientes não florestais.

A coleta de dados ocorreu ao longo de 12 saídas que abrangeram os três trechos do percurso estudado. As atividades de campo se estenderam de maio de 2016 a setembro de 2018, incluindo o período em que foram suspensas, conforme relato na apresentação.

Foram realizados registros e coletas em 325 pontos ao longo do Jacuí (Mapa 2). O levantamento da vegetação ocorreu principalmente no percurso definido, mas as amostragens se concentraram no município de Rio Pardo, onde segmentos mais conservados de diferentes tipologias foram utilizados como áreas de referência para recuperação da vegetação em áreas

mais degradadas ao longo do Jacuí. A coleta de dados se deu por meio de observações, coleta de material fértil de espécies de plantas vasculares e registros fotográficos.

Formações

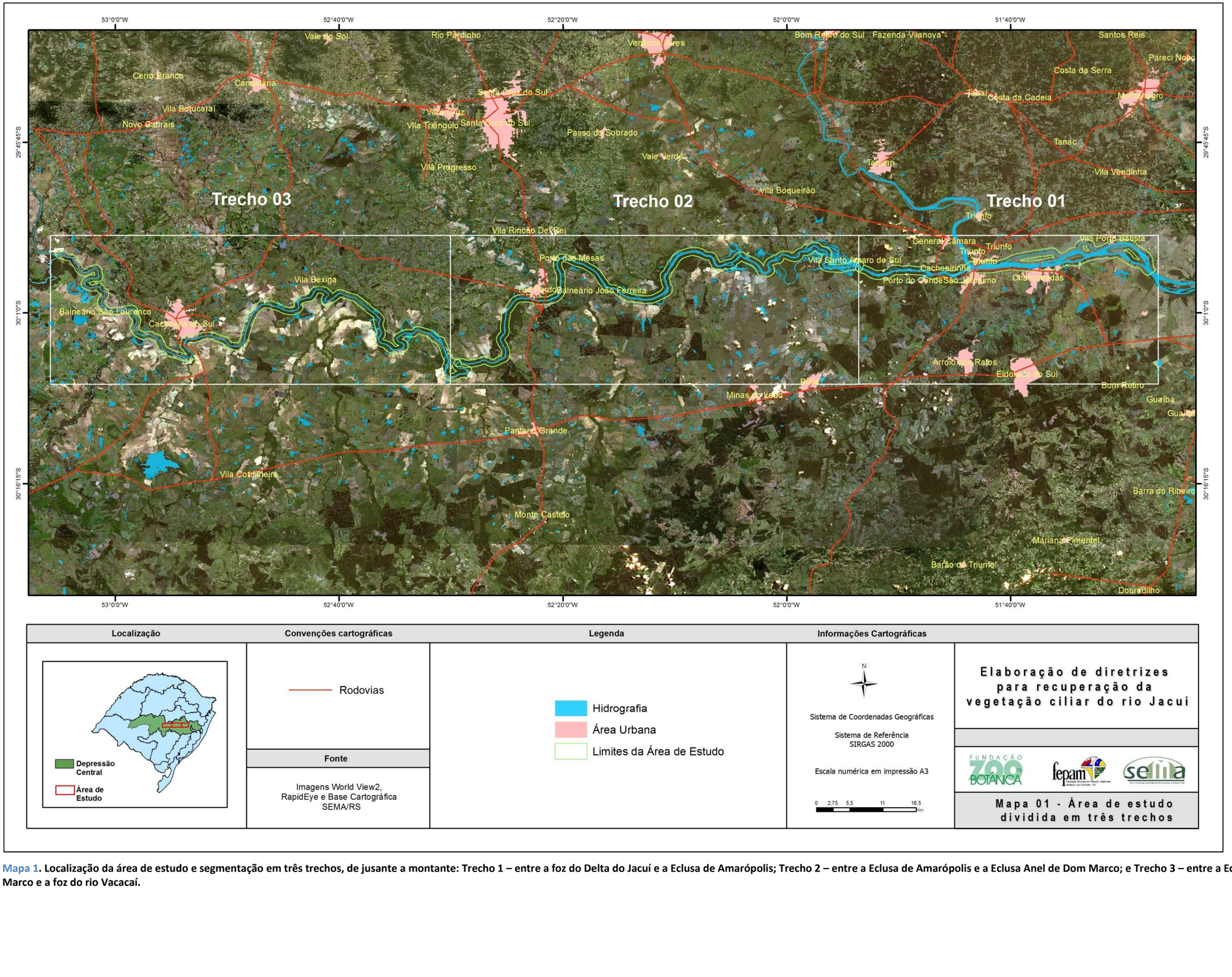
As formações foram descritas a partir da cobertura do terreno, vegetação, solos e topografia. Na caracterização receberam destaque as principais espécies (composição) e também as zonas suscetíveis ou não aos pulsos de inundação do rio. Cada área selecionada para amostragem foi pré-mapeada por meio de imagens do Google Earth, e trajetos contendo pontos com diferentes formações foram pré-estabelecidos. Cada trajeto foi percorrido em campo, sendo os pontos amostrados, descritos e fotografados. Pontos adicionais foram marcados, sobretudo de espécies importantes para a recuperação de áreas degradadas. A Figura 1 apresenta um exemplo de área onde foram coletados dados no município de Rio Pardo. Apesar de nem todos os pontos se encontrarem dentro da faixa de 500 m, os mesmos foram relevantes para a descrição das formações em geral e também de sua composição.

Faz-se aqui uma breve caracterização das variações topográficas encontradas na área de estudo. Dois perfis esquemáticos ilustram, a partir das margens do rio, as principais zonas ou faixas de acordo com as características topográficas mais marcantes do terreno (Figura 2) e as tipologias vegetacionais e aspectos fisiográficos distintivos no intervalo analisado (Figura 3). Os perfis são ilustrativos e de modo algum representam a heterogeneidade ambiental na região.

Entre a margem do leito menor do rio e a várzea, a primeira zona é o dique marginal. Formado pela deposição de sedimentos, o dique marginal se justapõe ao curso d'água de modo contínuo ou não, de modo que em regra seu comprimento é muito maior do que a largura, a qual varia desde poucos metros até dezenas de metros, e comumente se encontra em posição um pouco mais elevada do que a várzea. Quando o fluxo não ultrapassa as margens e o rio não deposita sedimentos grosseiros, o dique não é edificado. No Jacuí o dique marginal é recoberto por floresta estacional e apresenta riqueza de espécies e porte variáveis, geralmente inferiores à riqueza e ao porte da floresta ciliar sobre o terraço ou encosta. Por vezes pode ser precedido por um trecho de praia.

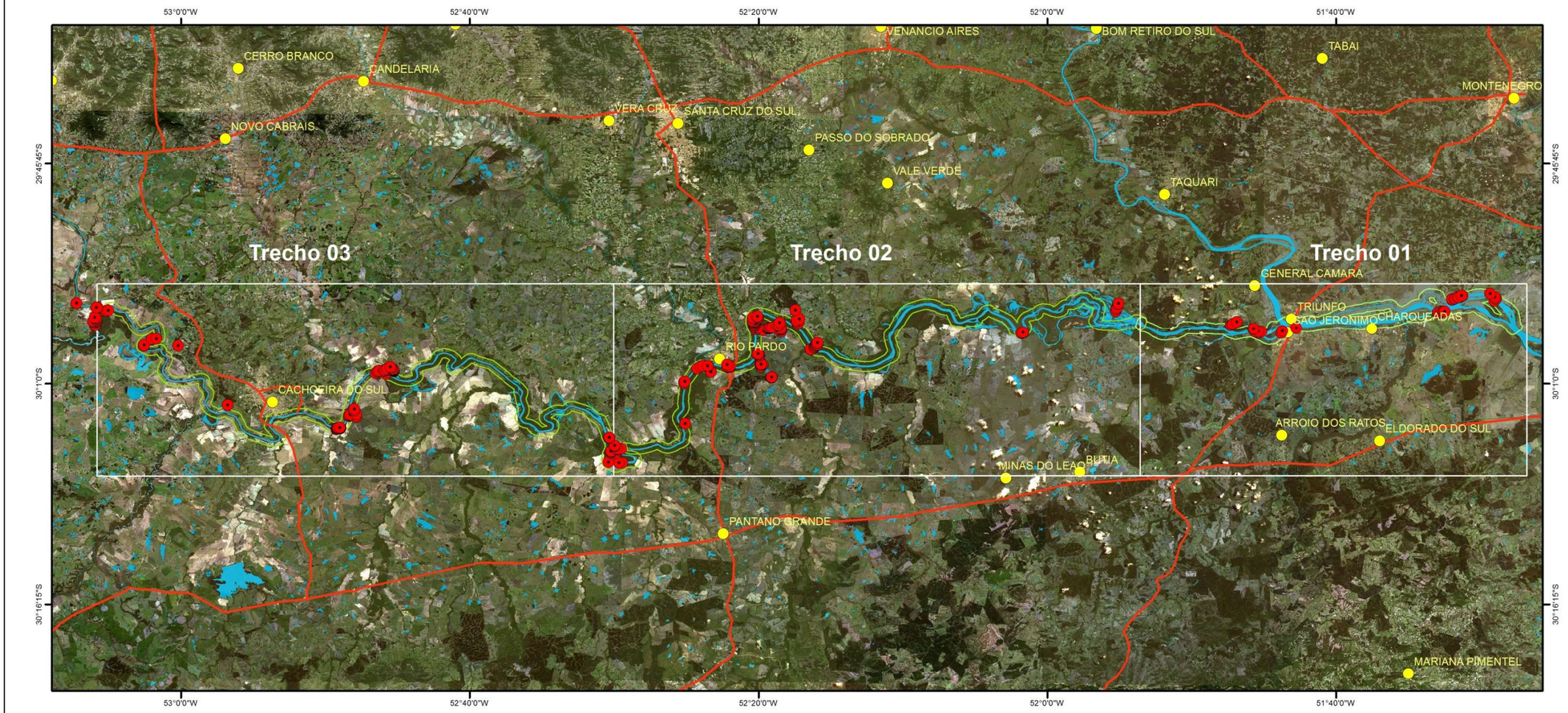
A várzea é a zona que se sucede e que corresponde à planície de inundação do rio, ocupando a parte mais baixa do terreno. O intervalo entre os limites externos da várzea em ambos os lados do rio constitui o leito maior (vide Figura 3). A várzea é relativamente plana, alagada ou mal drenada, mas pode também apresentar trechos bem drenados. Comumente abriga mosaicos complexos que incluem diferentes tipologias vegetais – florestas de várzea, sarandizais, banhados, maricazais e áreas úmidas – além de lagoas, meandros abandonados do rio e valas de drenagem.

A várzea dá lugar à encosta ou terraço, onde o terreno é bem drenado e não sujeito (ou pouco) aos pulsos de inundação do rio. Ali ocorre a floresta ciliar, no rio Jacuí composta por uma maioria de espécies estacionais (floresta estacional) e usualmente com diversidade e porte elevados, ao menos nas florestas em estágio sucessional avançado (*sensu* Clark 1996).

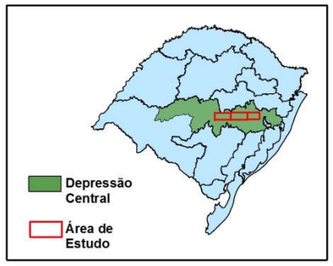


Localização	Convenções cartográficas	Legenda	Informações Cartográficas	
	Rodovias **Fonte** Imagens World View2, RapidEye e Base Cartográfica SEMA/RS	Hidrografia Área Urbana Limites da Área de Estudo	N Sistema de Coordenadas Geográficas Sistema de Referência SIRGAS 2000 Escala numérica em impressão A3 0 2,75 5,5 11 16,5 Km	**Elaboração de diretrizes para recuperação da vegetação ciliar do rio Jacuí** **Mapa 01 - Área de estudo dividida em três trechos**

Mapa 1. Localização da área de estudo e segmentação em três trechos, de jusante a montante: Trecho 1 – entre a foz do Delta do Jacuí e a Eclusa de Amarópolis; Trecho 2 – entre a Eclusa de Amarópolis e a Eclusa Anel de Dom Marco; e Trecho 3 – entre a Eclusa Anel de Dom Marco e a foz do rio Vacacaí.



Localização



Convenções cartográficas

- Sedes Municipais
- Rodovias

Fonte

Imagens World View2 e RapidEye e Base Cartográfica SEMA/RS

Legenda

- Pontos de Amostragem
- Limites da Área de Estudo
- Hidrografia

Informações Cartográficas

N

Sistema de Coordenadas Geográficas

Sistema de Referência SIRGAS 2000

Escala numérica em impressão A3

0 2,5 5 10 15 Km

Elaboração de diretrizes para recuperação da vegetação ciliar do rio Jacuí

Mapa 02 - Pontos de amostragem

Mapa 2. Localização dos pontos de amostragem na área de estudo ao longo dos três trechos: Trecho 1 – entre a foz do Delta do Jacuí e a Eclusa de Amarópolis; Trecho 2 – entre a Eclusa de Amarópolis e a Eclusa Anel de Dom Marco; e Trecho 3 – entre a Eclusa Anel de Dom Marco e a foz do rio Vacacaí.

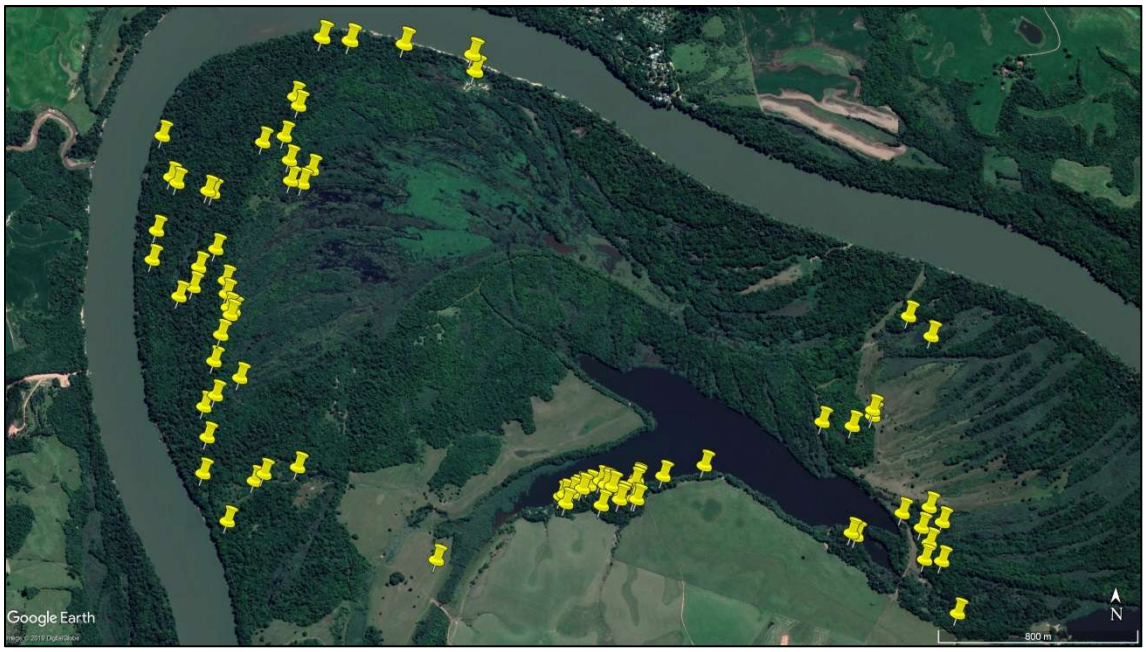


Figura 1. **Pontos amostrais em um complexo de formações vegetacionais em Rio Pardo (≈1.000 ha).**

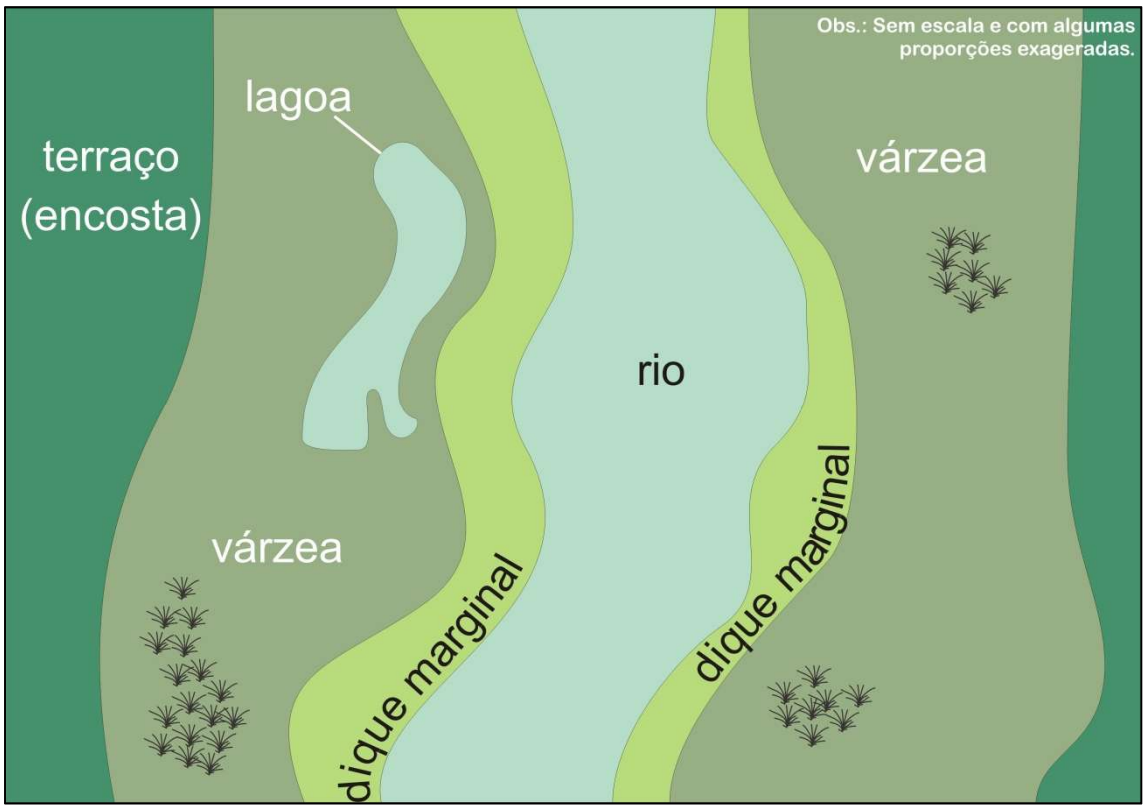


Figura 2. **Perfil esquemático das zonas topográficas a partir da margem do rio. Fonte: © Martin Molz**

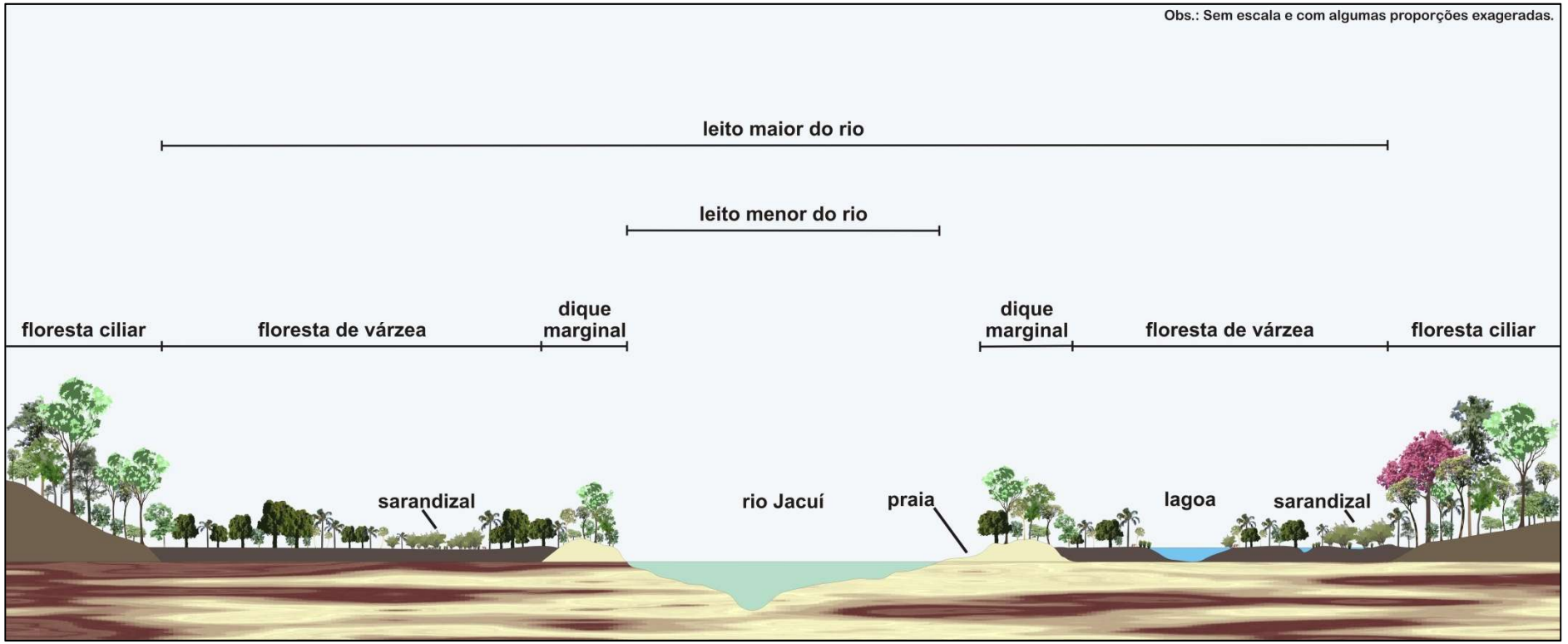


Figura 3. **Perfil esquemático das tipologias vegetacionais e aspectos fisiográficos mais característicos a partir da margem do rio Jacuí. Fonte: © Martin Molz**

Composição e aspectos estruturais

Nos projetos de recuperação é importante coletar informações ecológicas a respeito das principais espécies ocorrentes na área que se pretende implantar. É importante ter informações acerca do recrutamento, manutenção e reprodução de espécies fundamentais e até mesmo ensaios e testes de espécies e de estabelecimento e crescimento (SER 2005). Características sobre exigências ecológicas, polinizadores e dispersão de diásporos são igualmente importantes, mas nem sempre fáceis de obter.

Para cada espécime foram coletados dados sobre família botânica, gênero, espécie, hábito, frequência, origem, município e localidade, tipologia (formação), perfil do terreno ou zonas (dique, encosta e várzea), drenagem, estágio sucessional (floresta secundária, floresta avançada, formação pioneira e vegetação antropizada), coordenadas geográficas (latitude e longitude) e data de coleta. Todas essas informações foram reunidas num banco de dados.

O hábito levou em conta o porte das espécies na região estudada. Aquelas com altura potencial até 10 m foram consideradas arvoretas e acima disto árvores. As estimativas de frequência foram visuais e variaram de 0 a 3, de ausente a muito frequente. Quanto à origem, as espécies foram consideradas nativas, quando de ocorrência natural na região de estudo (sem terem sido introduzidas), ou exóticas, quando introduzidas a partir de outros países ou regiões de ocorrência que não a região de estudo. Foram consideradas dominantes as espécies arbóreas que compunham mais de 60% dos indivíduos do estrato superior da floresta ou do total de indivíduos de uma formação, recebendo a mesma o nome da espécie dominante.

Com vistas à recuperação da vegetação, as espécies foram classificadas quanto a grupos ecológicos (pioneira, secundária inicial e secundária tardia), síndromes de dispersão (anemocórica, autocórica e zoocórica) e exigência ou tolerância à umidade/drenagem do terreno (espécies de áreas alagadas, mal drenadas, bem drenadas ou indiferentes). As observações se restringiram ao observado na região de estudo, sobretudo quanto ao terreno. Com base em sua frequência e abundância, além de algumas eventuais características adicionais, algumas arbóreas amostradas foram consideradas espécies-chave para ações de recuperação da vegetação ciliar.

Materiais coletados foram herborizados e tombados no Herbário Alarich Rudolf Holger Schultz (HAS/FZB) ou, quando vivos, tombados na coleção do Jardim Botânico de Porto Alegre. A delimitação das famílias seguiu APG IV (2016) e os nomes das espécies seguiram a Flora do Brasil 2020 (http://floradobrasil.jbrj.gov.br); as exceções foram *Calliandra tweediei* Benth., que seguiu a Recomendação 60C do Código Internacional de Nomenclatura Botânica (Código de Shenzhen), e *Myrcia cruciflora* A.R. Lourenço & E. Lucas (ver Lourenço *et al.* 2018). Os demais nomes dos autores das espécies foram propositadamente omitidos.

Mudanças recentes (ou nem tanto) nos nomes de algumas espécies mais conhecidas pelo público não especializado poderão causar surpresa, mas é possível encontrar a maioria das sinonímias ou nomes inválidos associados ao binômio correto consultando a Flora do Brasil 2020. Um exemplo são os branquilhos (*Gymnanthes klotzschiana* e *Gymnanthes serrata*) e o sarandi (*Gymnanthes schottiana*), antes no gênero *Sebastiania,* que no Rio Grande do Sul reunia cinco espécies. Por questões taxonômicas, quatro dessas espécies de *Sebastiania* foram transferidas para *Gymnanthes,* restando no Estado apenas *Sebatiania brasiliensis*.

Resultados

Uso e ocupação do solo

Foram classificados 26.332,3 ha distribuídos em 10 classes de uso e cobertura (Tabela 1). Os mapas apresentam a classificação geral (Mapa 3), por trechos (Mapas 4, 7 e 10) e o detalhamento de cada trecho (Mapas 5-6, 8-9 e 11-12). As classes são descritas abaixo.

Tabela 1. Classes de cobertura e uso do solo nos três trechos na área de estudo (valores em hectares).

Classe	Trecho 1	%	Trecho 2	%	Trecho 3	%	Total geral	%
Agricultura	1.996,6	31,1	887,1	9,1	3.313,4	32,4	6.197,2	23,5
Área edificada	515,7	8,04	153,8	1,6	132,7	1,3	802,2	3,0
Áreas úmidas	280	4,4	1.319,1	13,6	893,2	8,7	2.492,3	9,5
Areia	2,6	0,04	3,8	0,04	17,4	0,17	23,7	0,1
Campos/pastagens	627,5	9,8	498,4	5,1	1.184,3	11,6	2.310,2	8,8
Corpos d'água	180,3	2,8	290	3	97,5	0,9	567,7	2,2
Florestas	2.752,9	42,9	6.417,7	66,2	4.160,6	40,7	13.330,7	50,6
Mineração	0	0	5,3	0,05	0	0	5,3	0,02
Mosaico florestas/áreas úmidas	29,8	0,5	116,7	1,2	423,2	4,1	569,7	2,2
Silvicultura	29,2	0,5	1,9	0,02	2,3	0,02	33,5	0,1
Total por trecho	**6.413,8**	**24,4**	**9.693,8**	**36,8**	**10.224,7**	**38,8**	**26.332,3**	**100**

Agricultura

Feição onde predominaram culturas anuais de arroz irrigado e soja, mas incluiu também áreas de plantio em preparação ou recentemente plantadas. Abrangeu largas extensões, chegando muitas vezes até a margem do rio (Figuras 4 e 5, mas vide também "Conflitos e vetores de pressão"). Nos Trechos 1 e 3 a agricultura perfez aproximadamente ⅓ da cobertura do solo.

Área edificada

Abrangeu as construções rurais – como sedes de fazenda, galpões e silos, e também áreas urbanas, fábricas, olarias e estradas pavimentadas, entre outros tipos (Figura 6 e 7).

Áreas úmidas

Para esta feição foi adotado o conceito da Convenção de Ramsar (Ramsar 2016), estabelecida em 1971 e de todo incorporada à legislação brasileira pelo Decreto 1.905/1996 (Brasil 1996): "áreas úmidas são áreas naturais ou artificiais, permanentes ou temporárias, com água estagnada ou corrente, doce, salobra ou salgada, incluindo áreas de água marítima com menos de seis metros de profundidade na maré baixa." Na região de estudo, foram muito frequentes os ambientes aquáticos ou semiaquáticos associados a solos hidromórficos, resultado de deposições causadas pelos pulsos de inundação do rio. As constantes mudanças resultantes da dinâmica do rio geraram um conjunto diversificado com lagoas marginais, meandros, banhados, sarandizais, entre outras tipologias (Figuras 8 e 9).

Areia

Depósitos nas margens dos rios oriundos da deposição natural de sedimentos carreados pela água ou derivados de mineração ou outras atividades (Figuras 10 e 11).



Figura 4. **Agricultura com lavouras muito próximas à margem do rio.**

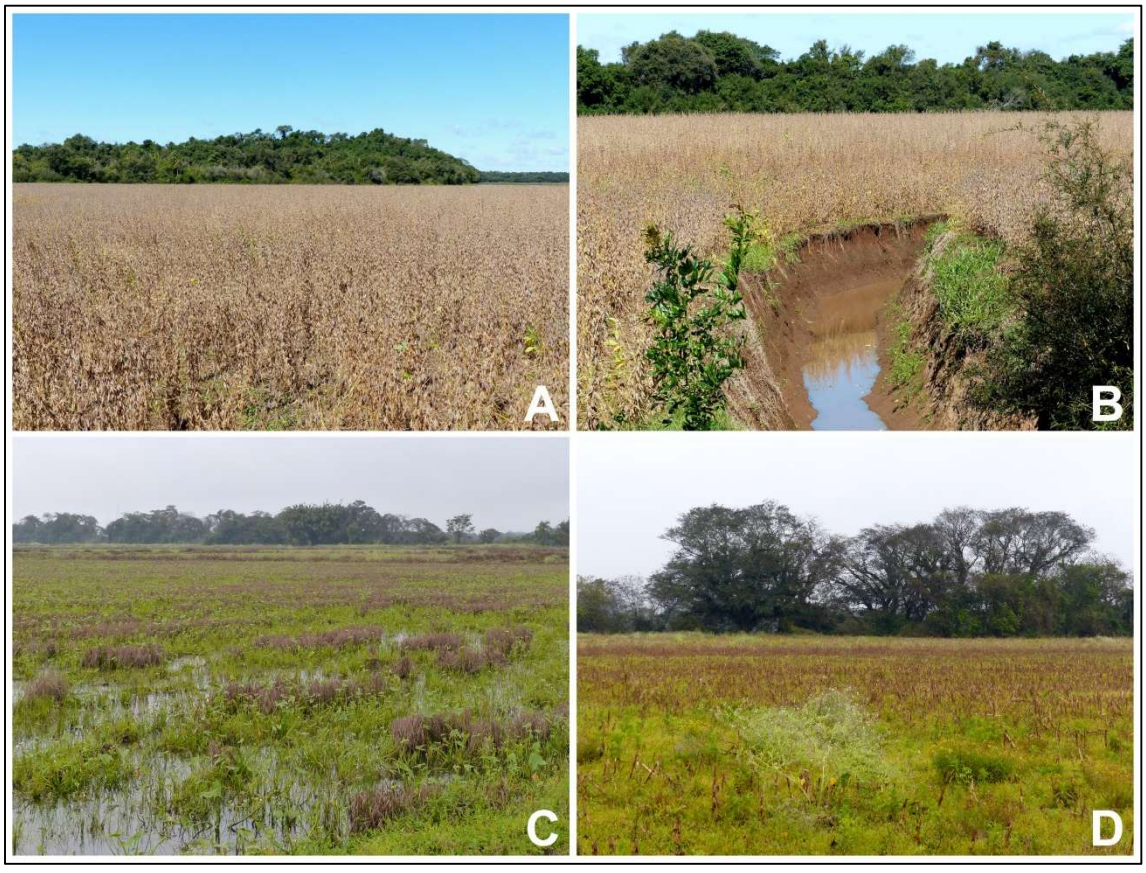


Figura 5. **Agricultura: plantios na várzea: A – soja; B – drenagem da várzea; C - arroz irrigado; D – milho. Fotos: © Martin Molz**



Figura 6. Área edificada: vista parcial da área urbana de Rio Pardo.



Figura 7. Área edificada: vista parcial da área urbana de Triunfo a partir do rio Jacuí. Foto: © Martin Molz



Figura 8. **Áreas úmidas: mosaico de espelhos d´água, macrófitas aquáticas, arbustos e árvores.**



Figura 9. **Área úmida com vegetação circundante suprimida, provavelmente arbórea. Foto: © Martin Molz**



Figura 10. **Areia: banco de areia formado por deposição nas margens do rio Jacuí.**



Figura 11. **Areia: banco de areia formado por deposição nas margens do rio Jacuí. Foto: © Martin Molz**

Campos/pastagens

Por causa da dificuldade em diferenciar campo nativo de pastagens, incluíram tanto áreas de campo nativo em diferentes estados de conservação como formações naturais convertidas em pastagens (Figuras 12 e 13). A maioria dos campos/pastagens encontrados resulta da conversão de florestas e áreas úmidas. Nessa região é frequente também o rodízio entre lavouras e áreas de pousio. As áreas em pousio há mais de três anos foram consideradas campos/pastagens.

Corpos d´água

Corresponderam a açudes, lagoas marginais, meandros, segmentos de rios, e espelhos d´água contínuos e com pouca vegetação aflorante (Figuras 14 e 15).

Florestas

Dada a complexidade do terreno e a presença de muitos gradientes ambientais, não foi possível diferenciar as formações florestais a partir da escala de trabalho adotada no mapeamento (1:25.000). Assim, optou-se por incluir todas essas formações numa única classe "florestas" (Figuras 16 e 17). Pelo mesmo motivo, não foram diferenciados os fragmentos em diferentes estágios sucessionais na classificação. Nos casos em que não foi possível diferenciar florestas e áreas úmidas, optou-se por sua inclusão na classe "mosaico florestas/áreas úmidas" (vide abaixo).

As tipologias de floresta foram devidamente detalhadas na descrição da vegetação, incluindo as seguintes formações: camboinzal, floresta de várzea, floresta de branquilhos, floresta de ingazeiros e floresta estacional.

Mineração

Apesar de ocorrer em poucos locais, foi incluída a mineração de areia e argila em áreas terrestres (Figuras 18 e 19).

Mosaico florestas/áreas úmidas

O complexo sistema formado por diversas tipologias florestais entremeadas por áreas úmidas em meio à planície de inundação (várzea) foi considerado como um mosaico. Esta feição abrangeu os segmentos e gradientes de vegetação onde não foi possível separar florestas e áreas úmidas, as quais abarcam maricazais, banhados, sarandizais, camboinzais, florestas de várzea em geral, florestas de branquilhos, florestas de ingazeiros, meandros e lagoas marginais (Figuras 20 e 21).

Silvicultura

Na região da Depressão Central a atividade de silvicultura é intensa, mas na extensão do estudo ocorreram apenas uns poucos talhões de eucalipto e pínus (Figuras 22 e 23). Isso se deve ao predomínio de áreas de várzea, que não oferecem condições de cultivo próprias para as espécies utilizadas em plantios no RS.



Figura 12. **Campos/pastagens na beira do Jacuí (centro).**



Figura 13. **Campos de encosta próximos à planície de inundação em Rio Pardo. Foto: © Martin Molz**



Figura 14. **Corpos d´água: lagoas marginais cercadas por florestas.**



Figura 15. **Corpos d´água: lagoa das Pombas, Rio Pardo, com a margem vegetada ao fundo. Foto: © Martin Molz**



Figura 16. **Florestas de tipologias variadas ao longo do rio Jacuí.**



Figura 17. **Floresta sobre o dique marginal próximo à foz da Sanga do Cabral, Rio Pardo. Foto: © Martin Molz**



Figura 18. **Mineração de areia próxima à margem do rio Jacuí.**



Figura 19. **Mineração de areia em Triunfo. Fonte: Acervo FEPAM**

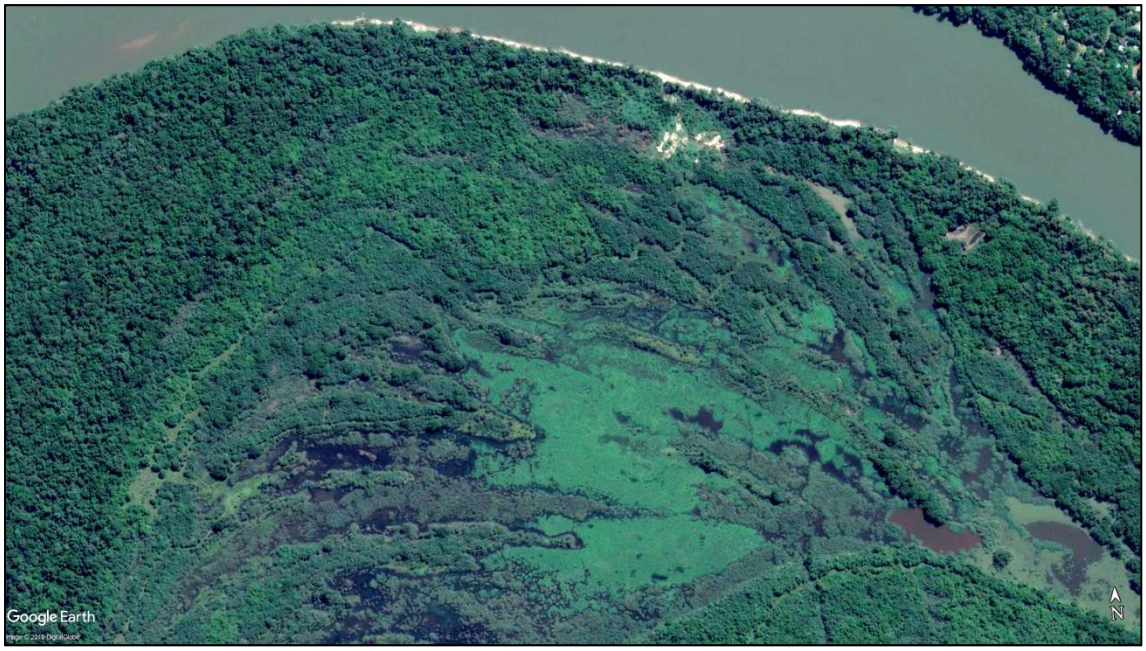


Figura 20. **Mosaico de florestas e áreas úmidas intercaladas, Rio Pardo.**

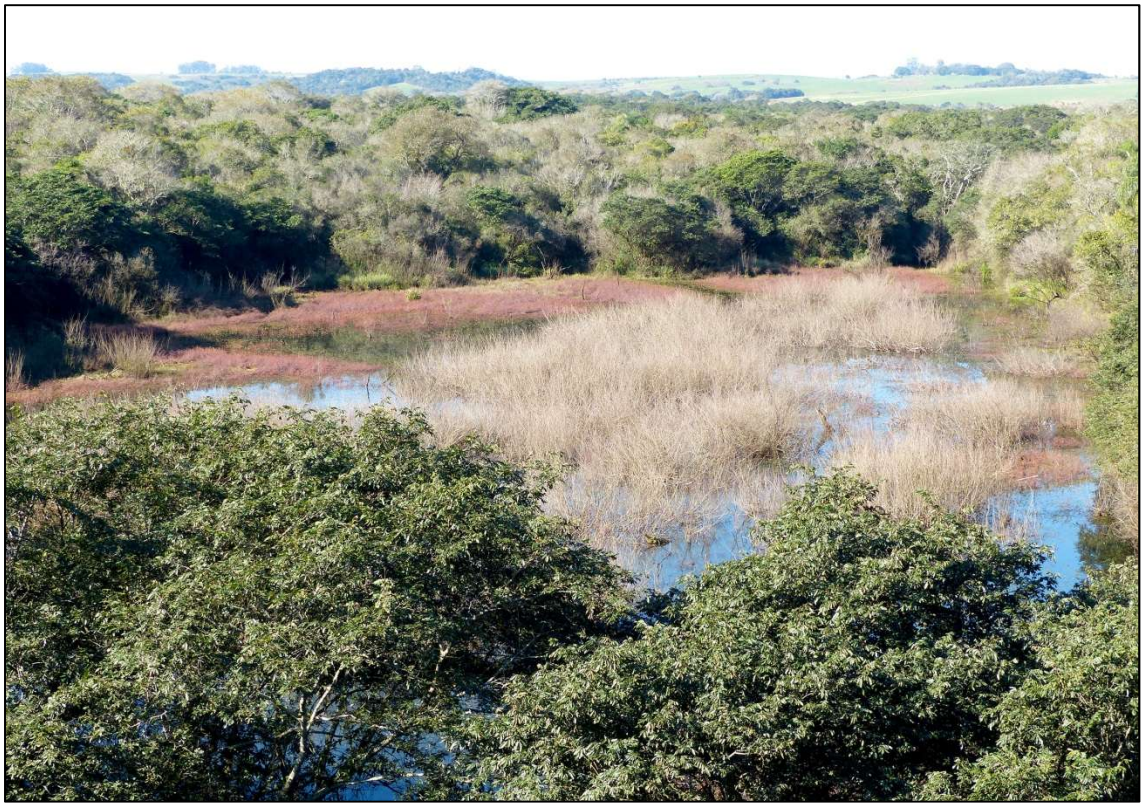


Figura 21. **Mosaico de floresta de várzea com área úmida. Foto: © Martin Molz**

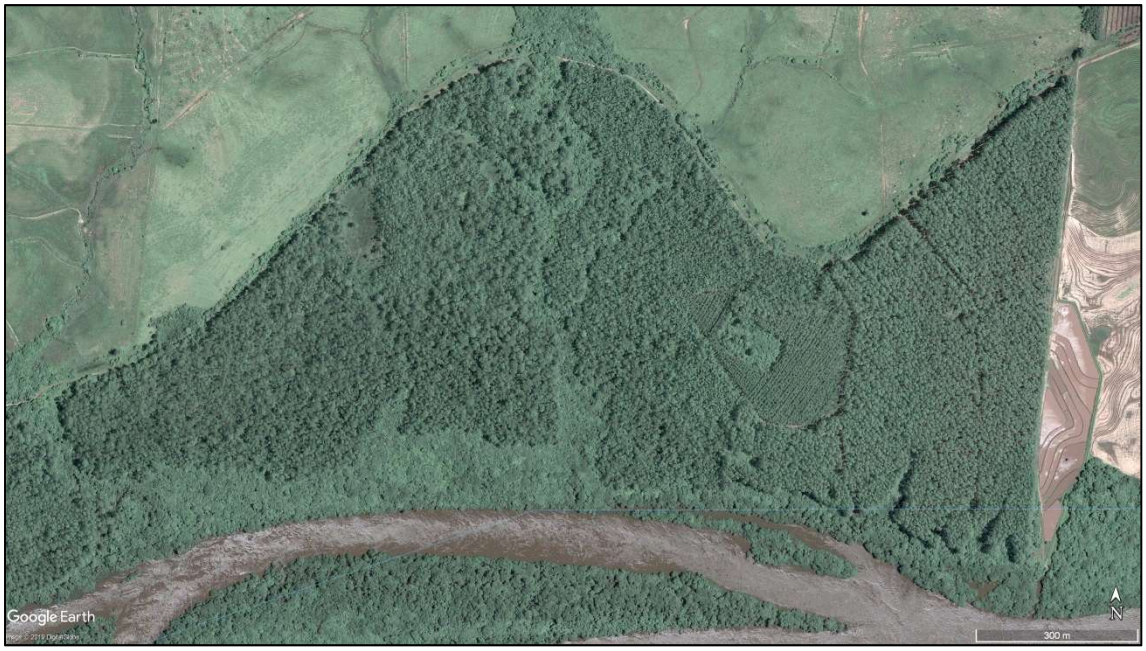
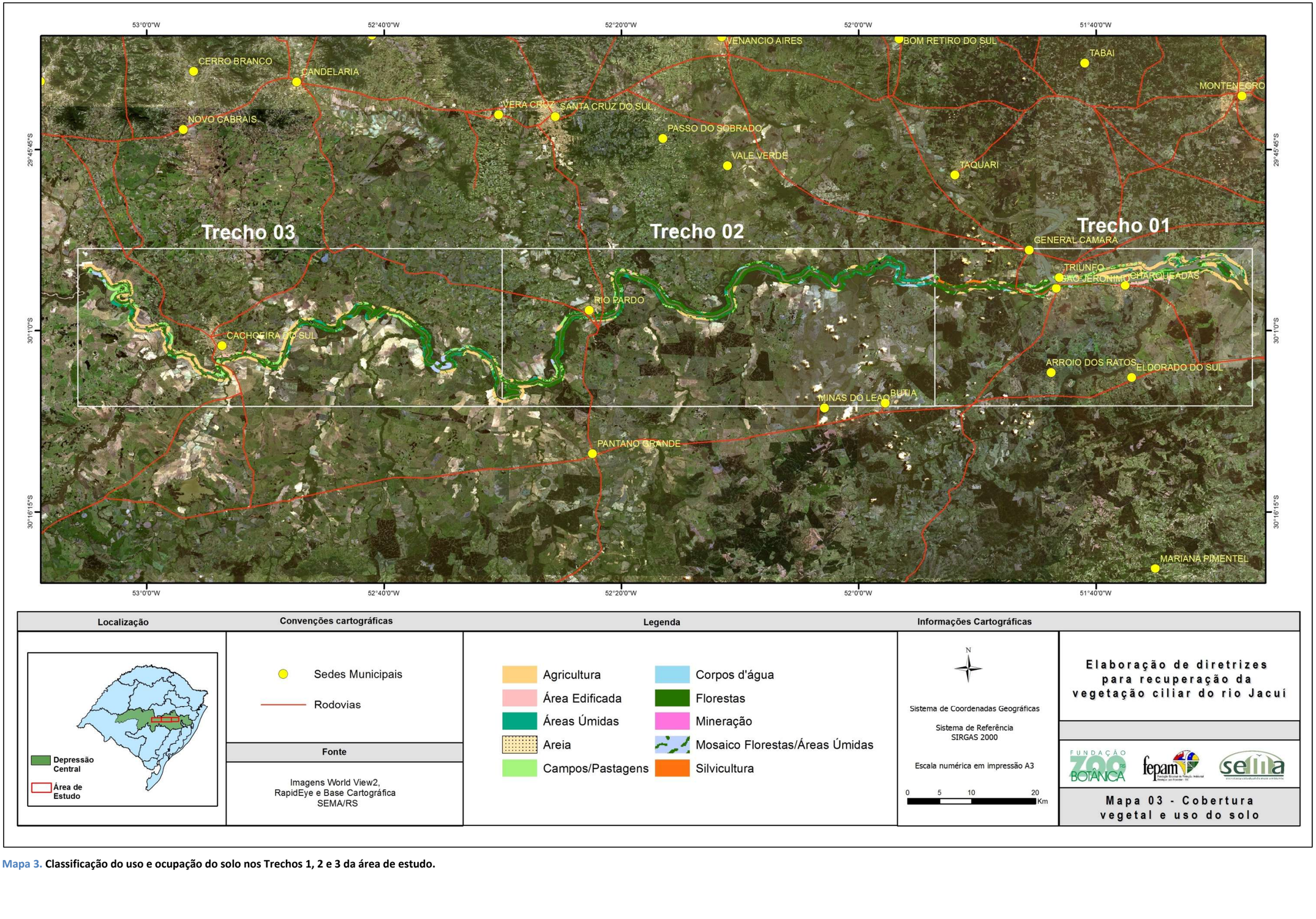


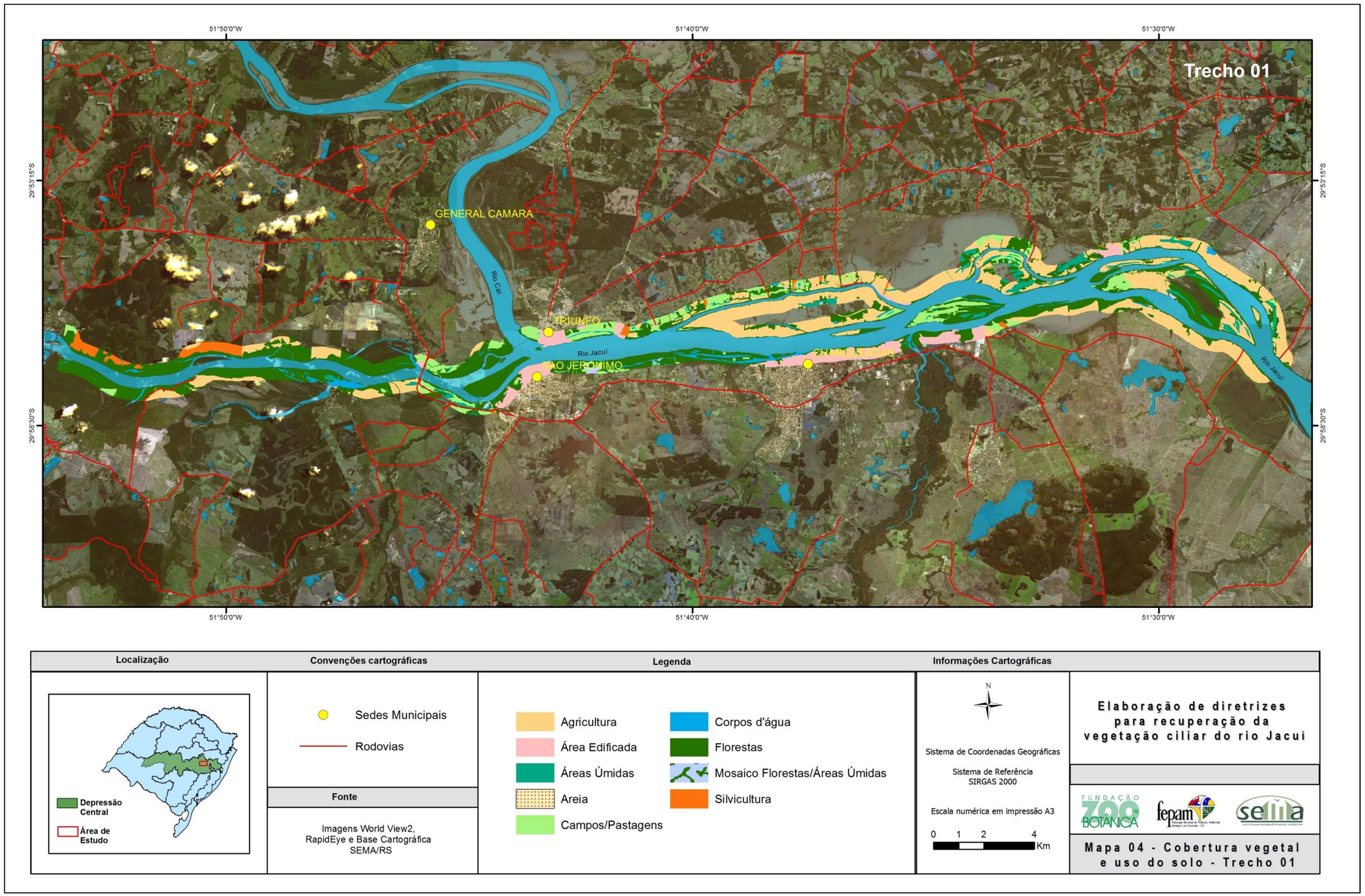
Figura 22. **Silvicultura de eucalipto muito próxima da margem do rio Jacuí.**



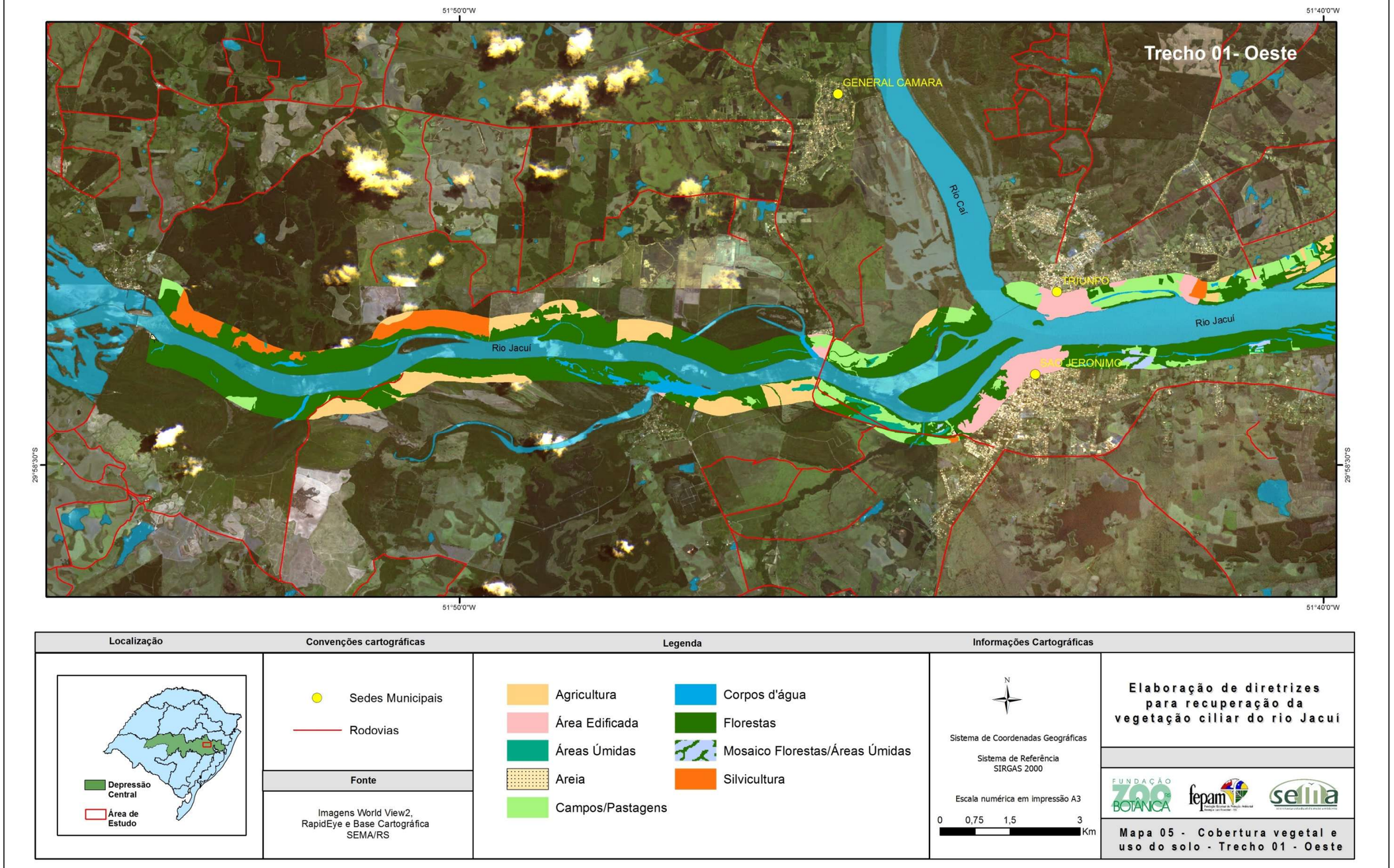
Figura 23. **Silvicultura sobre o terraço ou encosta (segundo plano), antecedida pela planície de inundação. Foto: © Ricardo Ramos Aranha**



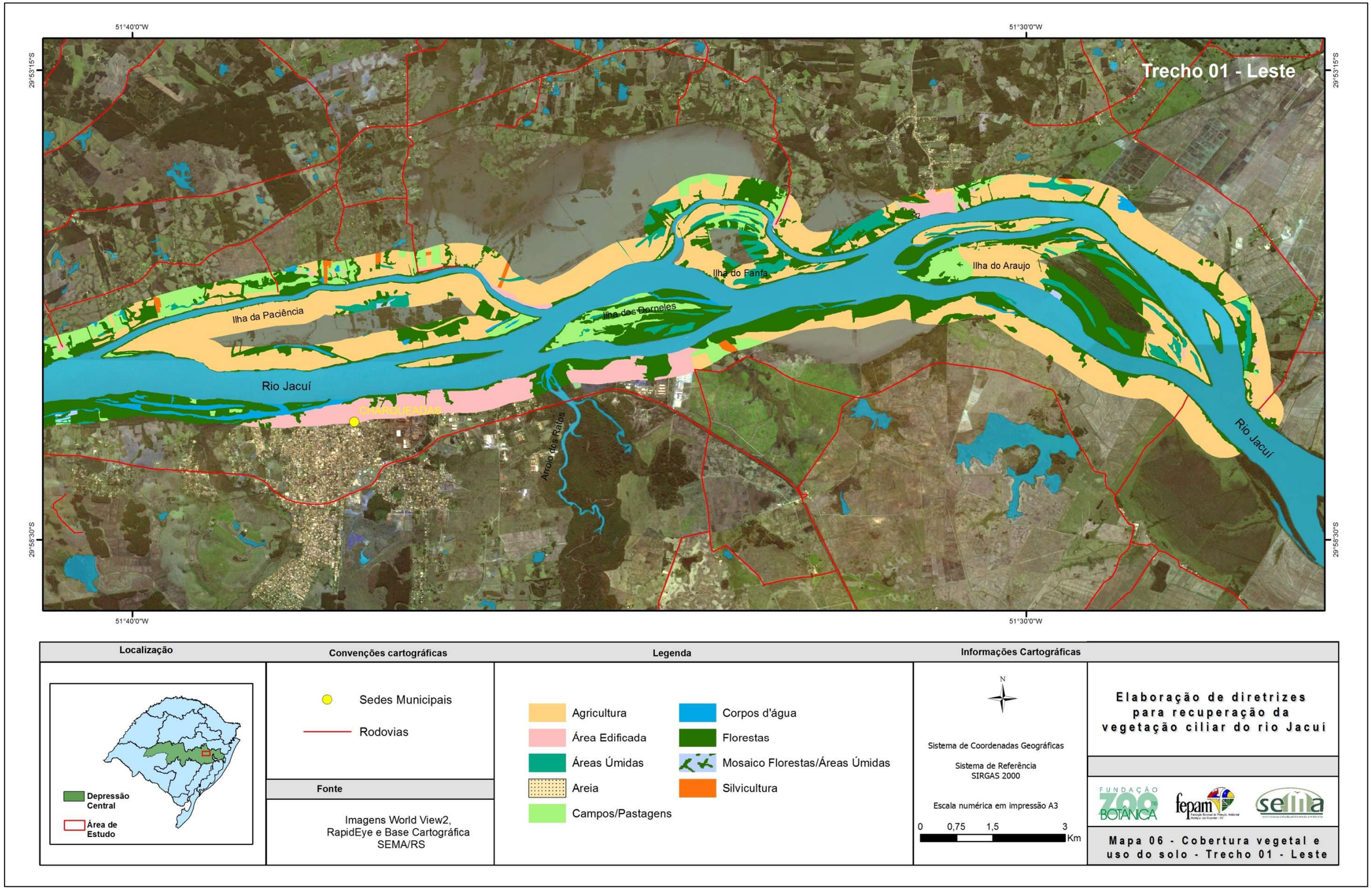
Mapa 3. **Classificação do uso e ocupação do solo nos Trechos 1, 2 e 3 da área de estudo.**



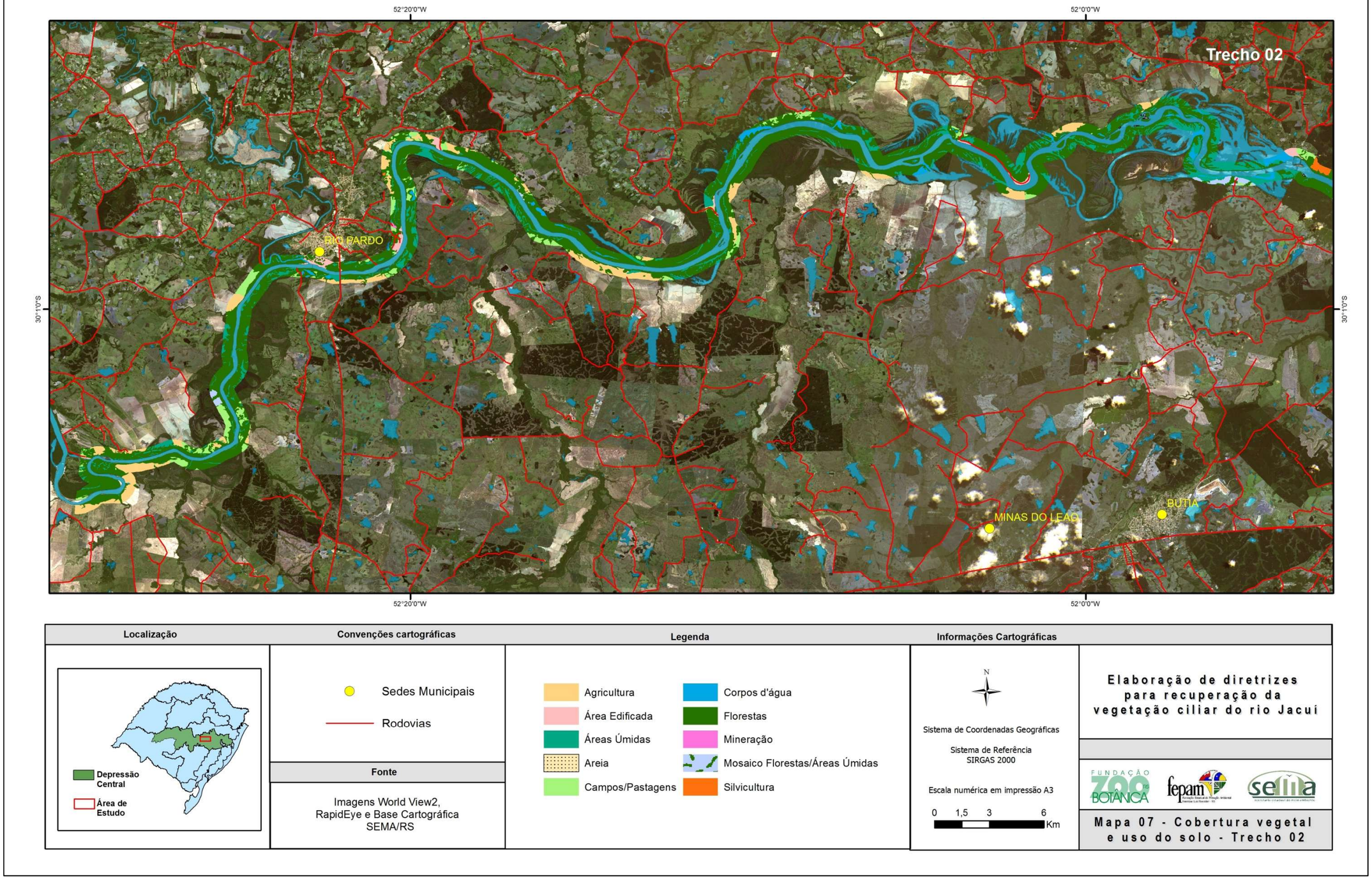
Mapa 4. **Classificação do uso e ocupação do solo no Trecho 1 da área de estudo.**



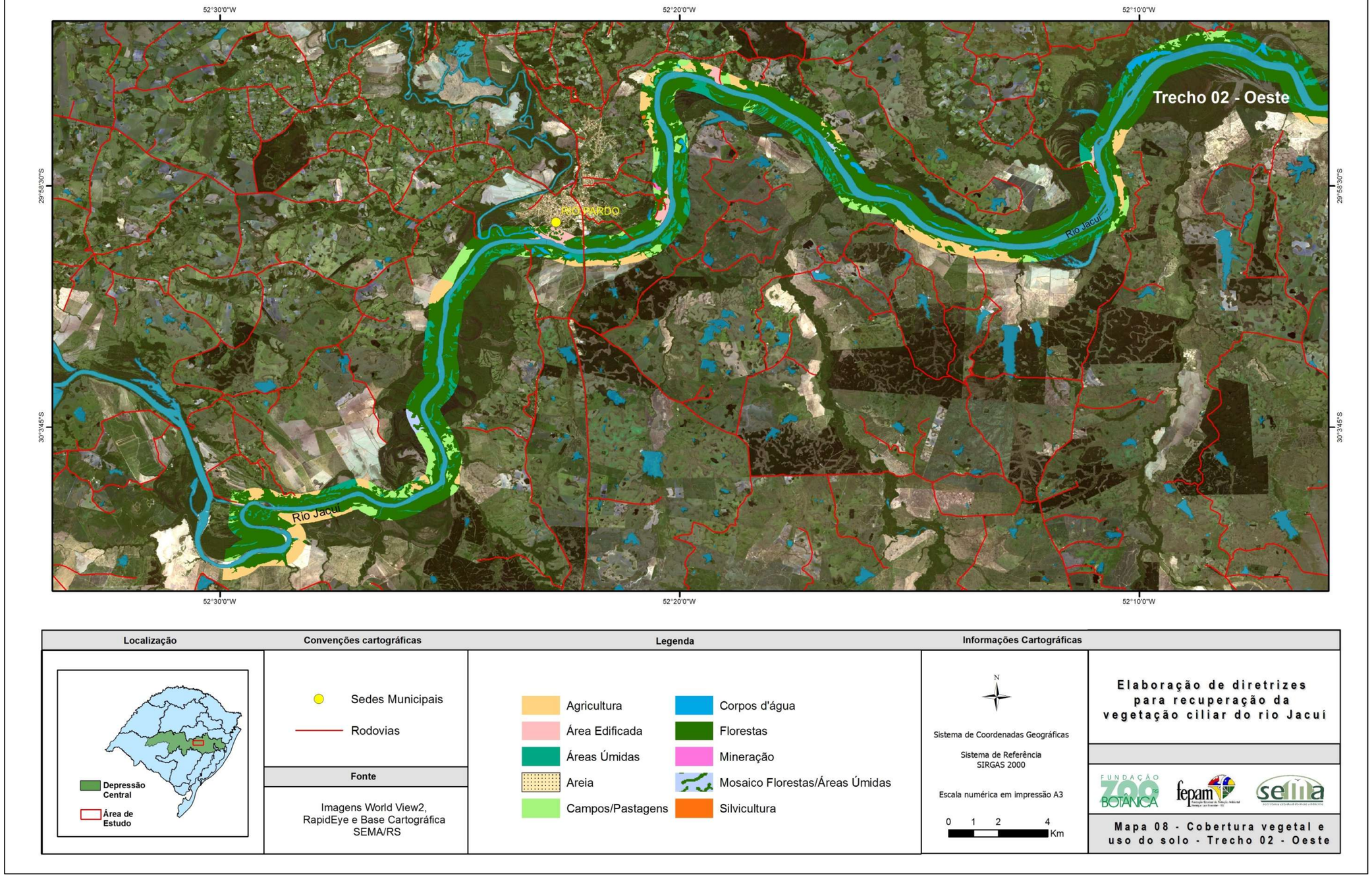
Mapa 5. **Classificação do uso e ocupação do solo no segmento oeste do Trecho 1 da área de estudo.**



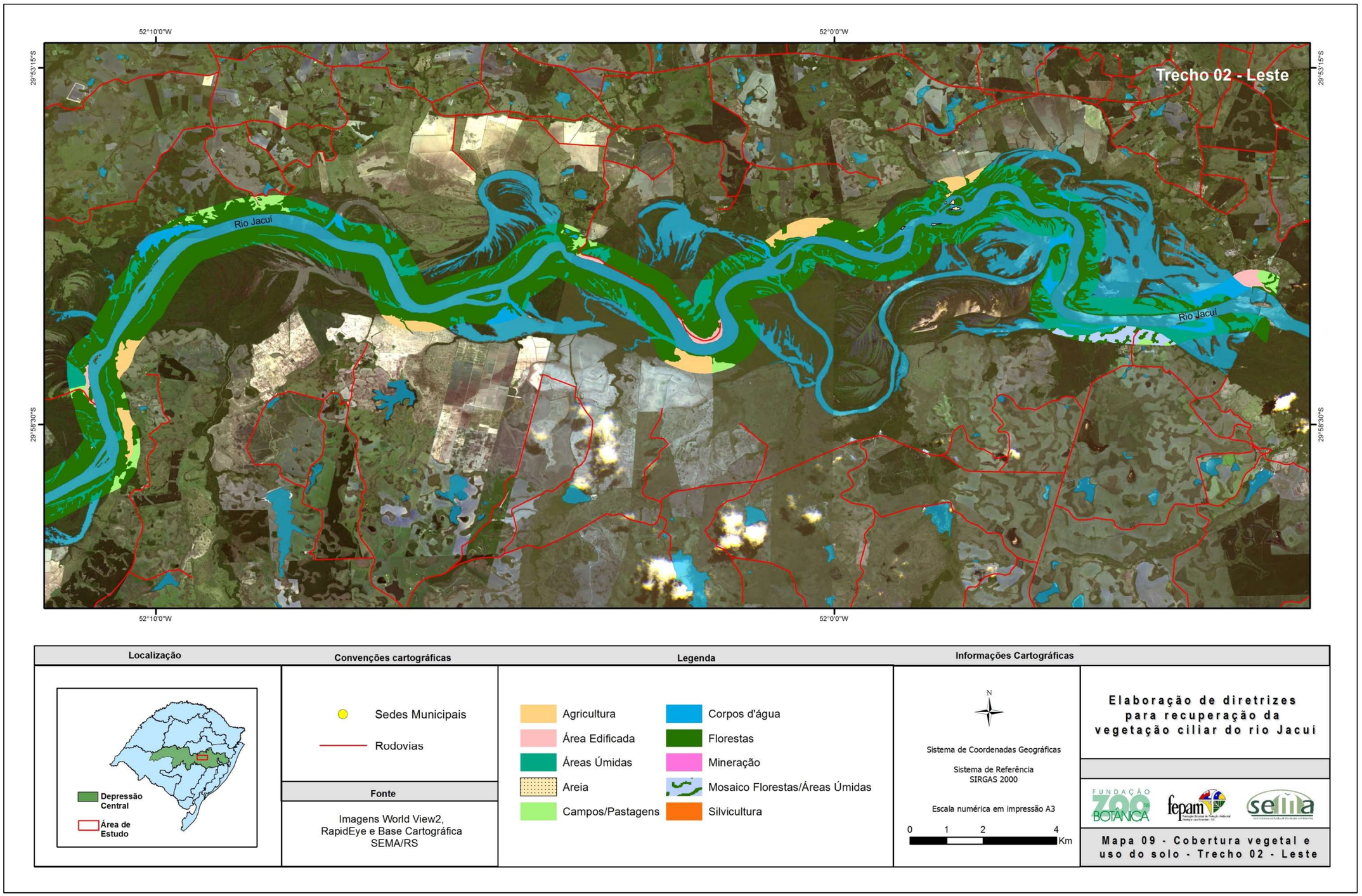
Mapa 6. **Classificação do uso e ocupação do solo no segmento leste do Trecho 1 da área de estudo.**



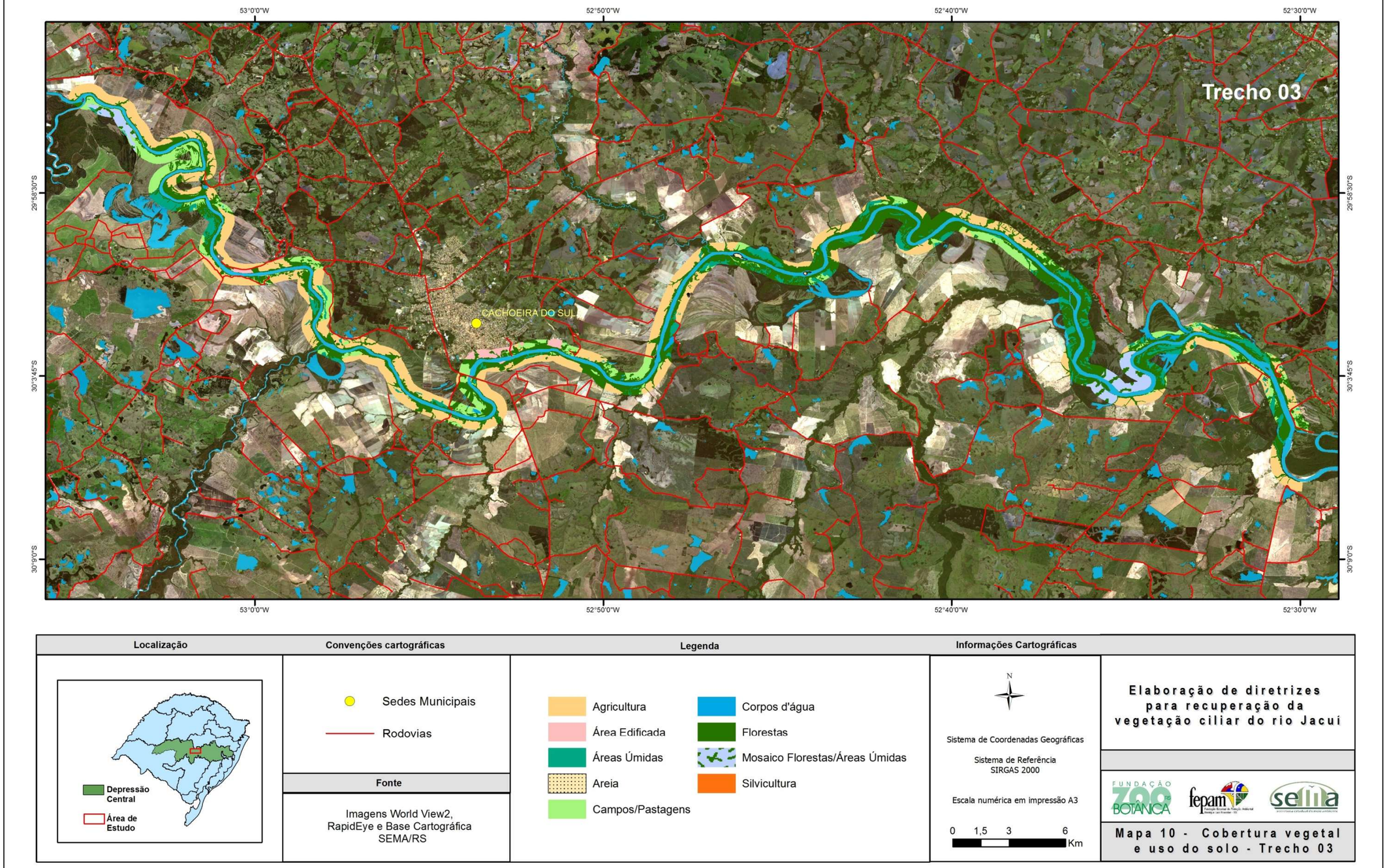
Mapa 7. **Classificação do uso e ocupação do solo no Trecho 2 da área de estudo.**



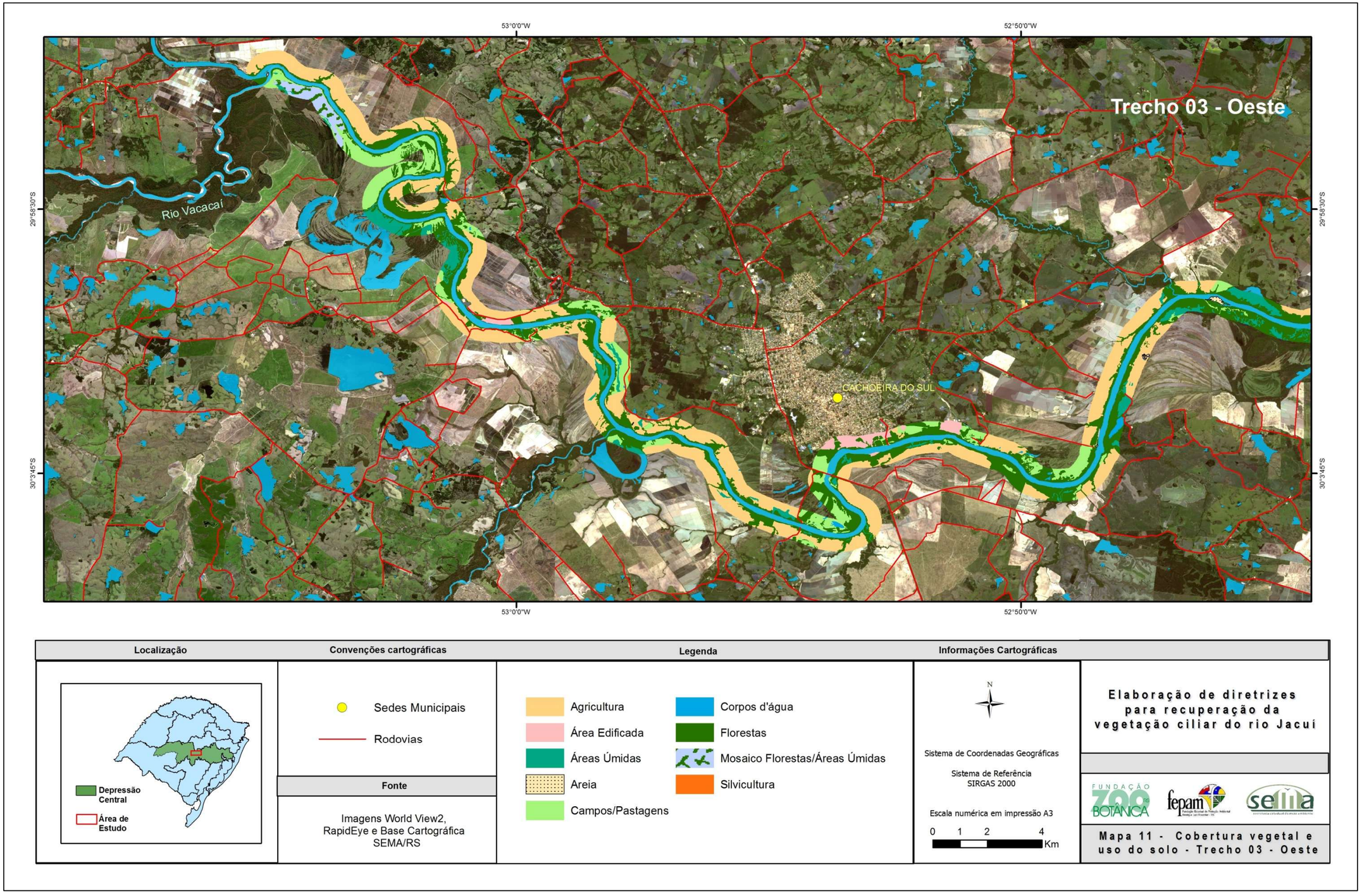
Mapa 8. **Classificação do uso e ocupação do solo no segmento oeste do Trecho 2 da área de estudo.**



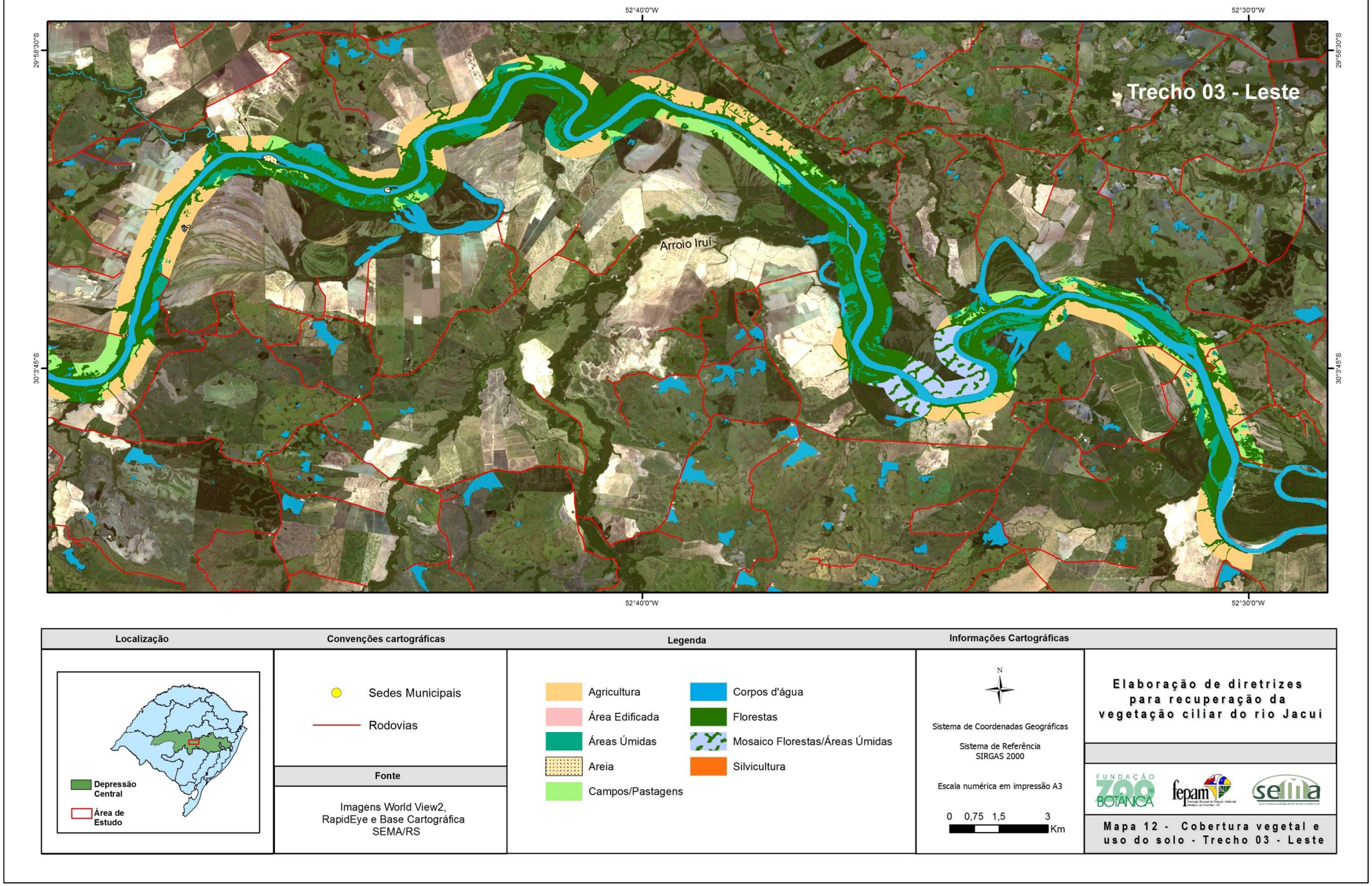
Mapa 9. **Classificação do uso e ocupação do solo no segmento leste do Trecho 2 da área de estudo.**



Mapa 10. **Classificação do uso e ocupação do solo no Trecho 3 da área de estudo.**



Mapa 11. **Classificação do uso e ocupação do solo no segmento oeste do Trecho 3 da área de estudo.**



Mapa 12. **Classificação do uso e ocupação do solo no segmento leste do Trecho 3 da área de estudo.**

Conflitos – áreas convertidas e vetores de pressão

Áreas convertidas e vetores de pressão na faixa de APP ao longo do segmento estudado foram considerados conflitos (Mapas 13 a 22). Áreas convertidas são aquelas que tiveram sua cobertura natural original transformada em usos distintos, e vetores de pressão foram considerados os fatores, internos ou externos, naturais ou ocasionados pelo ser humano, que podem prejudicar ou impactar negativamente APPs, segundo o seu regramento legal. Ainda, lembrando que a largura do rio foi bastante variável, cabe ressaltar que a faixa de 500 m em cada margem do Jacuí abrangeu a totalidade das APPs, mas nem toda a extensão abarcada é de fato de preservação permanente.

De uma forma geral, o uso das APPs está relacionado às condições de geomorfologia, pedologia e disponibilidade hídrica, que condicionam diferentes usos produtivos, à existência de atrativos cênicos, que podem favorecer usos turísticos e a ocupação imobiliária, e à proximidade de áreas urbanas. No caso do segmento estudado no rio Jacuí, as formações naturais (feições não antrópicas na classificação) perfizeram 64% da área total. O mais conservado foi o Trecho 2 (84% de áreas naturais), seguido pelo Trecho 3 (54,7%). O Trecho 1, mais próximo à Região Metropolitana de Porto Alegre e que compreende três sedes municipais – Charqueadas, São Jerônimo e Triunfo, foi o que apresentou o menor percentual de áreas naturais (50,6%), algo esperado pelo histórico de ocupação e urbanização da região.

Os principais responsáveis pela conversão de APPs em outros usos foram a agricultura (vide Figuras 4 e 5) e os campos/pastagens (vide Figuras 12 e 13). A agricultura totalizou aproximadamente ⅓ da cobertura das áreas convertidas nos Trechos 1 e 3, destacando-se o arroz irrigado, cultura tradicionalmente associada a regiões de várzea no Rio Grande do Sul e que encontra condições amplamente favoráveis nos intervalos da planície de inundação do baixo Jacuí. Na área de estudo a maioria dos campos/pastagens resulta da conversão de florestas e áreas úmidas (Figura 24). Nessa região é também frequente o rodízio entre lavouras e áreas de pousio.

Foi pequena a extensão de áreas convertidas em silvicultura (monoculturas de espécies arbóreas exóticas) nos trechos analisados. A silvicultura é muito mais intensa em terrenos bem drenados, os quais representaram um percentual bastante reduzido na área de estudo, mas são comuns em outros locais na região da Depressão Central (Figura 24-D). Outras atividades econômicas, como a mineração, ocorreram apenas pontualmente, dependendo de condições favoráveis específicas.

A floresta estacional foi possivelmente a formação que sofreu a maior redução em sua extensão original na região. Como os vários tipos de florestas não foram discriminados na classificação, foi impossível quantificar a conversão de áreas originalmente ocupadas por florestas estacionais. Sua distribuição preferencial sobre os terrenos bem drenados fez com que restassem poucos fragmentos ao longo do Jacuí, a maioria deles constituídos de florestas secundárias em diferentes estágios sucessionais.

Intervenções antrópicas relacionadas a obras de engenharia, como as eclusas no segmento do rio estudado, produziram alterações que possivelmente até hoje não foram mensuradas de forma abrangente e detalhada. Observaram-se margens e ambientes fortemente degradados

próximos a essas obras de engenharia (Figura 25-A, B, C), aparentemente sem que estejam ocorrendo no momento medidas de recuperação das margens ou de diminuição do processo contínuo de degradação. Ao longo das atividades de campo foram observados com relativa frequência processos erosivos destruindo barrancas, mesmo em margens estáveis e deposicionais (Figura 25-D, E, F). O processo de desgaste das barrancas é bastante atenuado em margens erosivas vegetadas, o que foi visto em locais contíguos com e sem vegetação (Figura 25-G, H); observou-se o mesmo em margens estáveis com (Figura 26-A, D) e sem vegetação (Figura 26-A, B, C).

Em margens erosivas, a ausência de vegetação pode produzir danos na margem deposicional oposta que vão muito além dos prováveis resultados que ocorreriam de modo natural se as margens fossem vegetadas. Num caso exemplar em Rio Pardo, observou-se, em função da ausência de vegetação na margem erosiva (Figura 26-E), um acúmulo excepcional de sedimentos e a consequente destruição da vegetação em uma larga faixa de florestas e sarandizais na margem deposicional oposta (Figura 26-F, G, H).

Nas áreas próximas ao Delta do Jacuí (início do Trecho 1), foram observadas margens estáveis florestadas com árvores de grande porte e raízes profundas, como indivíduos de angico-vermelho e açoita-cavalo, simplesmente tombando e sendo levados pelo rio. Nesses locais, constatou-se que junto às margens a profundidade do Jacuí pode chegar a 5 m, algo absolutamente incomum e fora do natural. A única explicação plausível parece ser a extração de areia praticamente nas margens do rio, pois do contrário a profundidade não seria desta monta e nem árvores de grande porte seriam tombadas apesar de terem raízes profundas.

Diversos são os fatores que explicam a conversão de APPs em usos que não a manutenção de áreas naturais, como previsto em lei. Contudo, a lei é relativamente recente e a conversão de áreas vem ocorrendo há séculos. Dentre esses fatores, pode-se citar a inexistência ou mínima conscientização da população acerca da importância ambiental e da preservação desses espaços (Pinheiro & Procópio 2008). Todavia há lugares que, mesmo na ausência de leis que obrigassem a tal, preservaram historicamente as margens de cursos d'água pela consciência da importância desses espaços e pelos importantes serviços por eles fornecidos.

As APPs vêm sendo cada vez mais degradadas por ocupações e usos ilegais ao longo do tempo, comprometendo assim as funções ecológicas dos ecossistemas associados. Essas atividades incluem desde a ocupação imobiliária irregular – com a construção de casas, hotéis, pousadas, restaurantes, bares e obras de infraestrutura – e também atividades produtivas diversas como, por exemplo, agricultura, pecuária, silvicultura, mineração e pesca. Intervenções antrópicas em APPs ocasionam degradação ambiental mediante a remoção da vegetação ciliar, poluição dos mananciais, impermeabilização das margens causada por construções e mudanças na paisagem (Araújo & Maia 2009).

Ações de recuperação da vegetação são fundamentais para a conservação de recursos naturais comuns, como as águas, os quais afetam milhares de beneficiários dos serviços ambientais oriundos dos rios e de sua vegetação e ecossistemas associados. Sugere-se, desta forma, que ações de recuperação da vegetação no baixo Jacuí iniciem onde estão os maiores níveis de degradação e conversão de áreas naturais, no caso os Trechos 1 e 3. Algumas dessas áreas convertidas, mesmo consolidadas, comprometem a qualidade ambiental das águas.

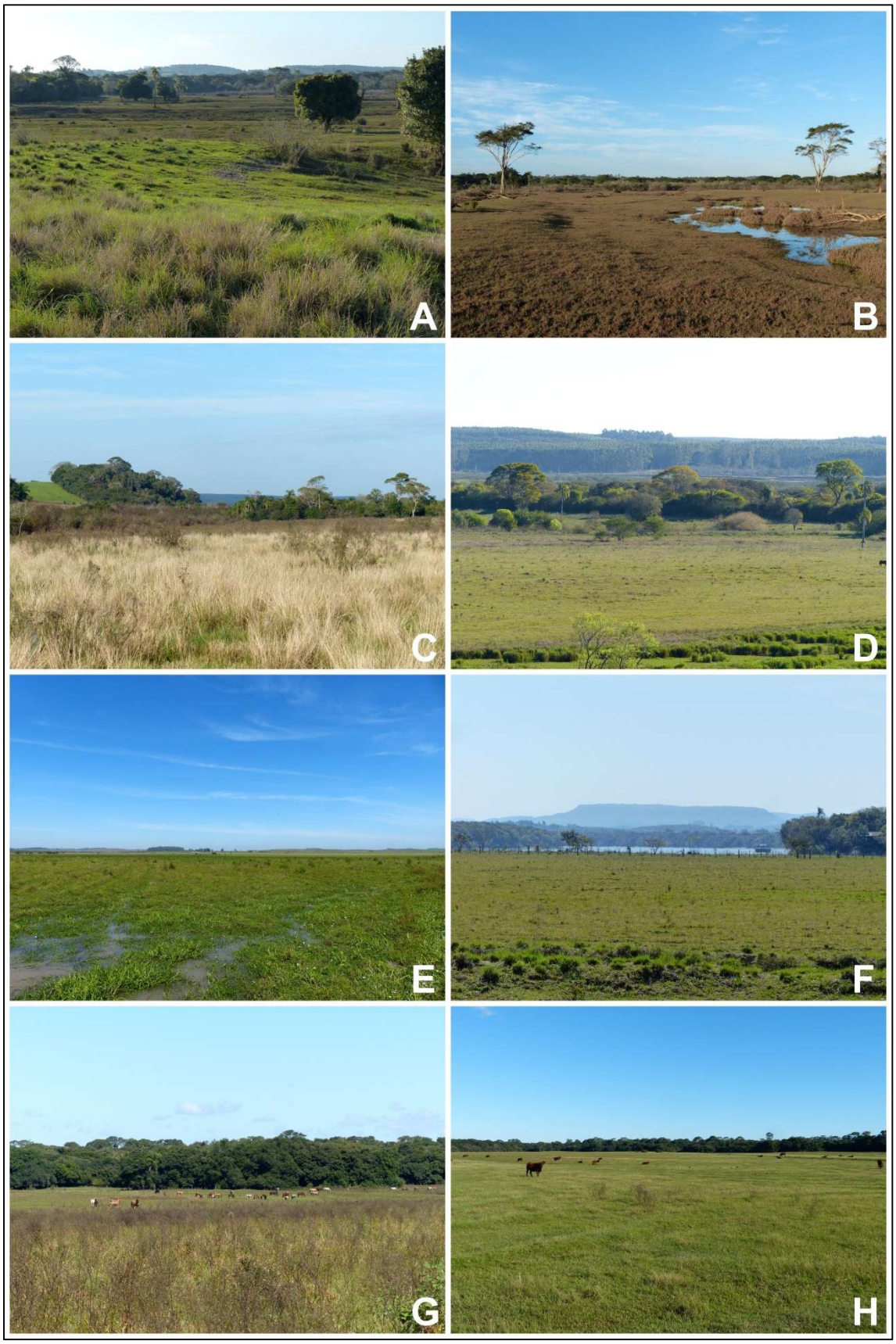


Figura 24. Conflitos – Áreas convertidas e vetores de pressão na faixa de Área de Preservação Permanente em várzeas. A, B, C, E, G e H – Áreas convertidas em pastagens; D – Várzea convertida em pastagens e silvicultura (encosta ao fundo); F – Pastagens se estendendo até a margem do rio. Fotos: © Martin Molz

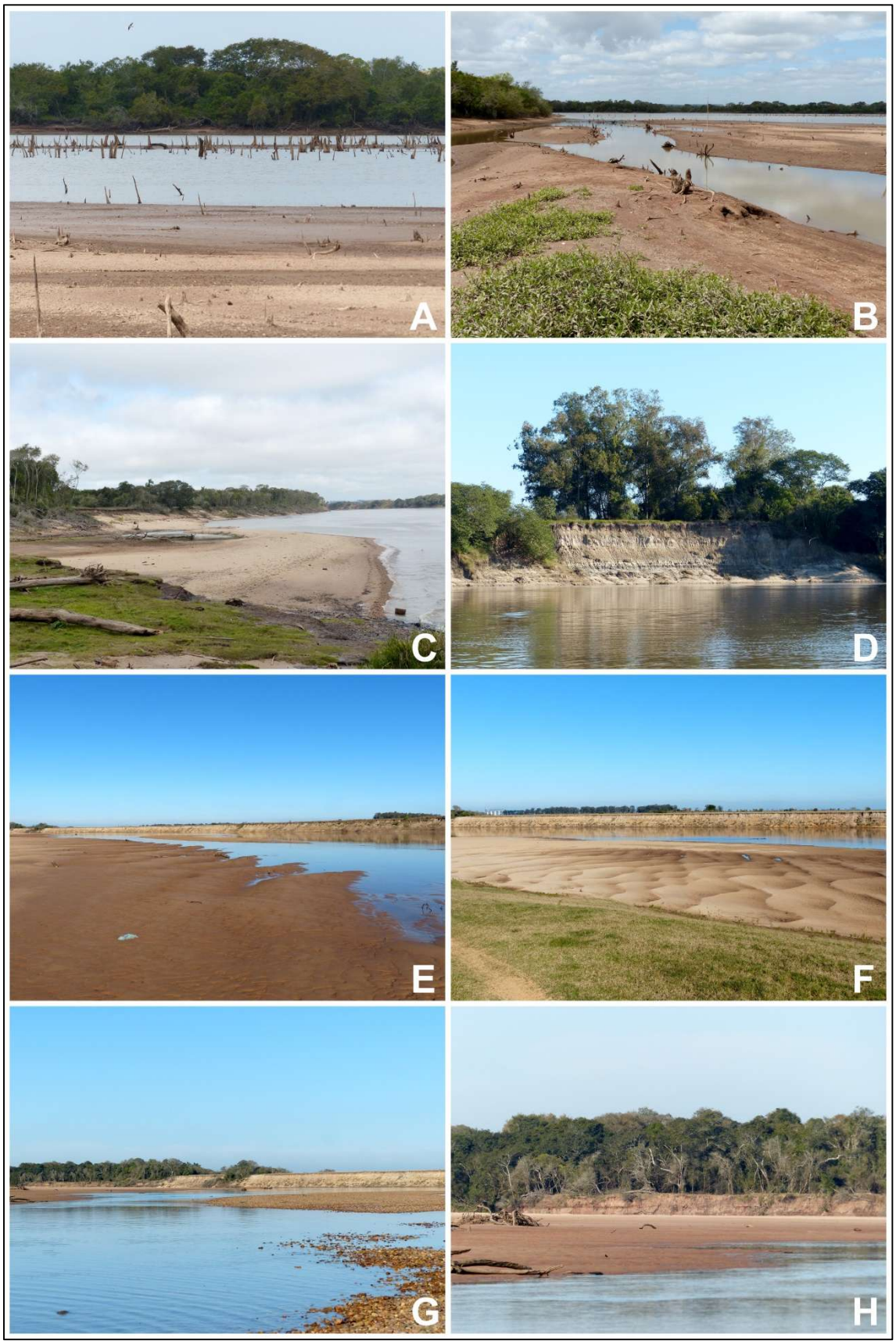


Figura 25. Intervenções antrópicas e conflitos na faixa de Área de Preservação Permanente. A e B – Alterações na paisagem decorrentes da Eclusa de Amarópolis; C – Alterações na paisagem decorrentes da Eclusa Anel de Dom Marco; D, E, F – Margem estável sendo erodida e falta de cobertura vegetal; G – Margem erosiva com (esquerda) e sem vegetação (direita); H – Margem erosiva vegetada na curva do rio (H). Fotos: © Martin Molz

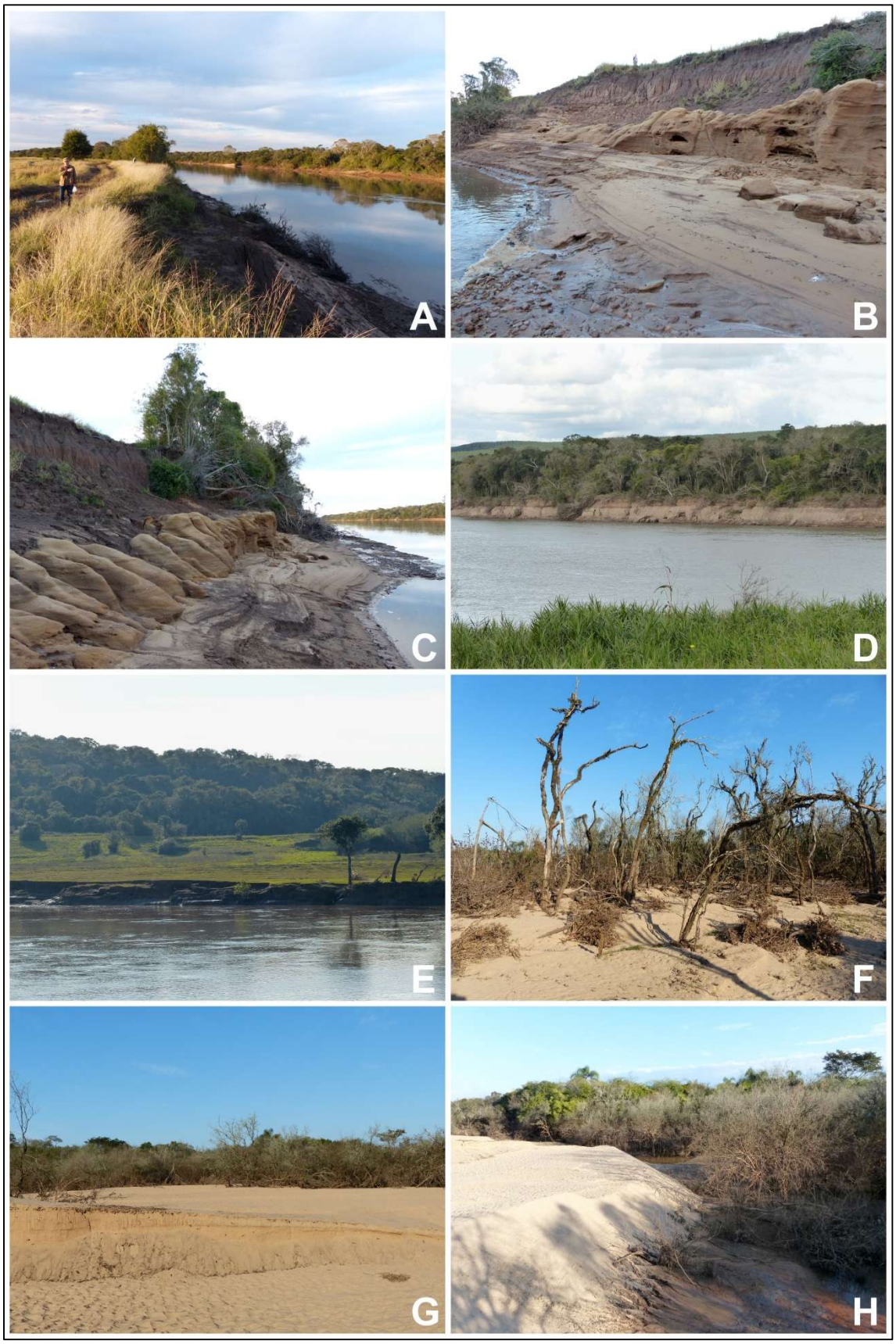
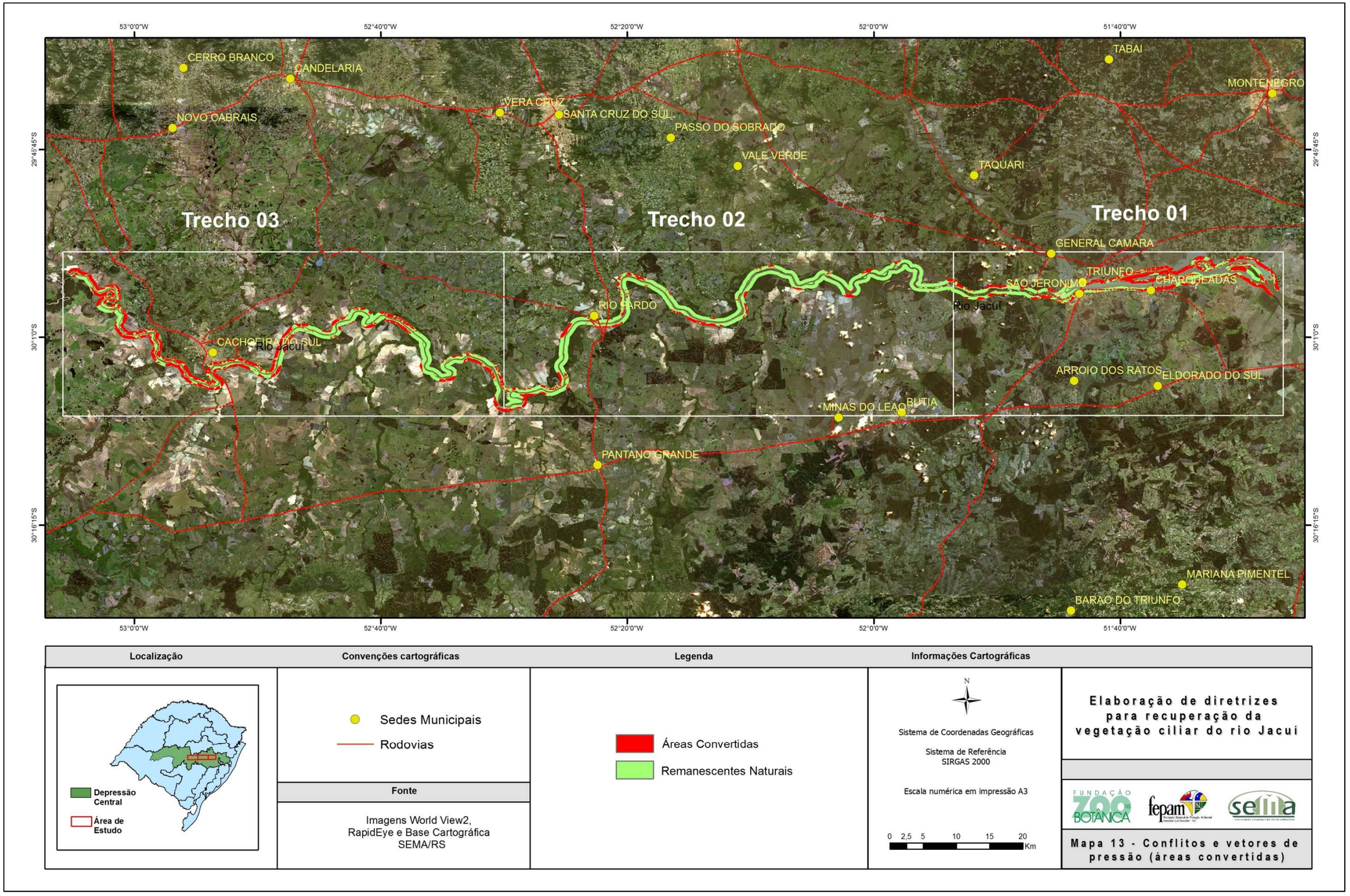
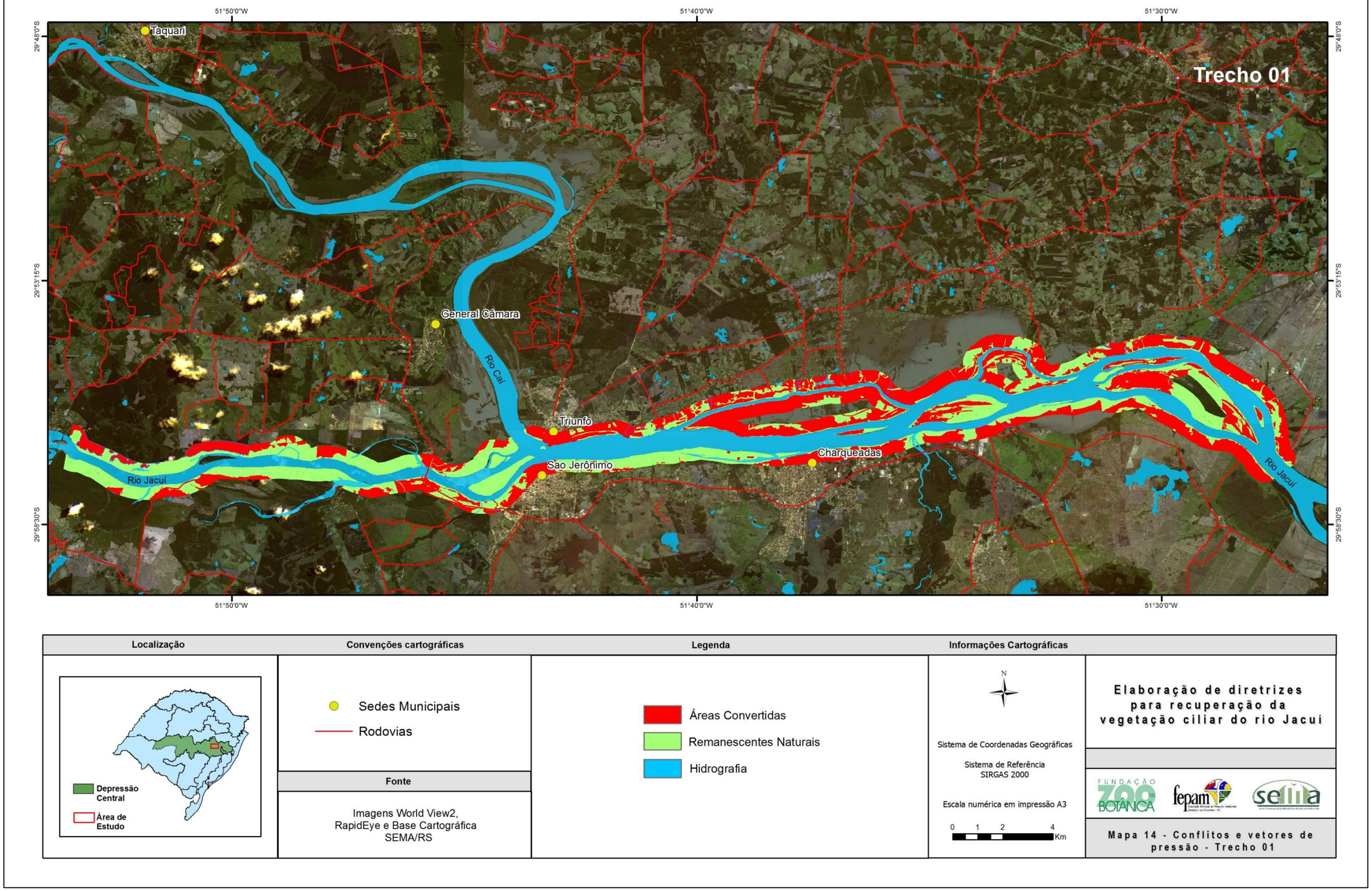


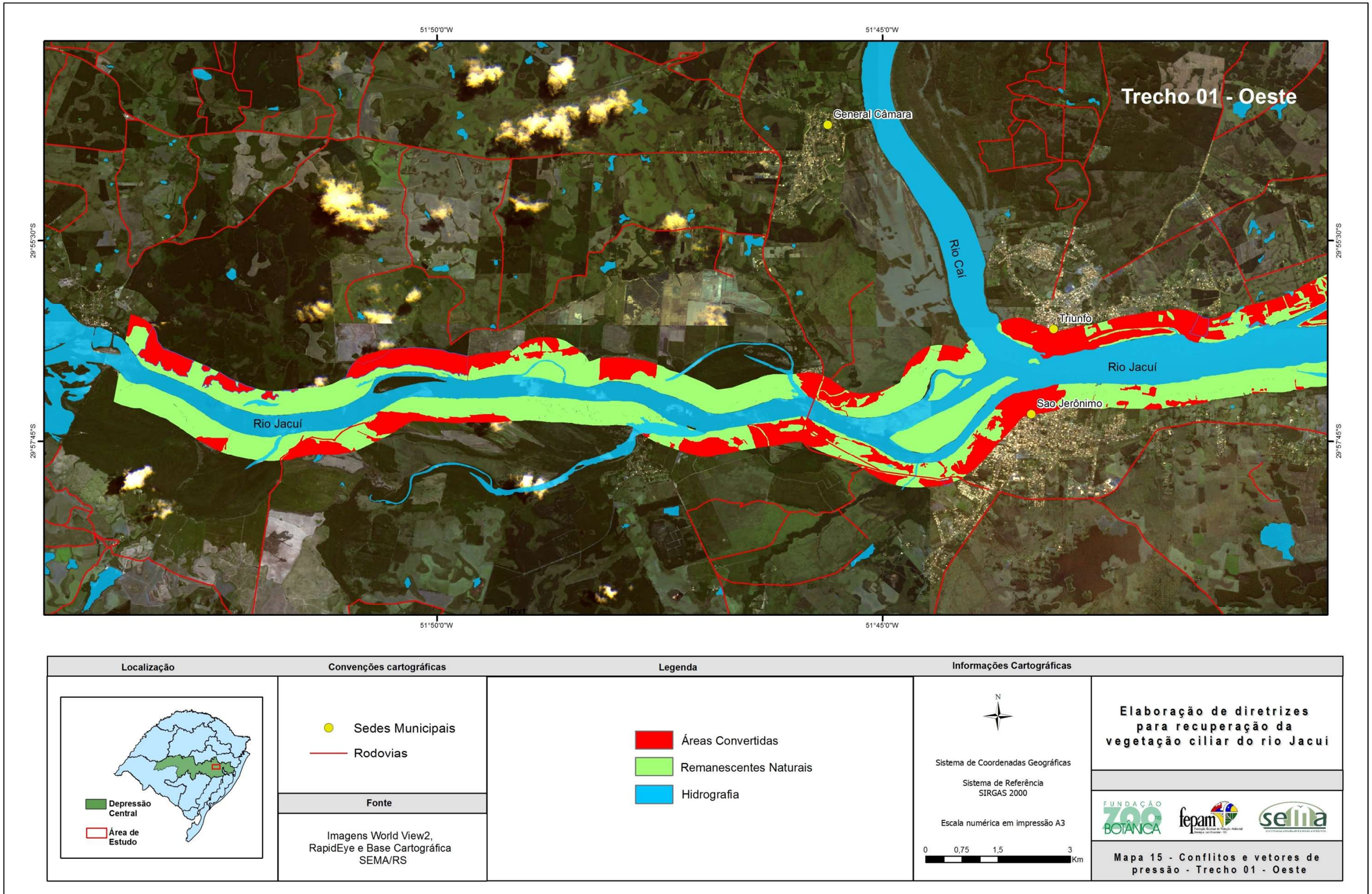
Figura 26. Destruição e alterações em Áreas de Preservação Permanente. A – Contraste entre margem estável vegetada (direita) e não vegetada (esquerda); B e C – Margem estável sem vegetação muito desgastada; D – Margem estável erodida; E – Margem erosiva sem vegetação; F, G e H – Acúmulo de sedimentos e destruição em margem deposicional por ausência de vegetação na margem erosiva oposta (E). Fotos: © Martin Molz



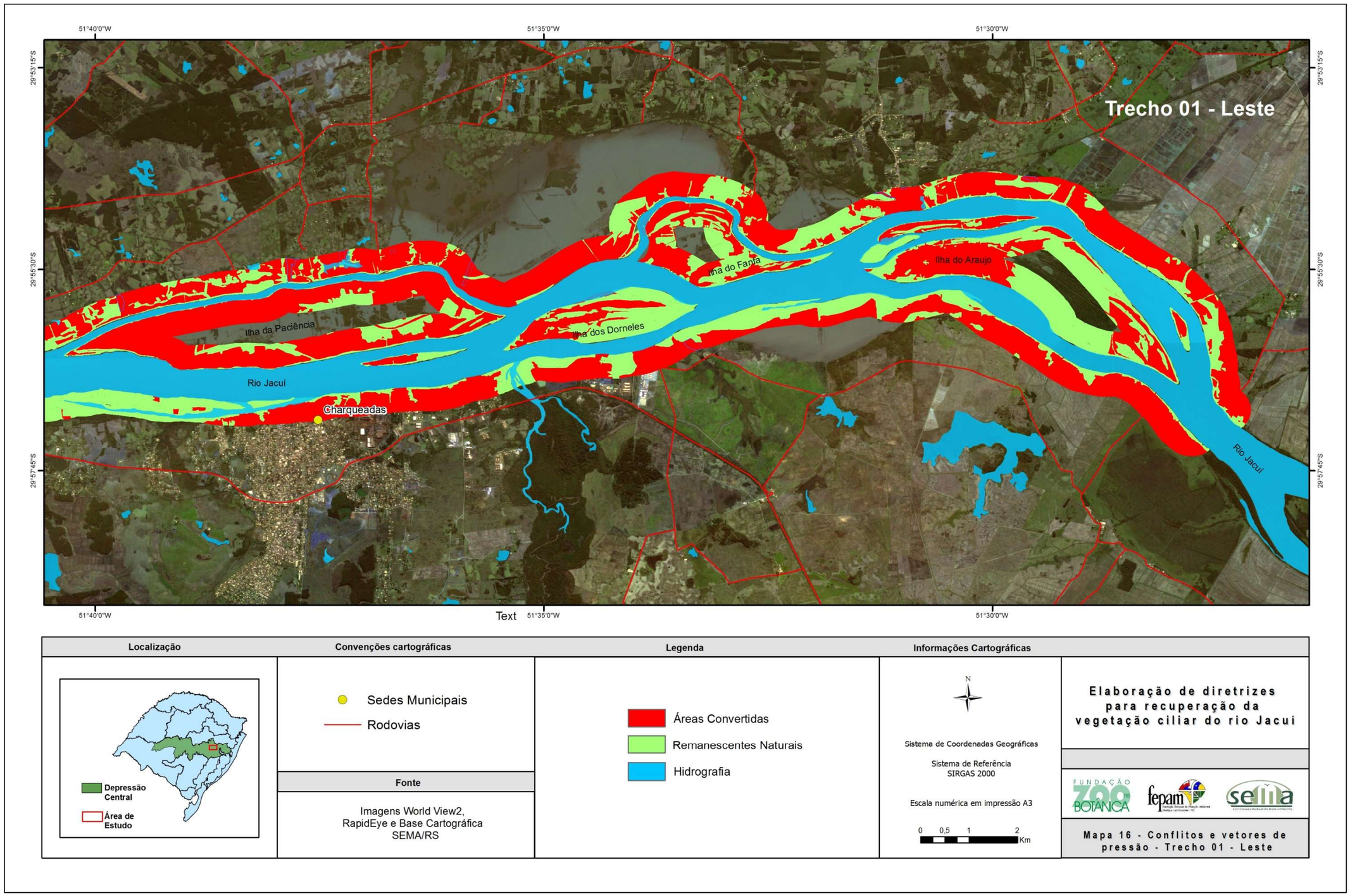
Mapa 13. **Conflitos e vetores de pressão (áreas convertidas) em Áreas de Preservação Permanente no baixo rio Jacuí.**



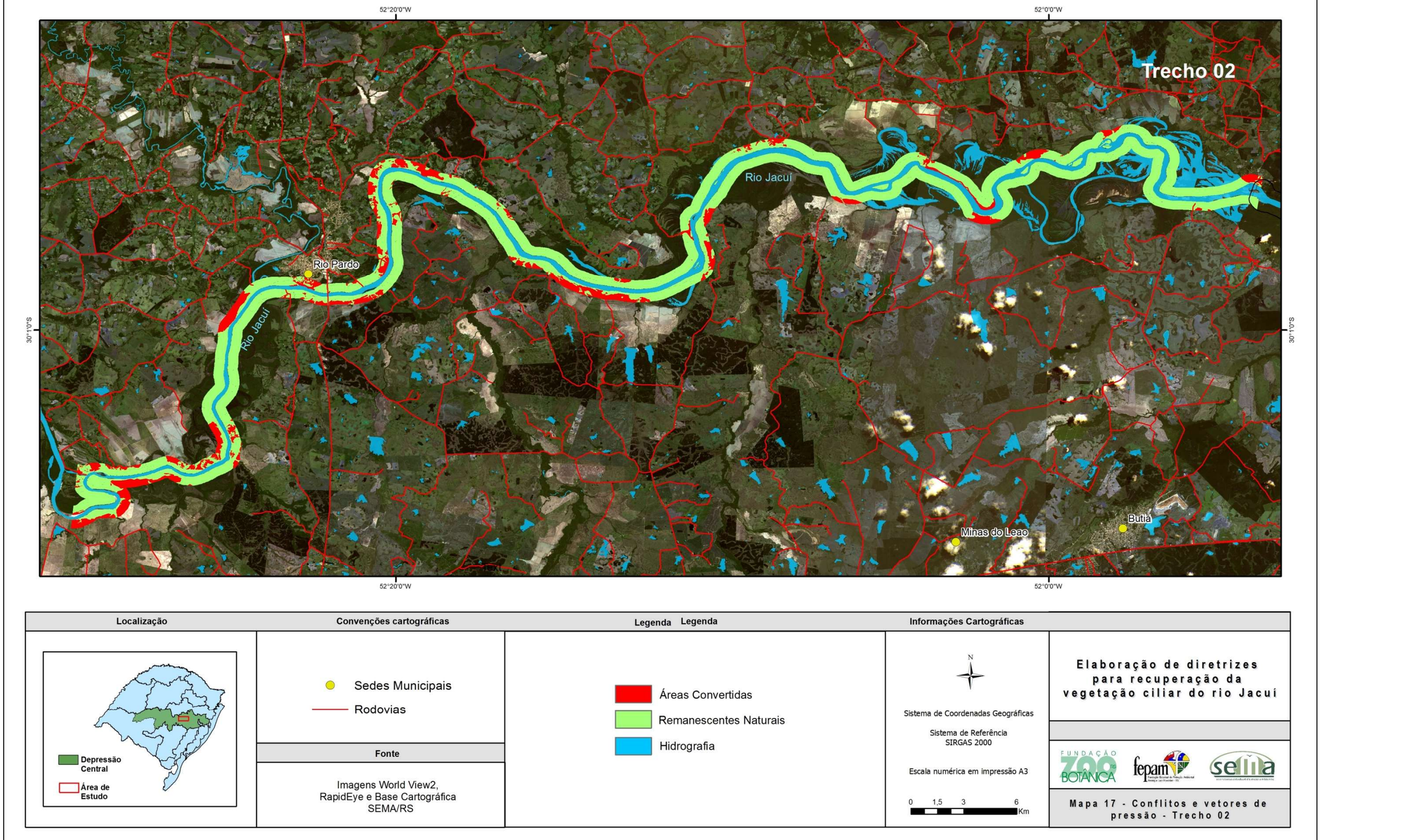
Mapa 14. **Conflitos e vetores de pressão (áreas convertidas) em Áreas de Preservação Permanente no Trecho 1 do baixo rio Jacuí.**



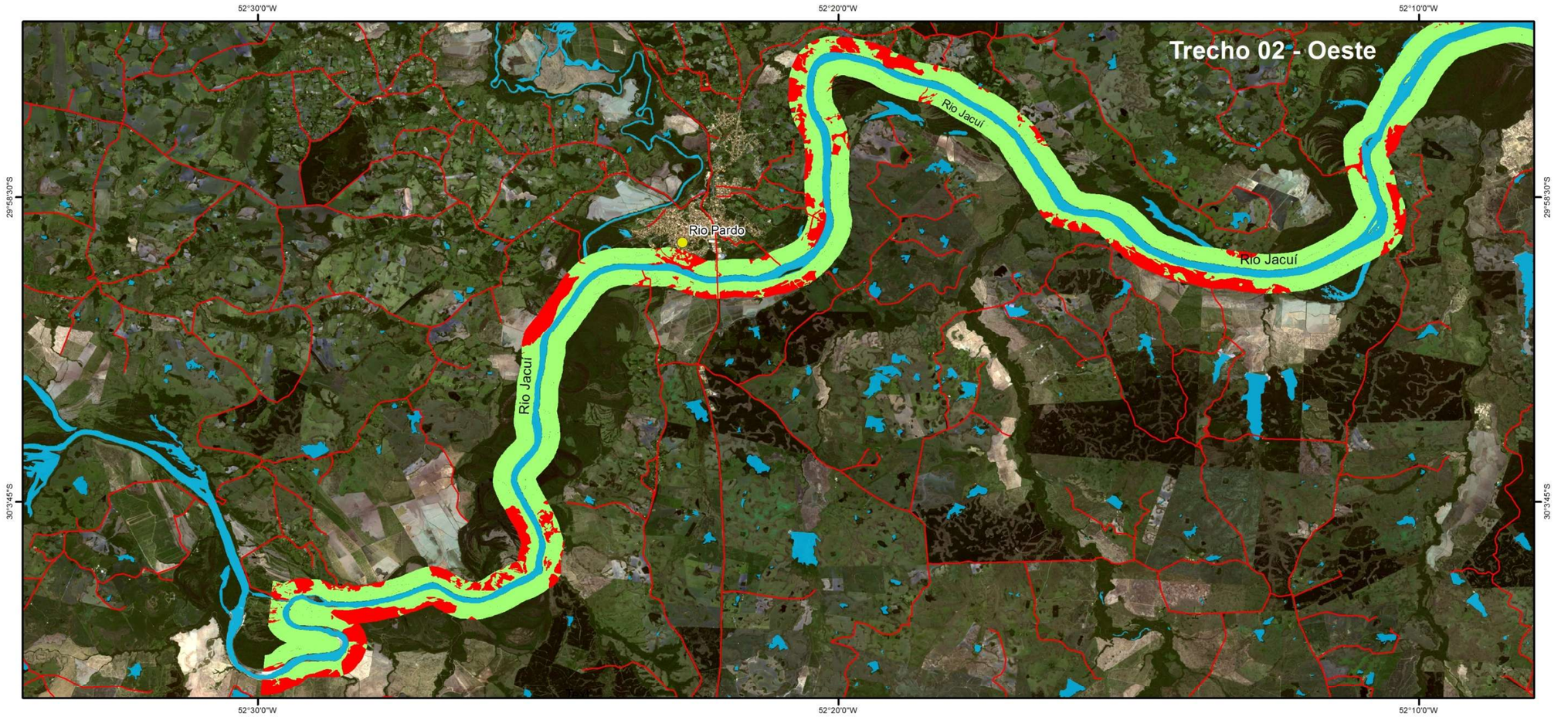
Mapa 15. Conflitos e vetores de pressão (áreas convertidas) em Áreas de Preservação Permanente no segmento oeste do Trecho 1 do baixo rio Jacuí.



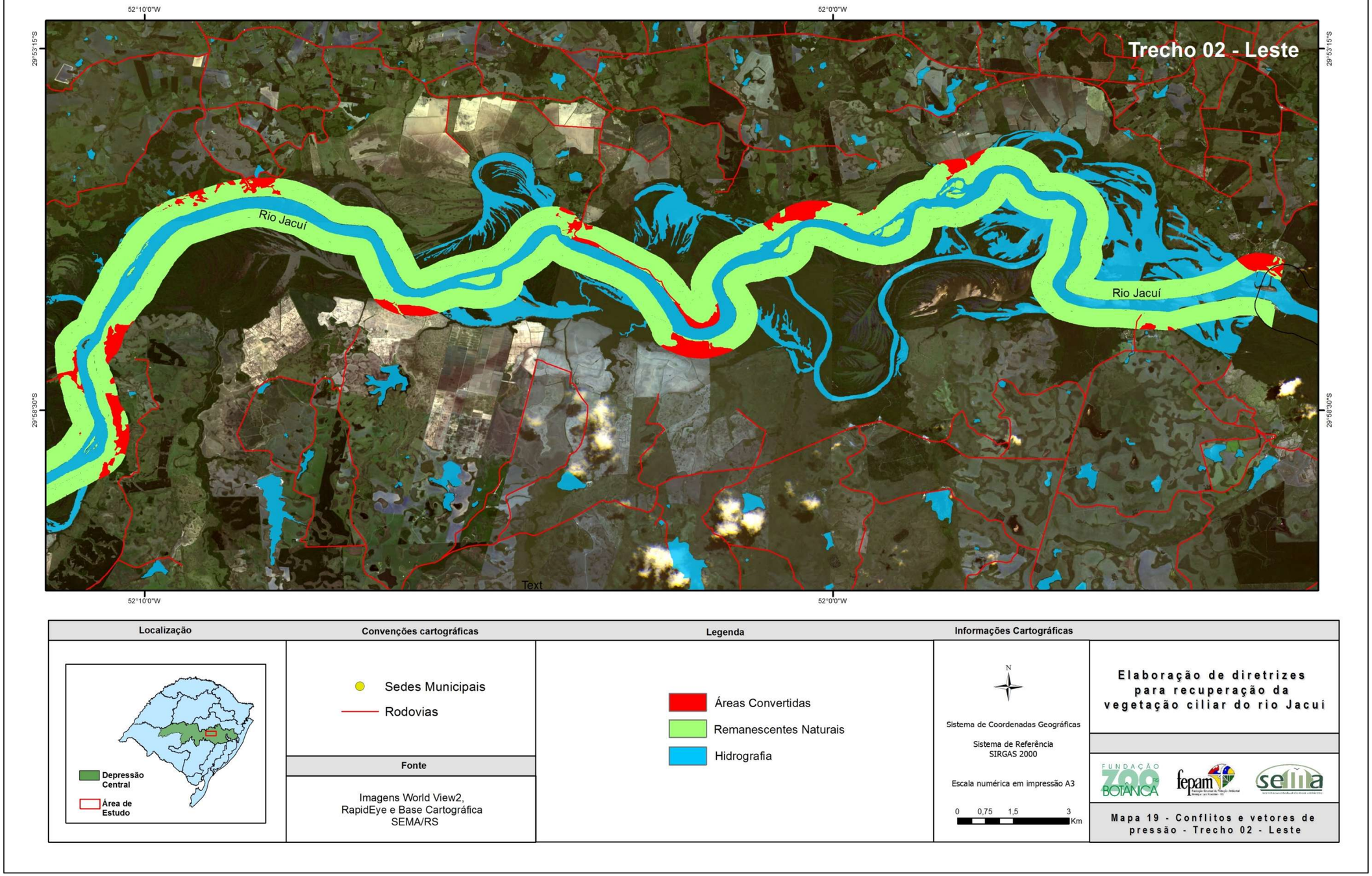
Mapa 16. **Conflitos e vetores de pressão (áreas convertidas) em Áreas de Preservação Permanente no segmento leste do Trecho 1 do baixo rio Jacuí.**



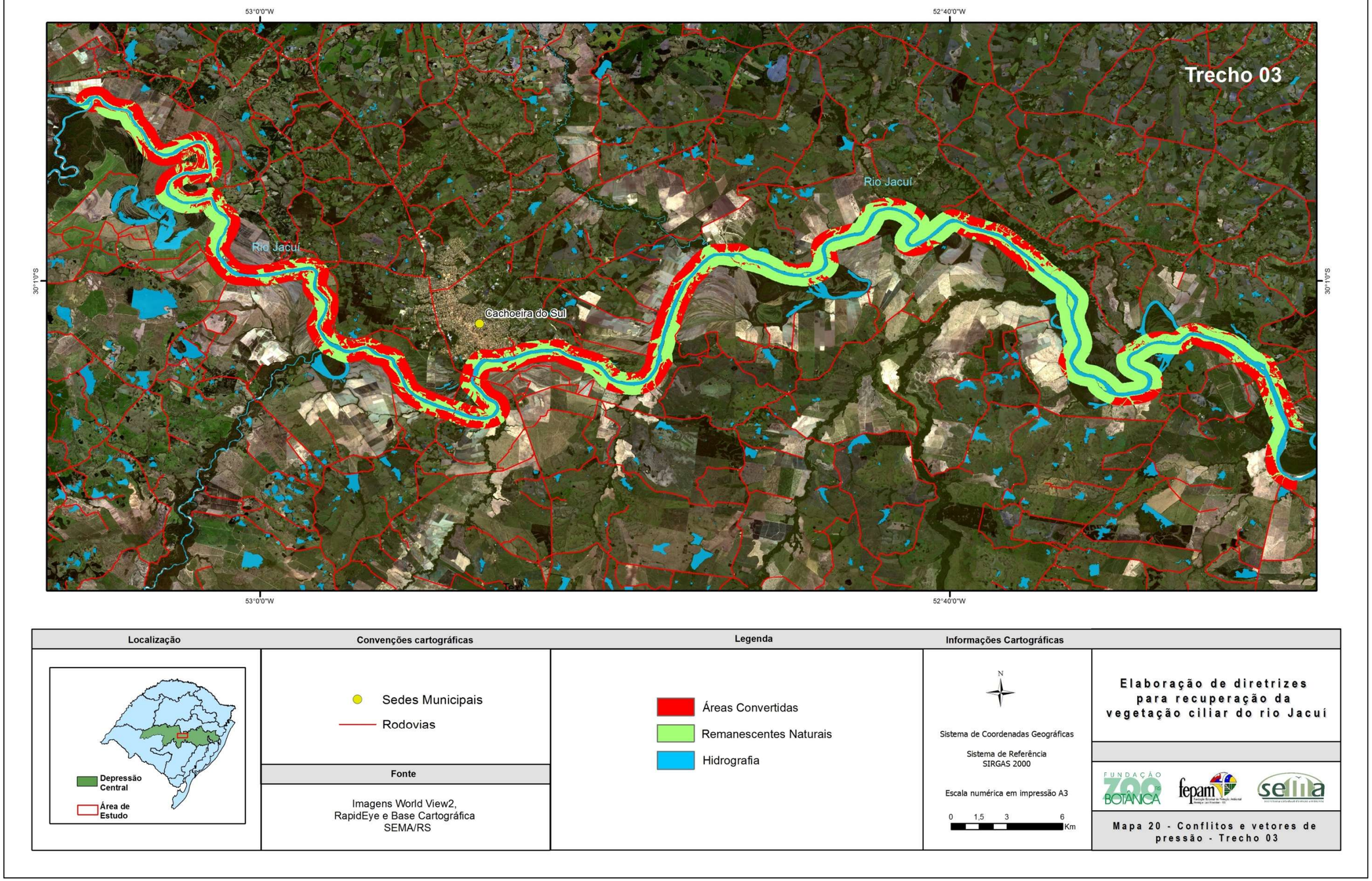
Mapa 17. **Conflitos e vetores de pressão (áreas convertidas) em Áreas de Preservação Permanente no Trecho 2 do baixo rio Jacuí.**



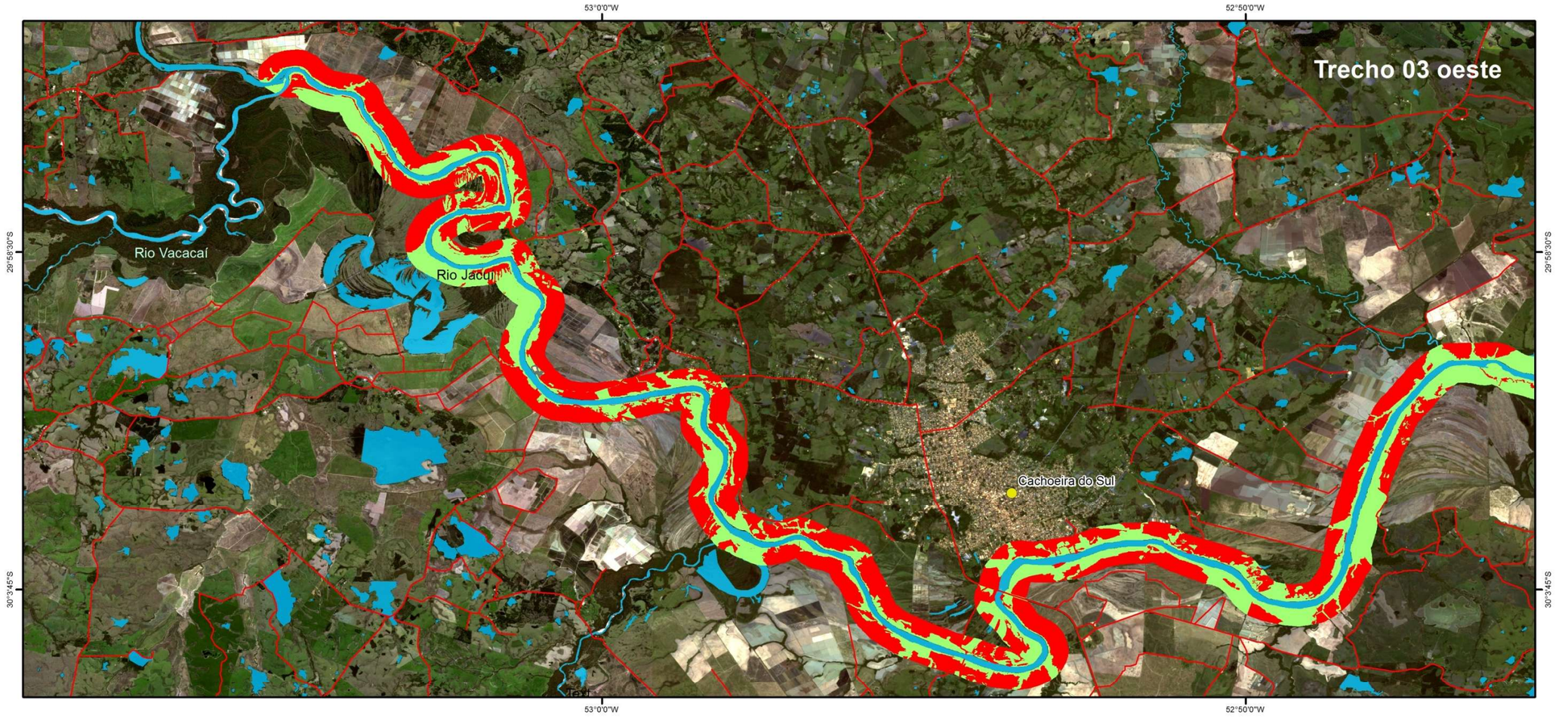
Mapa 18. Conflitos e vetores de pressão (áreas convertidas) em Áreas de Preservação Permanente no segmento oeste do Trecho 2 do baixo rio Jacuí.



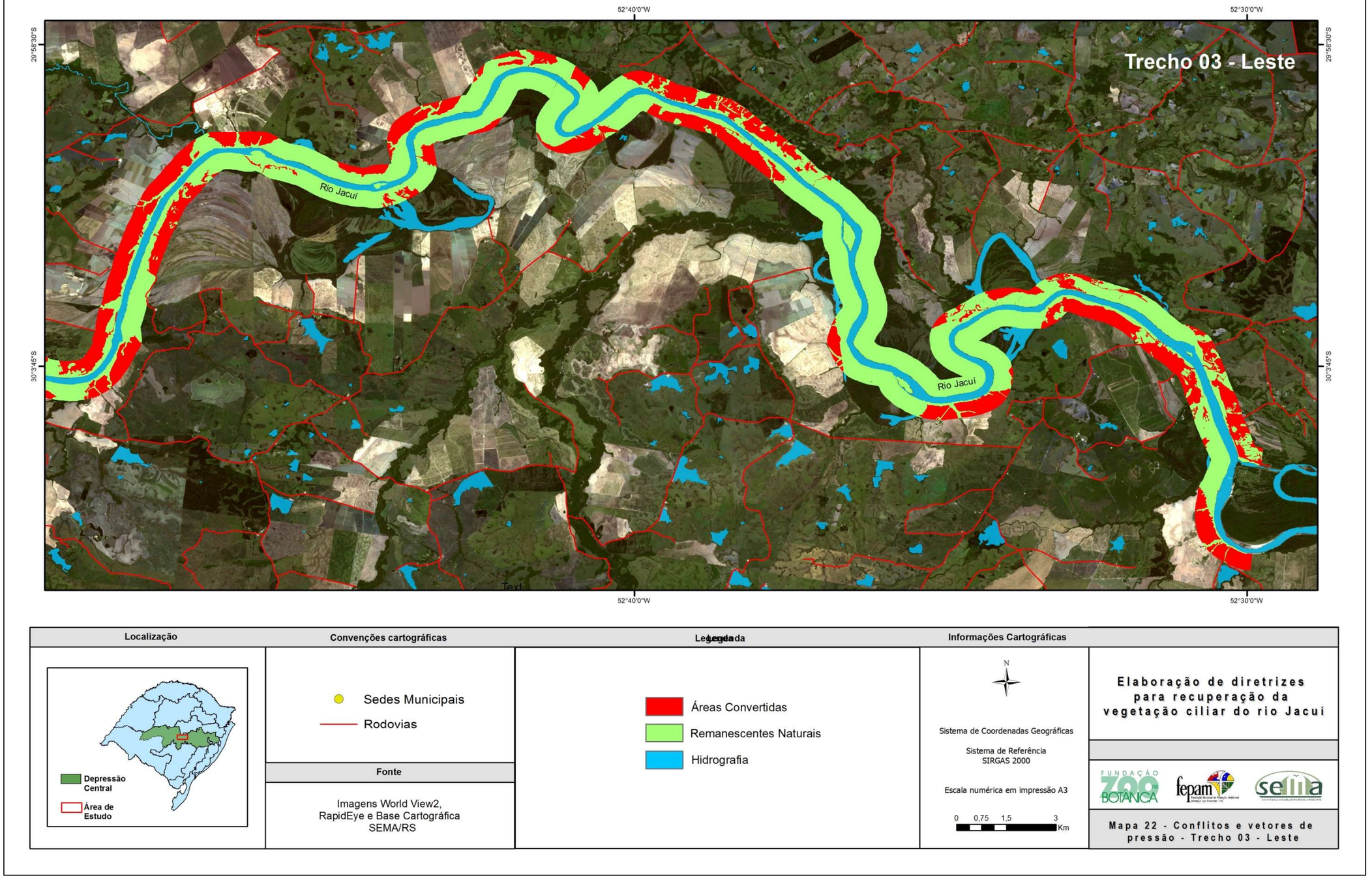
Mapa 19. **Conflitos e vetores de pressão (áreas convertidas) em Áreas de Preservação Permanente no segmento leste do Trecho 2 do baixo rio Jacuí.**



Mapa 20. **Conflitos e vetores de pressão (áreas convertidas) em Áreas de Preservação Permanente no Trecho 3 do baixo rio Jacuí.**



Mapa 21. **Conflitos e vetores de pressão (áreas convertidas) em Áreas de Preservação Permanente no segmento oeste do Trecho 3 do baixo rio Jacuí.**



Mapa 22. Conflitos e vetores de pressão (áreas convertidas) em Áreas de Preservação Permanente no segmento leste do Trecho 3 do baixo rio Jacuí.

Vegetação: formações e espécies mais características

A vegetação apresentou amplas variações nas formações e na composição, a qual é tratada em outra parte do texto. As diferenças resultam de contrastes ao longo do trajeto do rio e da heterogeneidade causada pela dinâmica das águas. A heterogeneidade ambiental é considerada um dos fatores determinantes na estruturação de comunidades (Stein *et al.* 2014, Yang *et al.* 2015) e, juntamente com a escala (e.g., Levin 1992, Chave 2013) e fatores climáticos (e.g., Stenseth *et al.* 2002, Woodward *et al.* 2004), é um fator-chave que afeta o desenvolvimento e a ordenação de gradientes ambientais.

A planície de inundação de um rio é dinâmica e variável, e mudanças temporais resultantes da dinâmica dos pulsos de inundação se refletem na distribuição e composição das comunidades vegetais na paisagem (e.g., Gregory *et al.* 1991). Como em outros rios, no baixo Jacuí o processo dinâmico das águas também origina variações marcantes na topografia, nos solos, na drenagem do terreno e, consequentemente, na distribuição das formações e das espécies que as compõem. Abaixo são brevemente descritas as formações na região, incluindo a distribuição de cada formação no gradiente de distância a partir do rio e suas espécies mais características.

Florestas

Incluíram diversas tipologias em geral facilmente identificáveis, mas a extraordinária variabilidade topográfica em alguns locais, sobretudo na várzea – com seus depósitos de sedimentos, valas de drenagem, baixadas etc. –, produz uma constante alternância entre formações mais características de áreas alagadas ou mal drenadas, que predominaram no segmento estudado, e outras de áreas mais ou menos bem drenadas. Deste modo, os limites entre formações nem sempre são rígidos e algumas vezes foi complexo designar um trecho como pertencente a esta ou aquela formação em particular.

Em áreas alagadas ou mal drenadas, os sítios com presença constante de gradientes entre formações florestais e limites por vezes pouco nítidos foram inclusos na tipologia denominada “floresta de várzea”. As demais formações florestais presentes na área de estudo foram o “camboinzal”, a “floresta de branquilhos” e a “floresta de ingazeiros”, igualmente de áreas mal drenadas, além da “floresta estacional”, única formação característica de áreas bem drenadas.

Camboinzal

Os camboinzais foram relativamente frequentes na várzea (Figura 27). São florestas baixas (até 8-9 m) com elevada densidade de indivíduos de camboim (*Myrciaria tenella*), a maioria deles muito ramificada. Em terrenos mais drenados os camboins ocorrem frequentemente com outras mirtáceas, como a pedra-ume-caá (*Myrcia multiflora*), a pitangueira (*Eugenia uniflora*), o guapití-una (*Eugenia mansoi*) e o guamirim-burro (*Eugenia hiemalis*), quando formam “matinhas de mirtáceas” (Figura 28), assim denominadas por Rambo (1956). Por serem florestas baixas, os camboinzais abrigam diversas espécies pioneiras e secundárias iniciais, mas quando acompanhados de outras mirtáceas exibem maior riqueza de espécies, algumas delas secundárias tardias.



Figura 27. **Camboinzal: formação dominada por indivíduos de camboim (*Myrciaria tenella*). Foto: © Martin Molz**



Figura 28. **Camboinzal associado a outras espécies de Myrtaceae ("matinha de mirtáceas", *sensu* Rambo 1956). Foto: © Martin Molz**

Floresta de várzea

Foi o termo genérico adotado para designar as florestas ao longo da planície de inundação (várzea) onde predominaram mosaicos florestais com ou sem a presença de uma espécie dominante. De um modo geral, as florestas de várzea sofrem inundação periódica ou permanente, apresentam riqueza de espécies reduzida e são fisionomicamente mais homogêneas (Figuras 29 a 34).

Os estratos foram geralmente dominados por poucas espécies: no dossel, que pode atingir 20 m de altura, foram comuns o ingá-de-beira-de-rio (*Inga vera*), o açoita-cavalo (*Luehea divaricata*), a canela (*Nectandra angustifolia*) e o aguaí (*Pouteria gardneriana*); no subdossel ocorreram o chá-de-bugre (*Casearia sylvestris*), o jerivá (*Syagrus romanzoffiana*), o camboatá-vermelho (*Cupania vernalis*), entre outras espécies; e no sub-bosque foram frequentes o branquilho (*Gymnanthes klotzschiana*), a laranjeira-do-mato (*Actinostemon concolor*), o camboim (*Myrciaria tenella*) e a pitangueira, por exemplo. No estrato arbustivo as espécies mais abundantes foram o cafeeiro-do-mato (*Psychotria carthagenensis*) e a embira (*Daphnopsis racemosa*). O ingá-de-beira-de-rio e o branquilho formam algumas vezes florestas com elevada densidade de indivíduos, onde o primeiro ocupa o dossel e o segundo domina o sub-bosque, acrescidos de algumas poucas outras espécies.



Figura 29. Floresta de várzea junto à foz do arroio Capivari (metade direita da imagem), Rio Pardo. Foto: © Martin Molz



Figura 30. **Floresta de várzea com muitos taquaruçus-de-espinho (*Guadua trinii*). Foto: © Martin Molz**



Figura 31. **Floresta de várzea e sarandis (junto à água) na lagoa das Pombas, Rio Pardo. Foto: © Martin Molz**



Figura 32. Floresta de várzea com salgueiros (*Salix humboldtiana*) próxima ao Delta do Jacuí, Triunfo. Foto: © Martin Molz

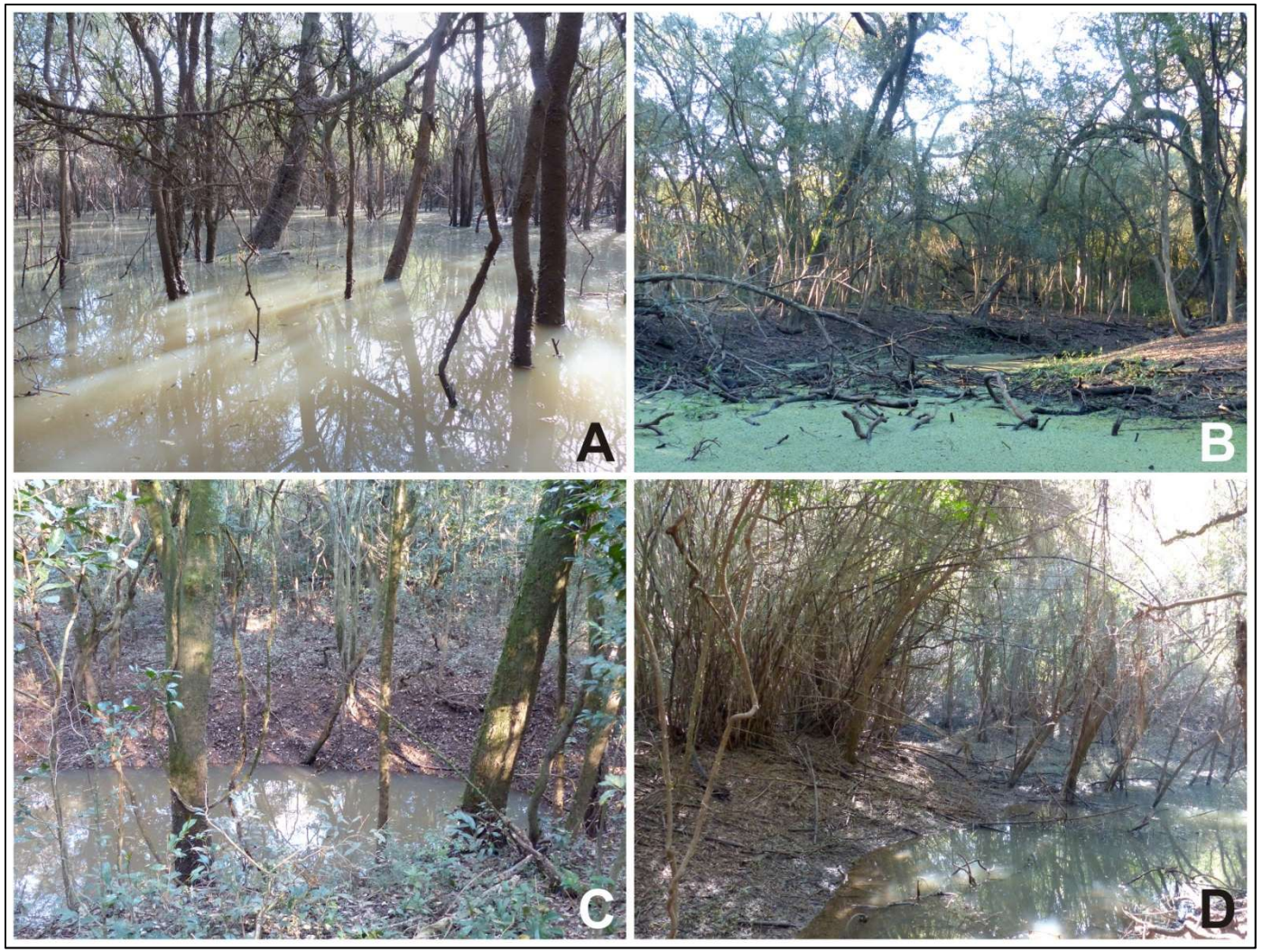


Figura 33. Florestas de várzea: A – Floresta alagada; B – Floresta com vala e numerosos escombros lenhosos; C – Efeitos de microvariações topográficas sobre a drenagem e a vegetação; D – Floresta com taquaruçus-de-espinho (*Guadua trinii*). Fotos: © Martin Molz

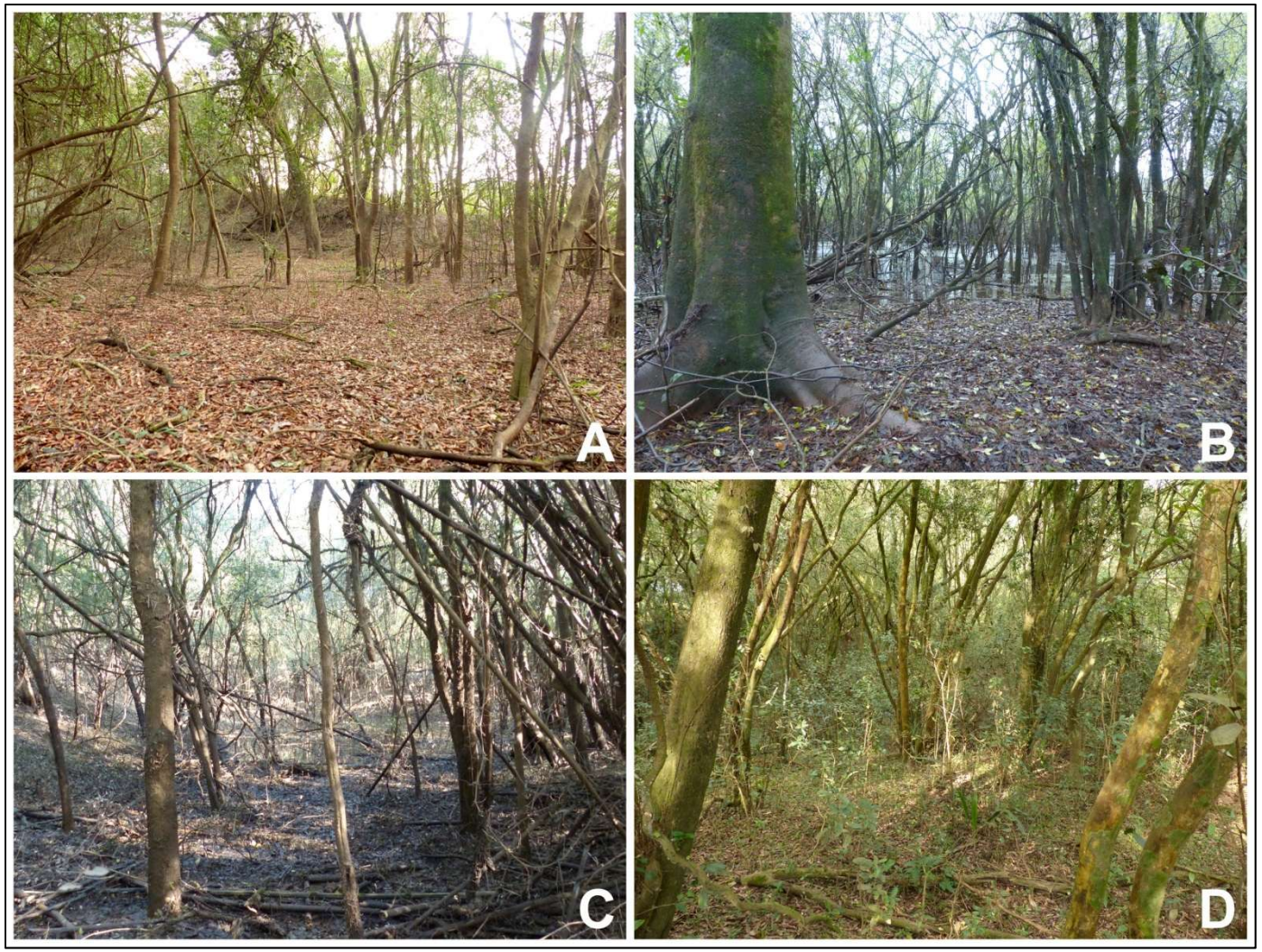


Figura 34. Florestas de várzea: A – Floresta contígua ao dique marginal; B – Transição entre uma área mal drenada e outra alagada; C – Floresta sujeita a longos períodos de inundação; D – Floresta sujeita a breves períodos de inundação. Fotos: © Martin Molz

Floresta de branquilhos

Foi uma das formações mais homogêneas e características na várzea do rio em trechos mal drenados, quase sempre próxima a sarandizais (Figuras 35 e 36). Trata-se de uma floresta baixa com até 10-12 m de altura e elevada densidade de indivíduos de branquilho (*Gymnanthes klotzschiana*), por vezes acompanhados de uns poucos indivíduos de outras espécies. Ocorreu principalmente em torno de áreas permanentemente alagadas.



Figura 35. Floresta de branquilhos (*Gymnanthes klotzschiana*). Foto: © Martin Molz



Figura 36. Floresta de branquilhos: A – Aspecto exterior da formação; B – Aspecto interior da formação. Fotos: A – © Martin Molz; B – © Mariano Pairet

Floresta de ingazeiros

A floresta de ingazeiros (Figuras 37 e 38) também esteve entre as formações mais distintivas de áreas temporária ou permanentemente alagadas na planície de inundação do rio. Caracteriza-se pela dominância de ingá-de-beira-de-rio (*Inga vera*), que em alguns trechos podem representar até 95% de todos os indivíduos no dossel. É uma formação bastante homogênea, algumas vezes com indivíduos de porte elevado que podem atingir até 1 m de diâmetro e mais de 20 m de altura.



Figura 37. Floresta de ingazeiros: Aspecto exterior em área do rio sem dique marginal. Foto: © Martin Molz

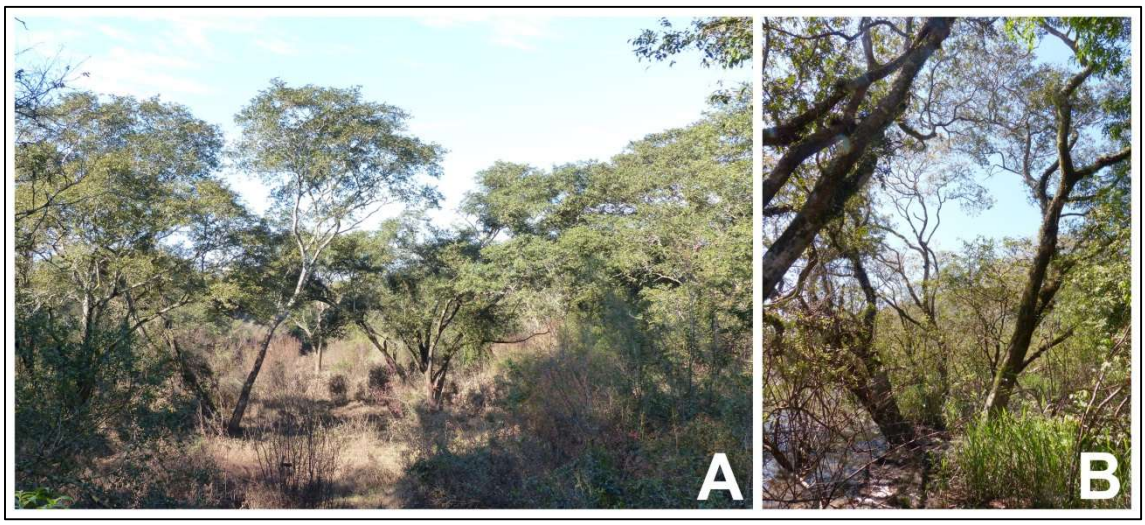


Figura 38. Floresta de ingazeiros: A – Ingás-de-beira-de-rio (*Inga vera*) colonizando a várzea; B – Floresta de ingazeiros na beira do rio Jacuí, São Jerônimo. Fotos: © Martin Molz

Floresta estacional

Dada a preponderância de espécies estacionais, as florestas em áreas bem drenadas ou sujeitas a breves períodos de inundação foram denominadas de florestas estacionais. De modo geral foram bastante heterogêneas devido a variações no terreno, distribuindo-se sobre o dique marginal (Figura 39) e elevações na planície de inundação, margens altas de lagoas (Figura 40) e encostas (Figura 41). Quanto mais próximas ao rio e/ou sujeitas a pulsos de inundação, mesmo que por breves períodos, menores a riqueza de espécies e o porte da floresta; quanto mais distantes do rio e/ou em terrenos bem drenados, maiores a riqueza e o porte da floresta (Figura 42).

As florestas situadas sobre o dique marginal variaram em composição, riqueza e porte (12-20 m de altura) de acordo com a elevação, a extensão e o tempo de formação do dique. O terreno do dique costuma ser relativamente bem drenado, mas sujeito a períodos de inundação. Nas áreas bem drenadas e estáveis foram comuns indivíduos emergentes de grápia (*Apuleia leiocarpa*), espécie muito característica que se destaca fisionomicamente na paisagem, tanto no dique quanto na encosta. Em florestas mais altas foram relativamente frequentes no dossel o açoita-cavalo, o angico-vermelho (*Parapiptadenia rigida*), o camboatá-branco (*Matayba elaeagnoides*), a canela (*Nectandra angustifolia*), a guajuvira, a batinga-branca (*Eugenia ramboi*), o marmeleiro (*Ruprechtia laxiflora*) e a uvaia (*Eugenia pyriformis*); no subdossel ocorreram o aguaí (*Pouteria gardneriana*), o chá-de-bugre, a guabirobeira (*Campomanesia xanthocarpa*), o chal-chal (*Allophylus edulis*), o jerivá e o araticum (*Annona neosalicifolia*), entre outras; no sub-bosque a laranjeira-do-mato, a pitangueira, o cincho, o camboim, a pedra-ume-caá, o camboim-pitanga (*Eugenia uruguayensis*), o guamirim (*Eugenia verticillata*) e os branquilhos (*Gymnanthes* spp.).

Eventualmente o dique marginal apresenta uma barranca arenosa voltada para o rio, mas que nem sempre se caracteriza como floresta estacional. Ali podem ocorrer no dossel o açoita-cavalo, a grápia, o angico e o camboatá-branco; no subdossel o chá-de-bugre e a guabirobeira, entre outras; e no sub-bosque a laranjeira-do-mato, o cincho e muitas mirtáceas, incluindo indivíduos de pitangueira, camboim, camboim-pitanga, pedra-ume-caá e guapití-una, esta uma espécie estenoécia que no Rio Grande do Sul é restrita a solos arenosos e áreas sujeitas a inundações nas bacias dos rios Jacuí e Ibicuí.

As florestas situadas nos terraços (encosta) apresentaram maior riqueza, dossel mais alto (>20 m de altura) e estrutura mais complexa e diversificada. A composição variou naturalmente conforme local e o estágio sucessional da vegetação. Nas florestas mais conservadas foi notória a presença de três estratos: dossel, subdossel e sub-bosque, onde, além das espécies já citadas para o dique marginal, ocorreram no dossel indivíduos de figueira (*Ficus cestrifolia* e *Ficus luschnathiana*), timbaúva (*Enterolobium contortisiliquum*), ipê-roxo (*Handroanthus heptaphyllus*), coronilha (*Sideroxylon obtusifolium*), aguaís (*Chrysophyllum marginatum* e *Chrysophyllum gonocarpum*), farinha-seca (*Machaerium paraguariense*), capororocão (*Myrsine guianensis*), caroba (*Jacaranda micrantha*), cedro (*Cedrela fissilis*) e canjerana (*Cabralea canjerana*), entre outras. Distribuídos entre o dossel e o sub-bosque foram encontrados o catiguá (*Trichilia claussenii*), a guaçatonga (*Casearia decandra*), a cerejeira (*Eugenia involucrata*), o louro-salgueiro (*Cordia ecalyculata*), o araçazeiro-do-mato (*Myrcianthes gigantea*) e o guabiju (*Myrcianthes pungens*), entre outras. No sub-bosque foram comuns a

laranjeira-do-mato, o cincho, o pau-de-ervilha (*Trichilia elegans*), o cafeeiro-do-mato (*Faramea montevidensis*), o pau-d'arco (*Guarea macrophylla*) e a viuvinha (*Chomelia obtusa*). Em áreas secundárias ocorreram diversas espécies de canela (e.g., *Nectandra megapotamica* e *Ocotea puberula*), aroeira-braba (*Lithraea brasiliensis*), gaioleira (*Aegiphila integrifolia*), capororoquinha (*Myrsine coriacea*), grandiúva (*Trema micrantha*) e assa-peixe (*Boehmeria caudata*), entre muitas outras.



Figura 39. Floresta estacional sobre dique marginal no rio Jacuí, Rio Pardo. Foto: © Martin Molz

Por causa de sua composição e estrutura e da exploração madeireira iniciada já no século 18, a floresta estacional foi a mais explorada entre as formações analisadas. Durante a instalação dos primeiros povoados portugueses no Estado, desenvolveu-se a construção naval com um número crescente de estaleiros que procuravam madeiras apropriadas (Noelli 2000). A quantidade e a qualidade das madeiras no Delta do Jacuí e "adjacências" ocasionou a sobrexploração das espécies com madeiras valiosas. Já em 1850 o delegado da Capitania do Porto em Porto Alegre, Manuel de Oliveira Paes, encarregado de avaliar as reservas florestais, relata que "o litoral do Jacuí, até Rio Pardo, está todo destruído, e não oferece madeiras de lei" (AHRGS 1850, *apud* Noelli 2000). É natural, portanto, que espécies mais nobres como o ipê-roxo, a caroba, a guajuvira, o louro-pardo, a grápia, o angico-vermelho, a canjerana e o cedro, tenham sido outrora muito mais abundantes na floresta estacional e que, atualmente, sejam mesmo raras ou ausentes em alguns remanescentes.



Figura 40. **Floresta estacional de encosta na margem da lagoa do Vasco, Cachoeira do Sul. Foto: © Martin Molz**



Figura 41. **Floresta estacional de encosta (segundo plano) após a planície (primeiro plano), Cachoeira do Sul. Foto: © Martin Molz**

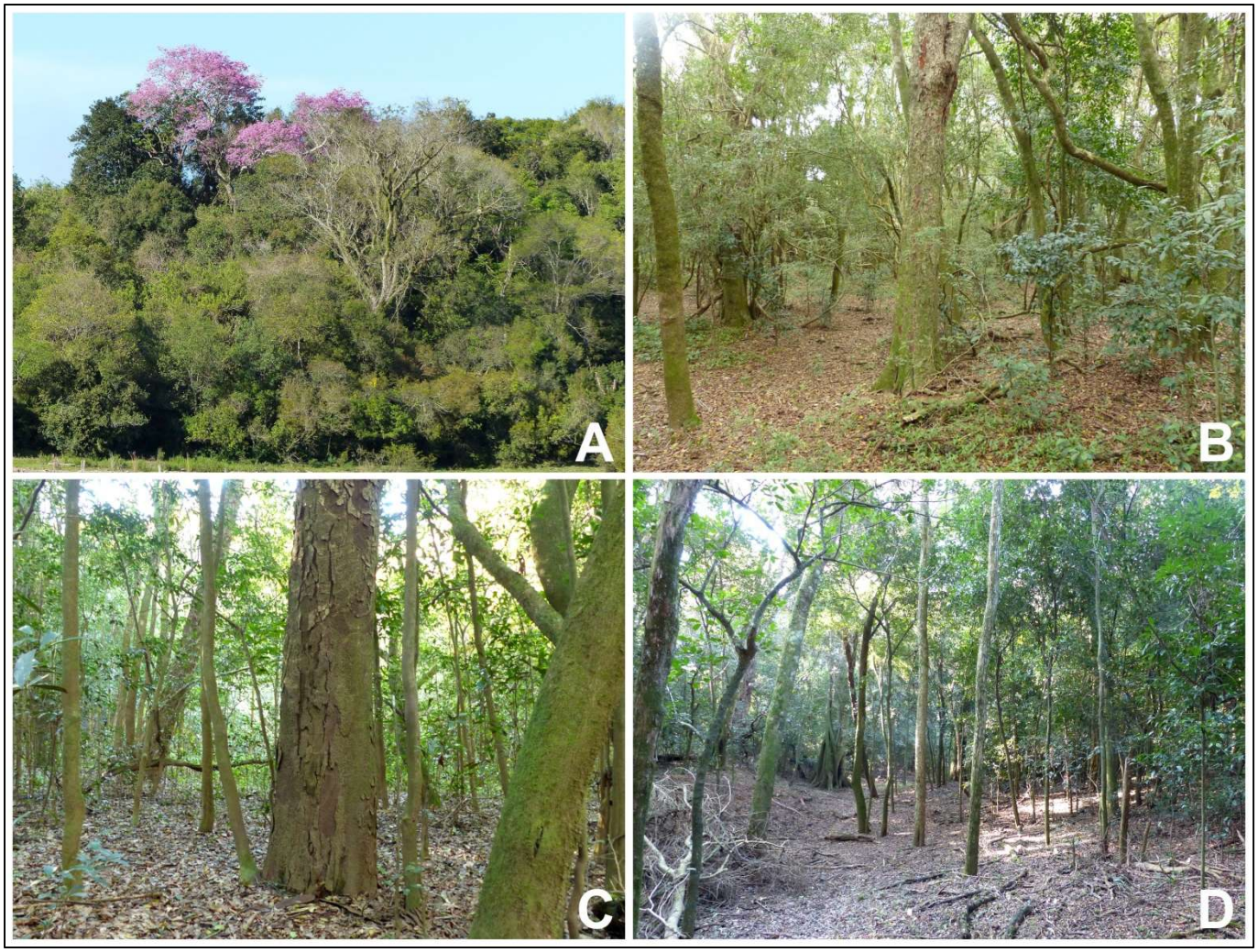


Figura 42. **Florestas estacionais: A – Floresta de encosta, General Câmara; B – Floresta bem drenada na planície de inundação sob a influência de pastejo; C – Floresta sujeita a breves períodos de inundação; D – Floresta sobre o dique marginal. Fotos: © Martin Molz**

Áreas úmidas

As áreas úmidas incluíram formações florestais e não florestais, como banhados, maricazais e sarandizais, além de mosaicos de vegetação, lagoas, meandros etc.

Banhados

Os banhados são áreas permanente ou temporariamente alagadas com uma vegetação típica formada por macrófitas aquáticas (Figura 43), plantas que se adaptam a solos encharcados, alagados ou com águas rasas. Foram mais frequentes próximo ao Delta do Jacuí, onde os terrenos são mais planos e a largura da planície de inundação é maior.



Figura 43. Área de banhado a oeste do Porto Batista, Triunfo. Foto: © Martin Molz

Maricazal

O maricazal é uma formação pioneira característica de áreas periodicamente inundáveis constituído por maricás (*Mimosa bimucronata*) no estrato superior e predominantemente recoberto por gramíneas no estrato inferior (Figura 44). Foi pouco frequente.

Sarandizal

Tipologia associada a terrenos permanente ou temporariamente alagados, como a beira do rio, lagoas, meandros e terrenos mal drenados com lâmina d'água. Foram constituídos por uma ou mais espécies de sarandis (Figuras 45 e 46), como o sarandi-vermelho (*Phyllanthus sellowianus*), o sarandi-branco (*Cephalanthus glabratus*), o sarandi-miúdo (*Gymnanthes schottiana*), o sarandi-amarelo (*Terminalia australis*) e, em menor abundância, o maricá.



Figura 44. **Maricazal próximo à foz do rio Botucaraí, Cachoeira do Sul. Foto: © Martin Molz**



Figura 45. **Sarandizal na Fazenda Lagoa dos Coqueiros, Rio Pardo. Foto: © Martin Molz**



Figura 46. Macrófitas (primeiro plano), sarandizal (segundo plano) e floresta de várzea (terceiro plano) na lagoa Moderna, Cachoeira do Sul. Foto: © Martin Molz

Campos

Os campos na região pertencem ao domínio do Pampa (bioma, *sensu* IBGE 2004), e aqueles ao longo do vale do Rio Jacuí são denominados campos da Depressão Central (Overbeck *et al.* 2015). Esses campos abrangem diferentes tipos de solo e caracterizam-se pela presença de dois estratos, o mais baixo dominado por gramíneas rizomatosas, como o capim-forquilha (*Paspalum notatum*), e o mais alto por touceiras de gramíneas cespitosas, como o capim-rabo-de-burro (*Schizachyrium microstachyum*) e espécies de compostas (Asteraceae). Restam poucos fragmentos na região e raríssimos na faixa estudada (Figura 47).



Figura 47. Contato campo-floresta próximo à várzea do Jacuí, Rio Pardo. Foto: © Martin Molz

Composição e aspectos estruturais

Foram amostrados 2.636 indivíduos pertencentes a 229 espécies de plantas vasculares. Destes, 2.462 pertenceram a espécies arbóreas ou arborescentes nativas no Estado (Tabela 2).

Tabela 2. Atributos das espécies arbóreas e arborescentes amostradas por zonas no rio Jacuí.

Atributos	Dique	Encosta	Várzea	Total
Riqueza de espécies	105	145	117	170
Anemocóricas	89	121	110	320
Autocóricas	76	61	191	328
Zoocóricas	418	609	787	1.814
Número de indivíduos	583	791	1.088	2.462

A maioria dos registros ocorreu na zona de várzea (44%), que ocupou a maior parte da faixa de 500 m em ambas as margens ao longo da área de estudo. Por outro lado, a riqueza específica foi maior na zona de encosta, onde foram observadas 85% das espécies, provavelmente pelas condições mais estáveis, sem pulsos de inundação, anoxia e outras condições limitantes. Essas variações são resultantes do regime hídrico, que pode ser o principal fator ambiental associado à distribuição de espécies (Oliveira-Filho *et al.* 1994, Pinto *et al.* 2005).

Em processos de recuperação da vegetação, o conhecimento relativo a grupos ecológicos é atributo ecológico determinante na escolha das espécies (Quadro 1). A maioria das espécies foi secundária inicial (60%), seguindo-se em proporções semelhantes pioneiras (21%) e secundárias tardias (19%). Quanto mais sujeito a inundações o terreno, tanto maior foi a densidade de indivíduos de espécies pioneiras. Assim, proporcionalmente a maior densidade de indivíduos de pioneiras ocorreu na várzea, seguida pelo dique e pela encosta. O contrário sobreveio com as espécies secundárias tardias, que tiveram maior densidade relativa na encosta, seguida pelo dique e então pela várzea. Essa informação é especialmente relevante para ações de recuperação de áreas degradadas na várzea, onde o ambiente heterogêneo e dinâmico possui muitos fatores limitantes ao estabelecimento de espécies de estágios sucessionais mais avançados.

Um segundo atributo ecológico fundamental em processos de recuperação da vegetação são as estratégias de dispersão. Nas três zonas, cerca de ¾ das espécies são dispersas por animais, evidenciando a importância das interações animal-planta em comunidades ciliares. As interações entre organismos influenciam sua abundância, distribuição, fenótipos e composição genotípica (Strauss & Irwin 2004), produzindo consequências ecológicas e evolutivas que influenciam em processos de recuperação da vegetação.

Segundo os dados qualitativos, todas as espécies anemocóricas amostradas ocorreram na zona de encosta, onde se situam as florestas de porte mais elevado. Florestas estacionais em estágio avançado têm caracteristicamente muitas árvores altas e emergentes, e para várias dessas espécies de grande porte a anemocoria é a estratégia ecológica de dispersão de diásporos. As poucas espécies anemocóricas de menor porte na área de estudo são todas pioneiras ou de áreas abertas, o que também permite a dispersão de seus diásporos. Já a maior concentração de espécies autocóricas ocorreu no dique marginal e na várzea.

O número de indivíduos de espécies anemocóricas foi proporcionalmente superior no dique e na encosta (50% maior do que na várzea), que são as duas zonas ocupadas por floresta estacional. As autocóricas tiveram uma densidade superior na planície de inundação, incluindo a várzea e o dique marginal. A maioria das espécies autocóricas foi representada por arvoretas ou árvores medianas, que compreenderam principalmente plantas de sub-bosque ou associadas a áreas alagadas e mal drenadas. Parte dessas espécies de menor porte se serve de mecanismos de dispersão explosiva; outras utilizam a barocoria, incluindo leguminosas de porte elevado como o angico-branco (*Albizia edwallii*), a timbaúva (*Enterolobium contortisiliquum*), os rabos-de-bugio (*Lonchocarpus nitidus* e *Muellera campestris*) e a corticeira-da-serra (*Erythrina falcata*). Quanto à densidade de zoocóricas, as zonas analisadas não apresentaram diferença significativa entre si quanto ao total de indivíduos em cada zona.

Um terceiro atributo levado em consideração foi a drenagem do terreno, decisiva na distribuição das espécies ao longo da área de influência do rio. Seis espécies (≈3%) foram características de áreas alagadas: quatro sarandis (*Cephalanthus glabratus, Gymnanthes schottiana, Phyllanthus sellowianus* e *Terminalia australis*) e também a laranjeira-do-banhado (*Citronella gongonha*) e a corticeira-do-banhado (*Erythrina crista-galli*). Estas espécies, juntamente com o maricá (*Mimosa bimucronata*), que também ocorreu em áreas alagadas, mas não só, compõem comunidades onde usualmente foram dominantes de modo individual ou conjunto. Apenas oito espécies (≈5%) são adaptadas a terrenos mal drenados; 32 (19%) são indiferentes, ocorrendo tanto em terrenos bem drenados quanto mal drenados; e 124 (73%) ocorreram preferencialmente em terrenos bem drenados, mas foram eventualmente encontradas em áreas menos bem drenadas. Em diversas ocasiões foi o que se registrou na várzea, onde terrenos um pouco mais elevados abrigaram espécies características de áreas bem drenadas.

As famílias ricas no levantamento foram Myrtaceae e Fabaceae (Figura 48), respectivamente a primeira e a segunda em riqueza de espécies arbóreas no Estado (Reitz *et al.* 1983, Sobral *et al.* 2013), seguidas por outras quatro famílias. Myrtaceae foi registrada com maior expressividade em estudos situados na porção leste do Estado (e.g., Jarenkow 1994, Jurinitz & Jarenkow 2003, Molz 2004), região mais chuvosa e úmida, enquanto que Fabaceae apareceu como mais diversa naqueles realizados nas porções central e oeste (e.g., Vasconcellos *et al.* 1992, Jarenkow & Waechter 2001), regiões menos chuvosas. Isso se reflete nas estratégias ecológicas das espécies que o7correram ao longo do Jacuí. Muitas das espécies amostradas de Myrtaceae foram secundárias tardias e outras tantas secundárias iniciais, mas todas zoocóricas quanto à dispersão. Em Fabaceae, ao contrário, as espécies foram em sua maioria secundárias iniciais e pioneiras quanto ao grupo ecológico, e em sua maioria com dispersão autocórica ou anemocórica. Myrtaceae e Fabaceae também se destacaram em número de indivíduos em todas as zonas da faixa amostrada.

Quadro 1. **Espécies, famílias e respectivos nomes populares, grupos ecológicos, síndromes de dispersão, distribuição no terreno (classes de drenagem) e de acordo com as zonas ciliares.** Acrônimos – ***Grupos ecológicos:*** PI – **pioneira;** SI – **secundária inicial;** ST – **secundária tardia.** ***Síndromes de dispersão:*** ANE – **anemocórica;** AUT – **autocórica;** ZOO – **zoocórica.** ***Terreno:*** AL – **alagado;** BD – **bem drenado;** MD – **mal drenado;** IN – **indiferente.** ***Zonas da faixa ciliar e suas classes de frequência:*** 0 – **ausente;** 1 – **pouco frequente;** 2 – **frequente;** 3 – **muito frequente.**

Família	Espécie	Nome popular	Grupo ecológico	Síndrome de dispersão	Terreno	Frequência		
						Dique	Encosta	Várzea
Anacardiaceae	*Lithraea brasiliensis*	bugre, aroeira-braba	PI	ZOO	BD	1	2	2
	Schinus longifolia	assobiadeira	PI	ZOO	BD	1	1	1
	Schinus molle	aroeira-salso	PI	ZOO	BD	0	1	0
	Schinus terebinthifolia	aroeira-vermelha	PI	ZOO	BD	1	1	2
Annonaceae	*Annona neosalicifolia*	araticum	SI	ZOO	BD	2	2	2
	Annona rugulosa	araticum	SI	ZOO	BD	0	1	0
	Annona sylvatica	araticum-do-mato	SI	ZOO	BD	0	1	1
Araliaceae	*Schefflera calva*	caixeta	SI	ZOO	BD	0	1	0
Arecaceae	*Butia odorata*	butiazeiro	PI	ZOO	BD	1	1	0
	Syagrus romanzoffiana	jerivá, coqueiro	SI	ZOO	IN	2	3	3
Asteraceae	*Dasyphyllum tomentosum*	sucará	SI	ANE	BD	0	1	0
	Moquiniastrum polymorphum	cambará	PI	ANE	BD	0	2	1
Bignoniaceae	*Cybistax antisyphilitica*	ipê-verde	SI	ANE	BD	0	1	0
	Handroanthus heptaphyllus	ipê-roxo, ipê-rosa	SI	ANE	BD	1	2	2
	Handroanthus umbellatus	ipê-da-várzea	SI	ANE	MD	0	1	0
	Jacaranda micrantha	caroba	SI	ANE	BD	0	2	0
Boraginaceae	*Cordia americana*	guajuvira	SI	ANE	BD	3	3	3
	Cordia ecalyculata	louro-salgueiro	ST	ZOO	BD	2	2	1
	Cordia trichotoma	louro-pardo	SI	ANE	BD	0	1	0
Cannabaceae	*Trema micrantha*	crindiúva, grandiúva	PI	ZOO	BD	0	2	0
Cardiopteridaceae	*Citronella gongonha*	laranjeira-do-banhado	PI	ZOO	AL	0	1	0
	Citronella paniculata	congonha	ST	ZOO	BD	0	1	0

Família	Espécie	Nome popular	Grupo ecológico	Síndrome de dispersão	Terreno	Frequência		
						Dique	Encosta	Várzea
Celastraceae	*Monteverdia cassineformis*	coração-de-negro	SI	ZOO	BD	0	0	1
	Monteverdia dasyclada	coração-de-bugre	SI	ZOO	IN	1	0	2
	Monteverdia ilicifolia	espinheira-santa	SI	ZOO	BD	1	2	2
Clusiaceae	*Garcinia gardneriana*	bacopari	ST	ZOO	BD	1	0	0
Combretaceae	*Terminalia australis*	sarandi, amarilho	PI	AUT	AL	1	1	3
Ebenaceae	*Diospyros inconstans*	maria-preta	ST	ZOO	BD	1	2	1
Erythroxylaceae	*Erythroxylum argentinum*	cocão	SI	ZOO	BD	1	0	1
	Erythroxylum deciduum	cocão	SI	ZOO	BD	1	1	1
Euphorbiaceae	*Actinostemon concolor*	laranjeira-do-mato	ST	AUT	IN	3	3	3
	Alchornea triplinervia	tanheiro, tapiá	SI	ZOO	IN	1	0	0
	Gymnanthes klotzschiana	branquilho	SI	AUT	MD	3	1	3
	Gymnanthes schottiana	sarandi-miúdo	PI	AUT	AL	2	0	3
	Gymnanthes serrata	branquilho	SI	AUT	BD	0	3	2
	Pachystroma longifolium	mata-olho	ST	AUT	BD	1	0	2
	Sapium glandulosum	leiteiro, pau-de-leite	PI	ZOO	BD	0	1	1
	Sapium haematospermum	toropi	PI	ZOO	IN	0	0	1
	Sebastiania brasiliensis	leiteirinho, mata-berne	SI	AUT	IN	2	2	3
	Tetrorchidium rubrivenium	canemoçu, embirão	SI	ZOO	BD	0	1	0
Fabaceae	*Albizia edwallii*	angico-branco	SI	AUT	BD	1	0	1
	Apuleia leiocarpa	grápia, grapiapunha	SI	ANE	BD	3	3	3
	Bauhinia forficata	pata-de-vaca	PI	AUT	BD	1	0	1
	Calliandra tweediei	topete-de-cardeal	SI	AUT	IN	1	2	3
	Dahlstedtia pinnata	guaraná, guaraná-timbó	SI	AUT	BD	1	0	1
	Enterolobium contortisiliquum	timbaúva	SI	AUT	BD	1	3	1
	Erythrina crista-galli	corticeira-do-banhado	PI	AUT	AL	1	1	1

Família	Espécie	Nome popular	Grupo ecológico	Síndrome de dispersão	Terreno	Frequência		
						Dique	Encosta	Várzea
	Erythrina falcata	corticeira-da-serra	ST	AUT	BD	0	1	1
	Inga marginata	ingazeiro, ingá-feijão	SI	ZOO	BD	0	0	2
	Inga vera	ingá-de-beira-de-rio	PI	ZOO	MD	3	1	3
	Lonchocarpus nitidus	rabo-de-bugio	SI	AUT	BD	1	1	1
	Machaerium paraguariense	farinha-seca	SI	ANE	BD	1	2	2
	Machaerium stipitatum	farinha-seca	SI	ANE	BD	0	1	1
	Mimosa bimucronata	maricá	PI	AUT	MD	2	2	3
	Muellera campestris	rabo-de-bugio, pau-canzil	SI	AUT	BD	1	1	0
	Myrocarpus frondosus	cabreúva	SI	ANE	BD	0	1	0
	Parapiptadenia rigida	angico, angico-vermelho	SI	ANE	BD	3	3	2
Lamiaceae	*Aegiphila integrifolia*	gaioleira, tamanqueira	PI	ZOO	BD	0	1	0
	Vitex megapotamica	tarumã	SI	ZOO	IN	1	1	2
Lauraceae	*Aiouea amoena*	canela	SI	ZOO	BD	0	1	0
	Aiouea saligna	canela-anhoíba, canela	ST	ZOO	BD	1	1	0
	Endlicheria paniculata	canela-sebo, canela	ST	ZOO	BD	1	1	0
	Nectandra angustifolia	canela	SI	ZOO	IN	3	1	3
	Nectandra grandiflora	canela-amarela	SI	ZOO	BD	0	1	0
	Nectandra lanceolata	canela-amarela, canela	SI	ZOO	BD	0	1	1
	Nectandra megapotamica	canela-merda	SI	ZOO	BD	2	2	2
	Nectandra oppositifolia	canela-ferrugem	SI	ZOO	BD	1	1	0
	Ocotea puberula	canela-guaicá	SI	ZOO	BD	2	3	1
	Ocotea pulchella	canela-lageana	SI	ZOO	IN	2	2	3
	Ocotea silvestris	canela	ST	ZOO	BD	0	1	0
Loganiaceae	*Strychnos brasiliensis*	esporão-de-galo	SI	ZOO	BD	1	1	1
Malvaceae	*Luehea divaricata*	açoita-cavalo	SI	ANE	IN	3	3	3

Família	Espécie	Nome popular	Grupo ecológico	Síndrome de dispersão	Terreno	Frequência		
						Dique	Encosta	Várzea
Melastomataceae	*Miconia hyemalis*	pixirica	PI	ZOO	BD	0	1	0
	Miconia pusilliflora	pixirica	SI	ZOO	BD	0	1	0
Meliaceae	*Cabralea canjerana*	canjerana	ST	ZOO	BD	1	2	1
	Cedrela fissilis	cedro	SI	ANE	BD	1	1	0
	Guarea macrophylla	pau-d'arco	SI	ZOO	IN	2	2	3
	Trichilia claussenii	catiguá, catiguá-vermelho	ST	ZOO	BD	0	2	1
	Trichilia elegans	pau-de-ervilha	ST	ZOO	BD	1	2	2
Monimiaceae	*Mollinedia schottiana*	pimenteira, capixim	ST	ZOO	BD	0	1	0
Moraceae	*Ficus cestrifolia*	figueira-de-folha-miúda	SI	ZOO	BD	2	3	2
	Ficus luschnathiana	figueira-mata-pau	SI	ZOO	BD	1	2	1
	Sorocea bonplandii	cincho	ST	ZOO	BD	3	3	3
Myrtaceae	*Blepharocalyx salicifolius*	murta	SI	ZOO	IN	1	1	2
	Campomanesia rhombea	guabirobinha	SI	ZOO	IN	2	2	3
	Campomanesia xanthocarpa	guabirobeira	SI	ZOO	IN	2	2	3
	Eugenia bacopari	pau-ferro	ST	ZOO	BD	1	0	0
	Eugenia florida	guamirim	SI	ZOO	BD	0	0	2
	Eugenia hiemalis	guamirim-burro	PI	ZOO	IN	2	2	2
	Eugenia involucrata	cerejeira-do-mato	ST	ZOO	BD	2	2	3
	Eugenia mansoi	guapití-una	SI	ZOO	IN	2	2	3
	Eugenia multiflora	guamirim-burro	PI	ZOO	IN	0	2	2
	Eugenia pyriformis	uvaia	ST	ZOO	BD	2	3	2
	Eugenia ramboi	batinga-branca	ST	ZOO	BD	3	3	3
	Eugenia repanda	ñangapiré-negro	SI	ZOO	MD	1	0	0
	Eugenia rostrifolia	batinga-vermelha	ST	ZOO	BD	0	1	0
	Eugenia speciosa	ibaijuba	SI	ZOO	IN	1	1	1

Família	Espécie	Nome popular	Grupo ecológico	Síndrome de dispersão	Terreno	Frequência		
						Dique	Encosta	Várzea
	Eugenia uniflora	pitanga, pitangueira	SI	ZOO	BD	3	3	3
	Eugenia uruguayensis	camboim-pitanga	ST	ZOO	BD	2	2	3
	Eugenia verticillata	guamirim	ST	ZOO	BD	2	3	2
	Myrceugenia glaucescens	conserva-branca	SI	ZOO	IN	0	0	1
	Myrceugenia myrtoides	guamirim-cinzento	PI	ZOO	BD	0	1	1
	Myrcia cruciflora	guamirim	SI	ZOO	BD	1	1	1
	Myrcia glabra	uvá	ST	ZOO	BD	2	3	1
	Myrcia multiflora	camboim, pedra-ume-caá	SI	ZOO	BD	3	3	3
	Myrcia palustris	pitangueira-do-mato	SI	ZOO	IN	1	2	2
	Myrcianthes gigantea	araçazeiro-do-mato	ST	ZOO	BD	1	2	1
	Myrcianthes pungens	guabiju, guabijuzeiro	ST	ZOO	BD	0	2	1
	Myrciaria cuspidata	camboim	ST	ZOO	BD	1	1	1
	Myrciaria tenella	camboim	SI	ZOO	IN	3	3	3
	Myrrhinium atropurpureum	murtilho, carrapato	SI	ZOO	BD	0	1	2
	Plinia peruviana	jaboticabeira	ST	ZOO	IN	1	0	0
	Psidium cattleianum	araçazeiro, araçá	SI	ZOO	IN	1	1	2
Nyctaginaceae	*Guapira opposita*	maria-mole, maria-preta	ST	ZOO	IN	1	1	0
	Pisonia ambigua	maria-mole	SI	ZOO	BD	0	1	0
Phyllanthaceae	*Phyllanthus sellowianus*	sarandi-vermelho	PI	AUT	AL	1	0	2
Phytolaccaceae	*Phytolacca dioica*	umbu, umbuzeiro	SI	ZOO	BD	1	1	0
Picramniaceae	*Picramnia parvifolia*	quássia, cedrinho	SI	ZOO	BD	0	0	1
Piperaceae	*Piper aduncum*	pariparoba	SI	ZOO	BD	0	1	0
	Piper amalago	pariparoba	SI	ZOO	BD	0	1	0
Polygonaceae	*Coccoloba cordata*	pau-de-junta	SI	ZOO	IN	1	1	2
	Ruprechtia laxiflora	marmeleiro-do-mato	SI	ANE	IN	2	2	2

Família	Espécie	Nome popular	Grupo ecológico	Síndrome de dispersão	Terreno	Frequência		
						Dique	Encosta	Várzea
Primulaceae	*Myrsine coriacea*	capororoquinha	PI	ZOO	BD	1	1	1
	Myrsine guianensis	capororocão	SI	ZOO	BD	0	2	1
	Myrsine laetevirens	capororoca	SI	ZOO	BD	2	2	2
	Myrsine lorentziana	capororoca	SI	ZOO	MD	1	1	3
	Myrsine umbellata	capororocão	SI	ZOO	BD	1	0	0
Proteaceae	*Roupala montana*	carvalho-brasileiro	SI	ANE	BD	0	2	0
Quillajaceae	*Quillaja brasiliensis*	sabão-de-soldado	PI	ANE	BD	0	1	0
Rhamnaceae	*Scutia buxifolia*	coronilha	SI	ZOO	BD	2	1	1
Rosaceae	*Prunus myrtifolia*	pessegueiro-bravo	SI	ZOO	BD	0	1	0
	Prunus subcoriacea	pessegueiro-bravo	SI	ZOO	BD	0	1	1
Rubiaceae	*Cephalanthus glabratus*	sarandi-branco	PI	AUT	AL	0	0	3
	Chomelia obtusa	viuvinha	SI	ZOO	BD	1	2	2
	Faramea montevidensis	cafeeiro-do-mato	ST	ZOO	BD	2	3	2
	Guettarda uruguensis	veludo	PI	ZOO	BD	2	1	2
	Randia ferox	limoeiro-do-mato	SI	ZOO	BD	1	1	2
Rutaceae	*Esenbeckia grandiflora*	pau-de-cutia, cutia	SI	AUT	BD	0	1	0
	Helietta apiculata	canela-de-veado	SI	ANE	BD	0	2	1
	Pilocarpus pennatifolius	jaborandi	SI	AUT	BD	0	1	0
	Zanthoxylum astrigerum	mamica-de-cadela	SI	ZOO	BD	0	1	0
	Zanthoxylum fagara	coentrilho	SI	ZOO	BD	0	1	0
	Zanthoxylum rhoifolium	mamica-de-cadela	PI	ZOO	BD	1	2	1
Salicaceae	*Banara parviflora*	farinha-seca	SI	ZOO	BD	0	1	0
	Banara tomentosa	cambroé	SI	ZOO	BD	0	1	1
	Casearia decandra	guaçatonga, cambroé	SI	ZOO	BD	2	2	1
	Casearia sylvestris	chá-de-bugre, varre-forno	SI	ZOO	IN	3	3	3

Família	Espécie	Nome popular	Grupo ecológico	Síndrome de dispersão	Terreno	Frequência		
						Dique	Encosta	Várzea
	Salix humboldtiana	salgueiro, salseiro, salso	PI	ANE	MD	1	1	3
	Xylosma pseudosalzmanii	sucará	SI	ZOO	BD	0	1	1
	Xylosma tweediana	sucará	SI	ZOO	BD	1	2	2
Sapindaceae	*Allophylus edulis*	chal-chal	SI	ZOO	IN	2	2	3
	Allophylus guaraniticus	vacum, chal-chal	SI	ZOO	BD	0	0	1
	Cupania vernalis	camboatá-vermelho	SI	ZOO	BD	2	2	3
	Matayba elaeagnoides	camboatá-branco	SI	ZOO	IN	3	3	3
Sapotaceae	*Chrysophyllum gonocarpum*	aguaí	ST	ZOO	BD	1	2	1
	Chrysophyllum marginatum	aguaí-vermelho	SI	ZOO	BD	2	2	2
	Pouteria gardneriana	aguaí, sarandi	ST	ZOO	IN	2	2	3
	Pouteria salicifolia	mata-olho	PI	ZOO	MD	1	0	2
	Sideroxylon obtusifolium	coronilha	SI	ZOO	BD	0	2	1
Solanaceae	*Acnistus arborescens*	espora-de-galo	PI	ZOO	BD	0	1	0
	Brunfelsia australis	manacá, primavera	ST	ZOO	BD	0	1	0
	Solanum mauritianum	fumo-bravo	PI	ZOO	BD	0	1	0
	Solanum pseudoquina	coerana, guaxixim	SI	ZOO	BD	1	1	1
	Vassobia breviflora	esporão-de-galo	PI	ZOO	BD	0	1	0
Styracaceae	*Styrax leprosus*	carne-de-vaca, canelinha	SI	ZOO	BD	1	1	1
Symplocaceae	*Symplocos tetrandra*	sete-sangrias	ST	ZOO	BD	0	2	0
	Symplocos uniflora	pau-de-canga	PI	ZOO	BD	1	2	3
Thymelaeaceae	*Daphnopsis racemosa*	embira	PI	ZOO	IN	2	2	3
Urticaceae	*Boehmeria caudata*	assa-peixe, urtiga-mansa	PI	ZOO	BD	0	0	1
Verbenaceae	*Citharexylum montevidense*	tarumã-de-espinho	SI	ZOO	BD	0	2	0

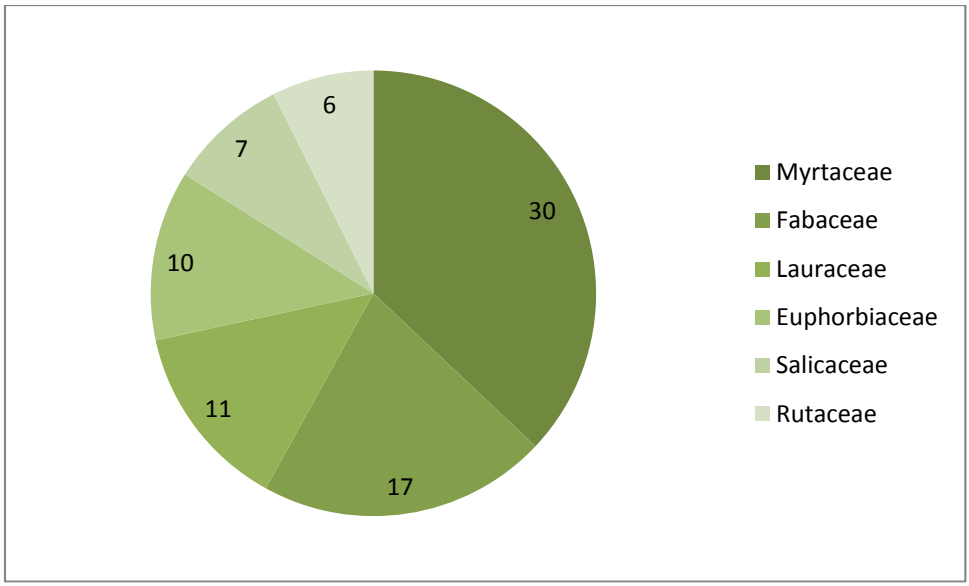


Figura 48. Famílias com maior riqueza de espécies arbóreas no levantamento da vegetação ao longo do Jacuí.

Representada por espécies secundárias iniciais e tardias, todas com dispersão zoocórica, a terceira família em riqueza foi Lauraceae, mas a maioria das espécies registradas não se destacou em frequência e densidade. Euphorbiaceae apresentou elevada densidade nas três zonas, com maior destaque para a várzea, onde também foram importantes Salicaceae e Sapotaceae. Além das famílias já citadas, foram importantes em densidade Malvaceae e Sapindaceae no dique marginal e na várzea, e Lauraceae e Moraceae no dique marginal e na encosta.

Com relação às espécies, destacam-se aquelas que foram mais importantes em cada zona. No dique marginal foram relevantes pela frequência e/ou densidade o açoita-cavalo, a laranjeira-do-mato, o cincho, a grápia, o chá-de-bugre, o ingá-de-beira-de-rio e a pitangueira. Na encosta a grápia, a laranjeira-do-mato, o chá-de-bugre, a guajuvira, o cincho, o açoita-cavalo, a batinga-branca e o uvá (*Myrcia glabra*). E na várzea o ingá-de-beira-de-rio, o branquilho (*Gymnanthes klotzschiana*), o camboim, o açoita-cavalo, o aguaí, a embira, a pitangueira, a laranjeira-do-mato e o camboim-pitanga.

Espécies de interesse especial para recuperação da vegetação ciliar

Diferentes grupos de espécies foram mais ou menos frequentes e abundantes nas três zonas da faixa ciliar do Jacuí, das quais algumas foram consideradas espécies-chave para ações de recuperação da vegetação (Tabela 3). Além de frequentes e abundantes, as 63 espécies-chave listadas podem apresentar vantagens como baixa exigência quanto ao tipo de solo e à drenagem do terreno, elevada taxa de germinação, atratividade para a fauna, capacidade de enriquecer o solo etc. São apresentadas para cada uma dessas espécies informações sobre sucessão, dispersão, exigências quanto à drenagem do terreno e as abundâncias relativas em cada zona. Mas, mesmo de posse desses conhecimentos, é indispensável considerar o histórico de degradação em cada trecho e a ser recuperado, o que pode ser determinante no sucesso ou fracasso de um empreendimento de recuperação da vegetação.

O primeiro grupo de espécies-chave reúne as largamente generalistas que ocorreram em todos os terrenos e zonas, excetuando-se as áreas permanentemente alagadas. Essas espécies foram denominadas supergeneralistas ("supertramps"), ou seja, plantas que adotam uma estratégia de ampla dispersão em muitos habitat diferentes, em nenhum dos quais são particularmente especializadas.

No baixo Jacuí podem ser consideradas supergeneralistas a laranjeira-do-mato, a grápia, o chá-de-bugre, a pitangueira, o açoita-cavalo, o camboim, o cincho e o jerivá. Mesmo tendo sido abundantes nas três zonas, várias não ocorreram em terrenos permanentemente mal drenados. Foram ainda consideradas parte deste grupo o leiteirinho (*Sebastiania brasiliensis*), a canela-lajeana (*Ocotea pulchella*), a guabirobeira (*Campomanesia xanthocarpa*), a cerejeira (*Eugenia involucrata*), a batinga-branca, o guamirim, a pedra-ume-caá, o chal-chal, o camboatá-vermelho e o camboatá-branco.

Tabela 3. Espécies recomendadas para recuperação da vegetação no baixo rio Jacuí. Acrônimos – ***Grupos ecológicos (GE):*** PI **– pioneira;** SI **– secundária inicial;** ST **– secundária tardia.** ***Síndromes de dispersão (SD):*** ANE **– anemocórica;** AUT **– autocórica;** ZOO **– zoocórica.** ***Zonas da faixa ciliar e abundância relativa de cada espécie por zona*** **(escala de cores do mais abundante, verde, ao menos abundante, branco; as abundâncias são relativas ao total de indivíduos por zona, não ao total de indivíduos por espécie):** D **– dique marginal;** E **– encosta;** V **– várzea.** ***Terreno:*** AL **– alagado;** BD **– bem drenado;** MD **– mal drenado;** IN **– indiferente ao tipo de terreno;** "+" **– presença.**

Família	Espécie	GE	SD	Zonas			Terreno			
				D	E	V	AL	MD	BD	IN
Anacardiaceae	*Lithraea brasiliensis*	PI	ZOO	0,34	1,14	0,55			+	
Annonaceae	*Annona neosalicifolia*	SI	ZOO	1,89	1,52	0,64			+	
Arecaceae	*Syagrus romanzoffiana*	SI	ZOO	1,72	1,9	2,48				+
Bignoniaceae	*Handroanthus heptaphyllus*	SI	ANE	0,34	1,14	0,55			+	
Boraginaceae	*Cordia americana*	SI	ANE	1,89	2,28	0,92			+	
Celastraceae	*Monteverdia dasyclada*	SI	ZOO	0,51	0	1,01				+
Combretaceae	*Terminalia australis*	PI	AUT	0,69	0,13	1,1	+			
Euphorbiaceae	*Actinostemon concolor*	ST	AUT	3,43	1,9	2,02				+
	Gymnanthes klotzschiana	SI	AUT	2,06	0,25	4,96		+		
	Gymnanthes schottiana	PI	AUT	1,2	0	1,84	+			
	Gymnanthes serrata	SI	AUT	0	1,26	0,46			+	
	Sebastiania brasiliensis	SI	AUT	1,03	1,01	1,1				+
Fabaceae	*Apuleia leiocarpa*	SI	ANE	3,09	2,78	1,56			+	
	Calliandra tweediei	SI	AUT	0,86	0,76	1,38				+
	Enterolobium contortisiliquum	SI	AUT	0,51	1,52	0,28			+	
	Inga vera	PI	ZOO	2,92	0,25	5,7		+		
	Mimosa bimucronata	PI	AUT	1,37	0,63	2,57	+	+		
	Parapiptadenia rigida	SI	ANE	2,23	1,77	0,92			+	
Lauraceae	*Nectandra angustifolia*	SI	ZOO	2,06	0,13	1,19				+
	Ocotea puberula	SI	ZOO	1,2	1,64	0,37			+	
	Ocotea pulchella	SI	ZOO	1,2	1,14	1,01				+
Malvaceae	*Luehea divaricata*	SI	ANE	4,63	1,64	3,22				+
Meliaceae	*Guarea macrophylla*	SI	ZOO	1,03	0,51	1,01				+
	Trichilia claussenii	ST	ZOO	0	1,01	0,09			+	

Família	Espécie	GE	SD	Zonas			Terreno			
				D	E	V	AL	MD	BD	IN
	Trichilia elegans	ST	ZOO	0,34	1,26	0,37			+	
Moraceae	*Ficus cestrifolia*	SI	ZOO	1,2	1,26	0,46			+	
	Ficus luschnathiana	SI	ZOO	0,86	1,14	0,09			+	
	Sorocea bonplandii	ST	ZOO	2,92	2,28	1,29			+	
Myrtaceae	*Blepharocalyx salicifolius*	SI	ZOO	0,34	0,13	1,19				+
	Campomanesia rhombea	SI	ZOO	1,03	0,76	1,01				+
	Campomanesia xanthocarpa	SI	ZOO	2,06	1,14	1,29				+
	Eugenia hiemalis	PI	ZOO	1,2	0,88	0,37			+	
	Eugenia involucrata	ST	ZOO	1,37	1,64	1,29			+	
	Eugenia mansoi	SI	ZOO	1,37	0,99	1,56				+
	Eugenia pyriformis	ST	ZOO	1,54	1,9	0,55			+	
	Eugenia ramboi	ST	ZOO	1,89	2,15	1,01			+	
	Eugenia uniflora	SI	ZOO	3,26	1,9	3,03			+	
	Eugenia uruguayensis	ST	ZOO	2,23	0,88	2,48			+	
	Eugenia verticillata	ST	ZOO	1,54	1,39	1,1			+	
	Myrcia glabra	ST	ZOO	1,03	2,02	0,28			+	
	Myrcia multiflora	SI	ZOO	1,72	1,64	1,19			+	
	Myrcia palustris	SI	ZOO	0,17	1,01	0,92				+
	Myrciaria tenella	SI	ZOO	2,06	2,02	3,68				+
Phyllanthaceae	*Phyllanthus sellowianus*	PI	AUT	0,34	0	0,37	+			
Polygonaceae	*Coccoloba cordata*	SI	ZOO	0,17	0,38	1,1				+
	Ruprechtia laxiflora	SI	ANE	1,89	0,76	1,1				+
Primulaceae	*Myrsine lorentziana*	SI	ZOO	0,34	0,38	1,29		+		
Rhamnaceae	*Scutia buxifolia*	SI	ZOO	1,03	0,13	0,37			+	
Rubiaceae	*Cephalanthus glabratus*	PI	AUT	0	0	1,29	+			
	Chomelia obtusa	SI	ZOO	0,51	1,39	0,46			+	
	Faramea montevidensis	ST	ZOO	0,69	1,14	0,55			+	
	Guettarda uruguensis	PI	ZOO	1,37	0,63	1,19				+
Rutaceae	*Zanthoxylum rhoifolium*	PI	ZOO	0,51	1,14	0,18			+	
Salicaceae	*Casearia decandra*	SI	ZOO	0,86	0,88	0,46			+	
	Casearia sylvestris	SI	ZOO	3,26	2,4	3,03				+
	Salix humboldtiana	PI	ANE	0,34	0,13	1,1		+		
Sapindaceae	*Allophylus edulis*	SI	ZOO	1,89	1,39	1,38				+
	Cupania vernalis	SI	ZOO	1,89	1,64	2,02			+	
	Matayba elaeagnoides	SI	ZOO	2,06	1,39	1,65				+
Sapotaceae	*Chrysophyllum marginatum*	SI	ZOO	1,03	1,26	1,01			+	
	Pouteria gardneriana	ST	ZOO	2,06	0,63	3,13				+
	Sideroxylon obtusifolium	SI	ZOO	0	1,01	0,28			+	
Thymelaeaceae	*Daphnopsis racemosa*	PI	ZOO	1,2	0,88	2,3				+
TOTAL	—	—	—	100	100	100	—	—	—	—

Com relação às zonas, no dique marginal as espécies mais abundantes e frequentes foram o açoita-cavalo no dossel e a laranjeira-do-mato no sub-bosque. Destacaram-se entre as de maior porte na encosta a grápia e a guajuvira, e entre as de menor porte o chá-de-bugre e o cincho. Por fim, na várzea foram geralmente dominantes (> 60% dos indivíduos) o ingá-de-beira-de-rio (dossel) e o branquilho (sub-bosque), de forma conjunta ou separada, tendo sido também frequentes e abundantes no dossel o açoita-cavalo e o aguaí (*Pouteria gardneriana*) e no sub-bosque o camboim.

Com relação ao terreno, a maioria das espécies-chave ocorreu em terrenos preferencialmente bem drenados, um número igualmente representativo foi indiferente ao tipo de terreno (excetuando-se os terrenos alagados), e algumas poucas ocorreram preferencialmente ou exclusivamente em terrenos mal drenados e alagados (Figura 49). As indiferentes apresentam a clara vantagem da versatilidade, mas espécies com requisitos específicos quanto a características do terreno podem ter desempenho superior naqueles aos quais estão bem adaptadas. Poucas espécies se mostraram adaptadas às condições de anoxia e estresse hídrico presentes em terrenos mal drenados ou permanentemente alagados. E, como esses terrenos foram frequentes na região, essas espécies são fundamentais para a recuperação de áreas com essas características.

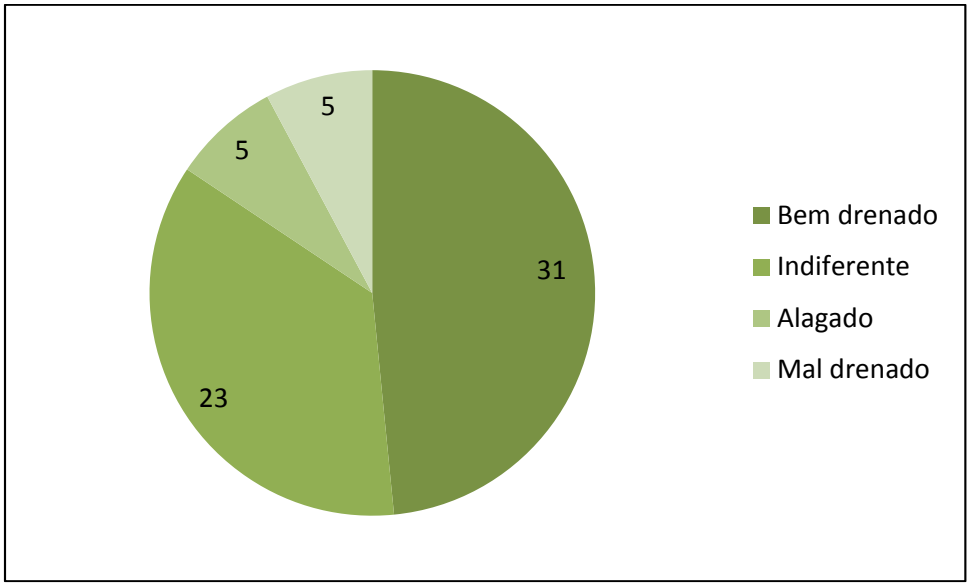


Figura 49. Distribuição das espécies-chave de acordo com a drenagem no terreno.

Em locais com limitações ambientais ao processo de sucessão natural de espécies, sobretudo quando há solos muito degradados e empobrecidos, a recuperação de ecossistemas pode ser potencializada pelo plantio de espécies facilitadoras. Espécies de leguminosas (Fabaceae) apresentam uma vantagem adicional por estabelecerem simbiose com bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico (N_2). O uso de leguminosas arbóreas mostrou-se eficaz na ativação dos mecanismos de sucessão natural em um reflorestamento onde, após sete anos, 50 espécies de 25 famílias botânicas já colonizavam o sub-bosque da área estudada (Chada *et al.* 2004). Em um estudo sobre o uso de leguminosas fixadoras de nitrogênio na recuperação de áreas degradadas pela mineração de areia no Rio de Janeiro, Ferreira *et al.* (2007) introduziram mais

de 40 espécies de leguminosas e de não leguminosas e constataram que o índice de mortalidade entre não leguminosas foi >10%, enquanto que o de leguminosas ficou em ≈2%. Ainda segundo estes autores, dois anos após a execução do projeto, observou-se a presença de regeneração natural, bem como o reaparecimento de animais silvestres há muito não avistados na área. Além de vantajosas na recuperação dos solos, facilitadoras no processo de sucessão natural e resistentes, as leguminosas podem representar uma economia em adubo, mão de obra e mudas em projetos de recuperação da vegetação.

As seis espécies-chave de leguminosas listadas na Tabela 3 são todas pioneiras ou secundárias iniciais quanto ao processo sucessional, compreendem árvores de grande porte e arvoretas, e incluem também espécies adaptadas a todos os tipos de terreno presentes na área de estudo. Além dessas leguminosas arbóreas, sugere-se que o cambaí-vermelho (*Sesbania punicea*) e o cambaí-amarelo (*Sesbania virgata*) podem ser empregados com sucesso na recuperação de áreas degradadas, pois, além de produzirem muitos frutos e sementes, são leguminosas arbustivas bastante rústicas que podem auxiliar numa rápida cobertura e na fertilização dos solos pela fixação de N_2.

Recentemente espécies de sarandis e salgueiros têm sido estudadas na bioengenharia de solos – área da ciência que abrange técnicas de construção utilizando plantas na estabilização de encostas de terrenos e margens de cursos d'água – e consideradas potencialmente aptas para a recuperação da vegetação ciliar. Dentre as espécies investigadas no Rio Grande do Sul, o sarandi-vermelho (*Phyllanthus sellowianus,* referido como sarandi-branco na publicação) apresentou os melhores resultados para diversas características avaliadas, sendo apontado como a espécie de melhor desempenho biotécnico e, portanto, a mais indicada para a estabilização e recuperação de cursos d'água na região central do Estado (Sutili *et al.* 2004, Machado *et al.* 2017), região adjacente ao Trecho 3 do presente estudo. Consequentemente, recomenda-se a utilização de *Phyllanthus sellowianus* e também de outros de sarandis e do salgueiro como espécies-chave para a recuperação ambiental da vegetação ciliar no rio Jacuí.

Cabe ainda ressaltar a presença e a importância de algumas espécies não arbóreas que se destacaram no ecossistema de várzea, zona dominante na área de estudo. É o caso do taquaruçu-de-espinho (*Guadua trinii*), muito frequente e abundante em áreas mal drenadas ou alagadas durante longos períodos, e do capim-santa-fé (*Panicum prionites*), que ocorreu sempre próximo a massas d'água. Essas espécies podem também ser utilizadas com sucesso em projetos de recuperação da vegetação, mas é preciso antes transpor a barreira da produção e obtenção de sementes e mudas.

Conceitos e métodos para a recuperação

Diversos fatores econômicos e sociais devem ser considerados na escolha de quais estratégias serão adotadas na recuperação de uma determinada área. No entanto, é a capacidade de resiliência que determina a tomada de decisão para as ações de recuperação (Brancalion *et al.* 2015). Resiliência é a resposta de um ecossistema frente a perturbações ou distúrbios, superando danos de modo a se recuperar rapidamente para manter sua estrutura e funcionamento. Conceitos de resiliência levam em conta a predisposição de um ecossistema para retornar a um equilíbrio ou estabilidade pós-distúrbios (Holling 1973) e a capacidade de

um sistema de absorver perturbações e reorganizar-se enquanto sofre mudanças, de modo a reter essencialmente a mesma função, estrutura, identidade e retroalimentação (Walker *et al.* 2004). Os distúrbios e perturbações podem se originar de fenômenos naturais ou de atividades humanas.

São exemplos de atividades humanas que afetam ecossistemas ciliares: desmatamento, degradação dos solos, aplicação de adubos químicos e agrotóxicos, e introdução de espécies exóticas de plantas e/ou animais. Essas atividades podem causar redução na biodiversidade, sobrexploração dos recursos naturais, poluição e alterações em padrões e processos ecológicos, afetando adversamente a resiliência dos ecossistemas. Impactos gerados por distúrbios dependem fundamentalmente de três dimensões intrínsecas: (1) a localização e extensão do distúrbio (espaço); época, previsibilidade e frequência do distúrbio (tempo); e severidade do distúrbio (magnitude). Basicamente, a resposta de um ecossistema a esses três fatores determina sua resiliência.

É importante considerar ainda as diferenças entre resistência e resiliência em um ecossistema, as quais podem mostrar características mutuamente excludentes. Se um ecossistema possui elevada resistência a distúrbios, sua resiliência será baixa, e vice-versa. Teoricamente um ecossistema não poderia apresentar ambas as características.

A resiliência dos solos se relaciona a processos regenerativos que incluem as propriedades físicas do solo (ciclos de umedecimento e secamento, permeabilidade ao ar, densidade, porosidade) e as atividades biológicas acima e abaixo do mesmo. Solos submetidos a níveis de compactação que afetem a densidade e a porosidade podem não recuperar a condição inicial anterior ao distúrbio que levou à demasiada densificação. Já a resiliência da vegetação se relaciona com sua capacidade de se recuperar rapidamente frente a distúrbios, sobretudo frente a desmatamentos. As respostas da vegetação dependem de diversos fatores, como extensão, tempo de duração e severidade do distúrbio, incluindo níveis de degradação do solo, pastejo e fogo, presença de áreas-fonte para dispersão de propágulos, composição de áreas próximas de floresta, entre outros.

A capacidade de resiliência de um ecossistema afeta a dinâmica da vegetação, a física dos solos e os processos regenerativos em formações naturais. Tanto em solos degradados ou não degradados, mas com resiliência, é possível explorar e beneficiar a regeneração natural. Sempre que possível, a regeneração natural de espécies nativas deve ser adotada como forma de aumentar a efetividade e reduzir os custos da recuperação de uma área. Esse potencial também deve ser estimulado ao máximo por se tratar da manutenção de indivíduos já estabelecidos, com bom sistema radicular, e que logo terão maiores chances de contribuir para a formação de um dossel florestal inicial. Não obstante, trata-se de uma amostra da florística e genética regional, que deve ser mantida pelas ações de recuperação (Brancalion *et al.* 2015).

As primeiras intervenções de favorecimento dos indivíduos regenerantes referem-se às ações que podem favorecer a expansão da sucessão secundária em áreas degradadas, tais como a instalação de cercas para exclusão de gado, a prevenção de incêndios e o controle de espécies que podem causar problemas, como espécies exóticas invasoras ou formigas cortadeiras (Brancalion *et al.* 2015). Uma das práticas mais simples para a recuperação de uma área é seu

simples isolamento, evitando a continuação do processo de degradação, muito funcional nos casos onde a resiliência da área foi mantida (Rodrigues & Gandolfi 2009).

A necessidade de recuperação do solo, antes da implantação de ações de recuperação, é comumente constatada pela presença de subsolo exposto e/ou de intenso processo erosivo, normalmente resultado do mau uso do solo por atividades agrícolas e pastoris ou de mineração. Essa recuperação é necessária porque as camadas superficiais do solo possuem maior disponibilidade de nutrientes e de matéria orgânica, além de características físicas que facilitam a infiltração e o armazenamento de água. Ao perder essa camada, resta o subsolo, o qual não apresenta condições propícias ao desenvolvimento vegetal (Brancalion *et al.* 2015). Os principais métodos para recuperação do solo são a subsolagem e a implantação de vegetação de cobertura com espécies de adubação verde.

A subsolagem é recomendada no caso de solos que necessitam de descompactação, em áreas com declividade apropriada e sem afloramento rochoso ou solo raso, possibilitando o estabelecimento e desenvolvimento adequado das mudas. A implantação de vegetação de cobertura com espécies de adubação verde é realizada principalmente através do plantio de leguminosas fixadoras de N_2, que possuem raízes fortemente pivotantes, descompactadoras e intensamente associadas com fungos (Brancalion *et al.* 2015), contribuindo para a recuperação física, química e biológica do solo. Mesmo que realizada com espécies exóticas, a vegetação de cobertura é fundamental para proteger o solo contra a erosão e promover a incorporação de matéria orgânica ao solo por meio da decomposição da biomassa produzida por essas espécies (vide também “Espécies de interesse especial para recuperação da vegetação ciliar”).

Complementares à regeneração natural, podem ser adotadas algumas outras medidas. Uma delas é o adensamento, que consiste no plantio de espécies pioneiras e secundárias iniciais já existentes no local e cuja densidade esteja abaixo do esperado, resultando em espaços não ocupados pela regeneração natural. Pode ser feito com o plantio de mudas ou sementes e é recomendado em locais que alternam boa presença de regeneração natural com locais com solo exposto ou baixa densidade de vegetação arbustivo-arbórea. Essa medida evita a expansão de espécies exóticas invasoras e favorece o desenvolvimento de espécies secundárias tardias por meio do sombreamento (Brancalion *et al.* 2015, NBL 2013).

Outra medida é o enriquecimento, que compreende o plantio de espécies adicionais e pode também ser feito através de mudas ou sementes. O plantio de enriquecimento é indicado quando a cobertura de espécies nativas é densa e bem distribuída na área, porém quase exclusivamente por algumas poucas espécies iniciais da sucessão florestal. Essa situação ocorre em paisagens muito degradadas, quando o enriquecimento natural de espécies mais finais de sucessão é limitado, mesmo em médio prazo, pois as fontes regionais para a dispersão de propágulos dessas espécies são muito escassas. No enriquecimento são recomendadas principalmente espécies arbóreas e arbustivas importantes para a fauna.

A nucleação é outra técnica de recuperação ecológica que favorece a regeneração natural. Baseia-se no estabelecimento ou favorecimento do surgimento de pequenos núcleos de vegetação nativa em uma área degradada, os quais servem de base para a expansão natural e preenchimento da área degradada em certo tempo. Nesses pequenos habitat são favorecidas as interações interespecíficas, envolvendo interações planta-planta, planta-microrganismo,

planta-animal, níveis de predação, associações, e os processos reprodutivos de polinização e dispersão de sementes (Kageyama *et al.* 2003, Reis & Kageyama 2003).

Quando se avalia que a condução da regeneração natural não é indicada, alguns métodos de plantio total (regeneração artificial) podem ser adotados (Kageyama & Gandara 2009), entre eles o plantio ao acaso, o modelo sucessional e o plantio por sementes.

Plantio ao acaso

Nesse método não existe um arranjo pré-determinado para as diferentes espécies e seus grupos ecológicos no plantio, tendo como pressuposto que os propágulos das diferentes espécies caem, germinam e crescem ao acaso na natureza. Um fator complicador desse modelo de plantio é a possibilidade de demora no crescimento das plantas, considerando que não são priorizadas espécies pioneiras e secundárias iniciais, retardando a implantação da floresta, encarecendo a operação, além de provocar uma menor sobrevivência de espécies que exigem sombreamento inicial (Martins 2007, Kageyama & Gandara 2009).

Modelo sucessional

O uso da sucessão ecológica na implantação de florestas é a tentativa de dar à regeneração artificial um modelo semelhante às condições que ocorrem naturalmente em florestas. Este modelo separa as espécies em grupos ecológicos, fazendo com que as espécies dos estágios iniciais da sucessão (heliófilas) deem sombreamento adequado às espécies dos estágios finais da sucessão. A forma com que essas condições são dadas no plantio pode mudar, em função da maneira como as plantas são arranjadas no campo, se em módulos ou em linhas de plantio. No caso do plantio em módulos, existe uma planta base central, dos grupos finais da sucessão, rodeada por quatro ou mais plantas sombreadoras (grupos iniciais). No plantio em linhas, pode haver alternância das linhas, sendo uma de pioneiras e secundárias iniciais e outra de secundárias tardias ou com alternância desses grupos na mesma linha (Kageyama & Gandara 2009, Martins 2007).

Plantio por sementes

Uma alternativa ao plantio de espécies pioneiras e não pioneiras é a semeadura direta, no qual as sementes das espécies são espalhadas diretamente no campo. Botelho *et al*. (2015) afirmam que a semeadura direta é um método bastante promissor, porém é indispensável que se identifique os fatores que interferem na germinação e no estabelecimento das plântulas em campo, tais como a competição com plantas invasoras, características e qualidade do solo, herbivoria e predação de sementes e plântulas. Segundo Costa e Piña-Rodrigues (1996), a semeadura direta requer baixos investimentos iniciais, é de fácil implantação e constitui-se em um método acessível, principalmente para os pequenos produtores.

O plantio de sementes pode se dar também a partir da semeadura aérea, recomendável principalmente para áreas de difícil acesso, onde é operacionalmente inviável a utilização de outros métodos, e da adoção da hidrossemeadura, no qual as sementes são lançadas na área a ser recuperada através de jateamento, em mistura de água, sementes, fertilizantes e outros produtos como agentes cimentantes, com a função de aderir a semente à superfície na qual foi aplicada (Almeida 2016).

A recuperação de ecossistemas não deve ter a pretensão de refazer uma floresta idêntica à que existia antes, mas, sim, introduzir no campo uma composição que forneça condições para que essa nova comunidade tenha maior probabilidade de ser sustentável e funcional. Assim, busca-se a recuperação de parte da biodiversidade local e a facilitação dos processos biológicos relacionados à manutenção do ecossistema florestal, por meio da regeneração, condução e manejo de espécies nativas (Pereira *et al.* 2015).

Escolha do método de recuperação adequado

O planejamento das estratégias e ações para a recuperação da vegetação deve ser efetuado a partir da identificação das diferentes condições ambientais existentes na área designada para a recuperação ambiental. A Figura 50 apresenta um fluxograma de recuperação ambiental de florestas ciliares desde o diagnóstico das condições ambientais locais ou regionais. Partindo do estado de conservação dos solos, são mostradas resumidamente as principais etapas para a recuperação da vegetação através de regeneração natural ou artificial. A seleção do método mais adequado para cada situação deve estar fundamentada no diagnóstico detalhado da área, conforme as etapas evidenciadas abaixo.

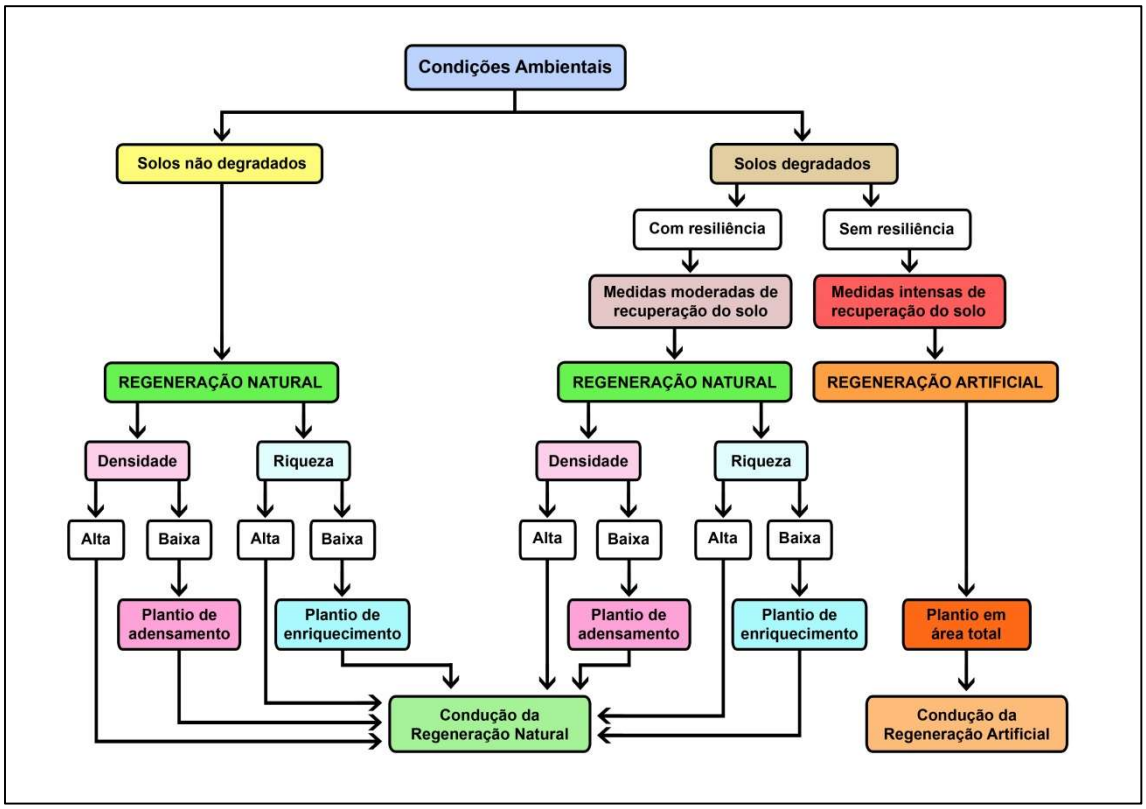


Figura 50. Etapas decisivas para o planejamento de recuperação da vegetação. Adaptado de Botelho *et al.* (2015).

Procedimentos operacionais para a recuperação

A mesma ação ou operação de recuperação pode ser realizada de diferentes formas, cada uma delas com vantagens e limitações próprias que se refletem em rendimentos operacionais e custos diferenciados. A falta de conhecimento sobre ações ou procedimentos operacionais necessários à efetivação de métodos de recuperação florestal leva, invariavelmente, ao

fracasso. São comuns os casos de projetos de recuperação bem concebidos teoricamente, mas que não conseguem restabelecer uma cobertura florestal inicial na área degradada em razão do uso inadequado de procedimentos operacionais para a efetivação do método (Brancalion *et al.* 2015). A seguir são apresentados, detalhadamente, os procedimentos operacionais a serem seguidos nos modelos de recuperação para planejamento logístico.

Escolha apropriada das espécies

A preocupação com a seleção de espécies a serem utilizadas em determinado sítio em recuperação florestal tem sido alvo de muitos estudos. No entanto, há consenso sobre o uso de espécies regionais adaptadas aos diferentes tipos de solos, condições climáticas, polinizadores e dispersores de propágulos. Além disso, espécies regionais apresentam maior tolerância a predadores e seu uso aumenta a probabilidade de sucesso reprodutivo e de regeneração natural em projetos de recuperação florestal (Kageyama & Gandara 2009).

Martins (2007) recomenda adotar alguns critérios básicos na seleção de espécies para recuperação de florestas ciliares, como: 1) plantar espécies nativas com ocorrência em florestas ciliares da mesma bacia hidrográfica ou região; 2) plantar o maior número possível de espécies para gerar alta diversidade; 3) plantar mudas de sementes obtidas em várias matrizes de diferentes remanescente ciliares, para garantir diversidade genética; 4) utilizar combinações de espécies de diferentes estágios sucessionais; 5) plantar espécies atrativas para a fauna e respeitar a tolerância das espécies à umidade do solo.

São numerosos os casos de projetos de recuperação de florestas ciliares mal sucedidos pela utilização de poucas espécies e que, após ataques sucessivos de pragas, cederam espaço para espécies invasoras. Portanto, vale ressaltar novamente que se utilize um grande número de espécies para gerar diversidade florística, imitando, assim, a estrutura e a composição de uma floresta ciliar (Martins 2007). O Quadro 1 (vide “Composição e aspectos estruturais”) abrange todas as espécies amostradas ao longo do baixo rio Jacuí, com dados ecológicos e de distribuição nas diferentes zonas, as quais são passíveis de ser utilizadas em projetos de recuperação na região estudada. Já a Tabela 3 (vide “Espécies de interesse especial para recuperação da vegetação ciliar”) evidencia 63 espécies-chave para a recuperação da vegetação ciliar no baixo rio Jacuí, assim consideradas por várias características biológicas vantajosas. A recomendação dessas espécies não exclui a possibilidade de utilização das demais, visto que a escolha também inclui fatores como a disponibilidade de mudas.

As espécies exóticas devem ser evitadas na recuperação de florestas ciliares. Há inúmeros casos em que espécies exóticas introduzidas em diferentes ecossistemas brasileiros se tornaram invasoras, competindo agressivamente com as nativas (Martins 2007).

Cercamento da área

É uma etapa determinante para o sucesso da recuperação da vegetação e, independentemente da existência de pecuária na área ou região, deve ser realizada a fim de proteger a vegetação durante o processo de recuperação de intervenções indesejadas.

Controle de pragas

As principais pragas florestais são as formigas cortadeiras dos gêneros *Atta* (saúvas) e *Acromyrmex* (quenquéns). As formigas cortadeiras podem provocar danos consideráveis nas

mudas e até altas taxas de mortalidade, inviabilizando o projeto de recuperação florestal. Assim, o combate às formigas dever ser realizado na área a ser recuperada e numa faixa de 100 m adjacente a esta (Martins 2007).

O método mais utilizado é o controle químico através de iscas granuladas de Sulfluramida ou Fipronil, sendo utilizadas 10 g de isca formicida para cada olheiro, distantes até 40 cm da entrada do mesmo (BTR 2015). O controle deve ser feito no pré-plantio (30 dias antes do plantio), no plantio (cinco a sete dias antes do plantio, com repasse logo após a implantação das mudas) e pós-plantio (periodicamente até o segundo ano após o plantio das mudas). Nos primeiros dois meses, esse controle deve ser realizado a cada 15 dias e, após esse período, a cada dois meses (TNC 2016).

Muitas vezes critica-se o controle de formigas na recuperação florestal, pois se argumenta que esses insetos são importantes dispersores secundários e contribuem para a dinâmica natural da vegetação. Contudo, Brancalion *et al.* (2015) ressaltam que saúvas e quenquéns são basicamente herbívoras e pouco contribuem com a dispersão efetiva de sementes de espécies nativas no início do processo de recuperação. Além disso, o objetivo não é eliminar completamente as formigas, apenas minimizar as perdas causadas pela herbivoria nas fases iniciais de recuperação, tanto que, dois anos após esse controle inicial, com a área já recoberta com vegetação nativa, não é feito mais nenhum controle adicional, o que permite a recolonização da área por esses insetos.

Limpeza da área

Deve ser realizada de preferência 15 dias antes do plantio para diminuir a densidade e a altura das espécies competidoras. Pode ser realizada de forma manual (com foice), semimecanizada (com roçadeira costal) ou mecanizada. Em todos esses casos deve-se ter especial cuidado para não danificar a regeneração natural (NBL & TNC 2013).

De um modo geral, as margens de rios e corpos d'água são áreas de difícil mecanização, com topografia irregular e solos excessivamente úmidos e sujeitos a erosões acentuadas quando em posição inclinada. A limpeza da área, nestes casos, deve se restringir a roçadas que não revolvam o solo, mas que eliminem parte da vegetação competidora (Barbosa 2009).

De acordo com Rodrigues e Gandolfi (2009), a condição mais comum é a presença de remanescentes de floresta ciliar em condições variadas de degradação, com ocupação de espécies agressivas (gramíneas exóticas, trepadeiras ou bambus), que competem vigorosamente com a regeneração das espécies dos estratos superiores, dificultando o avanço sucessional nessas áreas. As espécies de bambus e lianas, na maioria das vezes, são nativas que, favorecidas pela degradação, apresentam algumas populações muito densas e dominantes; as gramíneas são geralmente espécies exóticas, oriundas de áreas agrícolas no entorno. Dessa forma, as espécies nativas requerem medidas de controle para evitar o crescimento excessivo de seus indivíduos e populações, e as espécies exóticas, na medida do possível, devem ser erradicadas da área. Especial cuidado deve ser dado às lianas, pois constituem elementos importantes da diversidade, da estrutura e do funcionamento de ecossistemas florestais. Barbosa (2009) salienta que a presença de vegetação competidora na época de implantação do reflorestamento e crescimento inicial das espécies arbóreas é um fator que pode retardar o estabelecimento da floresta, pois as plantas invasoras atuam

competindo por luz, água e nutrientes, ou ainda liberando compostos alelopáticos capazes de interferir no crescimento das árvores.

Abertura de covas

A abertura manual pode ser feita com enxadão ou cavadeira, as covas devem ter dimensões mínimas de 40 cm × 40 cm × 40 cm (NBL & NTC 2013).

A abertura mecanizada pode ser feita por broca perfuratriz ou motocoveador. O principal cuidado com essa técnica refere-se ao possível espelhamento, que constitui na formação de uma camada compactada nas paredes da cova, o que compromete o desenvolvimento radicular da muda e estimula o enovelamento de suas raízes. Para diminuir o espelhamento, recomenda-se a escarificação nas paredes da cova com o uso de uma cavadeira (TNC 2016).

Para plantio de mudas em tubetes, a abertura pode ser feita por um "chucho", que consiste em um tubete preso a um cabo de madeira que é inserido e retirado do solo para produzir um buraco com as dimensões próximas ao torrão das mudas.

Adubação de base

De acordo com Martins (2007), em determinados modelos de recuperação de floresta ciliar, não se utilizam fertilizantes químicos e calcários, buscando-se um comportamento das mudas semelhante às condições de regeneração natural. Entretanto, o empobrecimento do solo pelas atividades agrícolas e a necessidade de crescimento rápido das mudas, para escapar da competição com plantas invasoras, torna necessária, em muitas situações, a utilização de calagem e adubação química ou orgânica.

A recomendação de adubação deve sempre ser feita com base em uma análise química do solo para subsidiar a definição do tipo, formulação e quantidade de adubo a ser utilizado (Brancalion *et al.* 2015). Geralmente é recomendado o uso de 200 g/cova de fertilizante NPK na formulação 06:30:06 ou equivalente, misturado a todo o volume de terra retirado da cova para evitar o contato direto do adubo e a queima das raízes da muda (TNC 2016). Em áreas não muito extensas pode-se efetuar adubação orgânica que, na maioria dos casos, é suficiente para o bom desenvolvimento das mudas. Neste caso, recomenda-se aplicar seis litros de esterco de curral ou três litros de esterco de galinha para cada cova (20% ou 10% do volume da cova, respectivamente) (Barbosa 2009).

No caso de solos muito ácidos recomenda-se a aplicação de calcário dolomítico (calagem) diretamente no fundo ou ao redor da cova de plantio das mudas. O objetivo principal da calagem não é elevar o pH, mas sim de aumentar a disponibilidade de cálcio e magnésio para as mudas. Dessa forma, a dosagem de calcário a ser aplicada pode ser determinada em função dos teores destes nutrientes, obtida a partir da análise química do solo (NBL & TNC 2013).

Plantio

O plantio pode ser manual, mais utilizado para mudas produzidas em sacos plásticos, ou com plantadora manual, para mudas em tubetes. No caso do plantio manual, deve-se cortar o saco plástico, preservando o torrão ao redor da raiz, colocar a muda no centro da cova e preencher com o solo que foi retirado na abertura (Barbosa 2009).

A plantadora manual é constituída por um tubo de inox com ponta cônica, o qual se abre quando acionado por um gatilho. Essa metodologia de plantio proporciona uma melhor ergonomia de trabalho e um maior rendimento operacional, já que não é necessário se agachar para efetuar o plantio, aumentando o rendimento da atividade (Brancalion *et al.* 2015).

Tanto no plantio manual quanto no executado com plantadora, o torrão de terra que envolve muda não pode ficar exposto na superfície do solo, devendo ser posicionado cerca de 5 cm abaixo da superfície, ficando o colo da planta rente à superfície ou um pouco abaixo do solo, para evitar o seu apodrecimento. A serapilheira removida no coroamento deve ser reposta ao redor da muda. Essas são medidas que ajudam a manter a umidade na região do entorno da raiz, reduzindo a mortalidade de mudas (NBL & TNC 2013). Deve-se realizar, também, uma leve compactação com o pé ao redor da muda recém-plantada para remover eventuais bolsas de ar presentes entre o solo e o torrão, o que prejudica a estabilização da muda no solo e a absorção de água e nutrientes (Brancalion *et al.* 2015).

Coroamento

Consiste na limpeza ao redor das covas num raio de cerca de 60 cm. Em plantios mais adensados o raio pode ser de 50 cm, enquanto que nos mais ralos pode chegar a 80 cm (Barbosa 2009). Deve ser realizado com enxada ao redor da muda ou indivíduo regenerante e a uma profundidade de cerca de 5 cm no solo a fim de dificultar e diminuir a rebrota, evitando assim a competição por água, luz e nutrientes (NBL & TNC 2013).

Irrigação

A melhor época para o plantio de mudas na região do baixo Jacuí e no Rio Grande do Sul é entre maio e agosto, quando geralmente os índices pluviométricos são mais elevados e as temperaturas mais amenas, dessa forma evitando o dessecamento e murchamento das mudas.

Imediatamente após o plantio e nos dias que o sucedem, as mudas devem ser irrigadas, pois ainda não enraizaram no solo para suprir suas demandas hídricas. Utilizam-se cerca de cinco litros de água por planta, sendo normalmente previstas três irrigações até que haja o estabelecimento das mudas. Deve ser feita irrigação complementar sempre que se detectar o murchamento das mudas de espécies mais sensíveis. Os intervalos de irrigação subsequentes irão depender da quantidade e distribuição das chuvas, da intensidade de evapotranspiração no período, da capacidade de retenção de água no solo e das espécies utilizadas (Brancalion *et al.* 2015).

Pode-se utilizar um regador em áreas pequenas ou um tanque-pipa acoplado a um trator com mangueiras para a irrigação em áreas maiores. Onde houver acesso à fonte de água próxima da área de enriquecimento, pode também ser utilizada uma motobomba (NBL & TNC 2013).

Replantio

O replantio consiste na reposição das mudas que morreram, devendo ser realizado sempre que a mortalidade for superior a 5% do total de cada espécie plantada. Deve ser efetuado 60 dias após o plantio (NBL & TNC 2013).

Porém, antes de substituir uma planta por outra, é preciso estar atento a dois fatores importantes: 1) saber a possível causa da morte, para que a muda reposta não morra também, e 2) ter certeza que a muda a ser substituída de fato morreu, pois muitas vezes as mudas perdem as folhas em virtude da seca ou do ataque de formigas e rebrotam depois de certo tempo. Para saber se uma muda sem folhas está morta ou não, costuma-se arranhar a superfície do caule até que se remova a casca e se exponha uma camada interna. Se a área raspada estiver verde, isso indica que a planta ainda está viva (Brancalion *et al.* 2015).

De forma geral, consideram-se aceitáveis taxas de replantio em torno de 10%, sendo que valores muito acima desse limite indicam eventuais problemas em uma ou mais etapas do plantio. O replantio deve continuar durante todo o período de manutenção do projeto, efetuando-se novamente a adubação de base e sendo realizado sempre que necessário (Brancalion *et al.* 2015).

Adubação de cobertura

A aplicação dos fertilizantes deve ser parcelada no tempo, possibilitando o fornecimento dos nutrientes à medida que as plantas se desenvolvem, o que aumenta o aproveitamento desses elementos. Caso toda a demanda de nitrogênio e potássio fosse incorporada na adubação de base, poderia haver problemas de lixiviação desses nutrientes antes que as mudas pudessem absorvê-los (Brancalion *et al.* 2015).

O número de adubações será definido conforme a necessidade de cada projeto, de acordo com o solo do local e das espécies utilizadas, devendo a primeira adubação de cobertura ser realizada 30 dias após o plantio e as próximas no período de um a dois meses. Recomenda-se, por exemplo, no caso de adubação química, 50 g/planta da fórmula NPK 20:05:20 ou equivalente (NBL & TNC 2013), ou NPK 20:05:20 + 4% S + 0,5% B, na dosagem de 150 g/planta (BTR 2015). No caso de adubação orgânica, pode-se utilizar esterco de curral ou de granja (este em menor proporção), como indicado na adubação de plantio (TNC 2016).

A distribuição do adubo deve ser feita em semicírculo ou semicoroa, na projeção da copa e na posição mais elevada da cova, no caso de terrenos inclinados, nunca concentrando o adubo no colo da muda (BTR 2015).

A adubação de cobertura é fundamental para suprir as necessidades nutricionais das árvores, para acelerar a formação de um ambiente florestal e evitar a redução do crescimento potencial dos indivíduos plantados em virtude da deficiência nutricional. Para não favorecer o crescimento de plantas competidoras, sua aplicação deverá ser sempre realizada após capina, roçada e coroamento (Brancalion *et al.* 2015).

Manutenção

O sucesso de um projeto de recuperação de floresta ciliar depende essencialmente da aplicação correta das técnicas de implantação bem como da manutenção do reflorestamento. É comum encontrar projetos de recuperação de áreas degradadas em que foram utilizadas todas as técnicas corretamente, mas que foram condenados ao fracasso pelo descuido após alguns meses da sua implantação (Martins 2007). A manutenção das áreas de recuperação deve ser realizada até 30 meses após o plantio ou até o total recobrimento do solo pela sombra da copa das árvores (NBL & TNC 2013).

Após alguns anos da implantação, a cobertura vegetal arbórea fornece um nível de sombreamento do solo que praticamente inibe a infestação por gramíneas invasoras e o sistema radicular das plantas também se torna profundo o suficiente para garantir a sobrevivência das plantas, mesmo nos períodos de estiagem prolongada (Martins 2007).

Avaliação e monitoramento das áreas

A avaliação contínua das práticas adotadas na recuperação de áreas degradadas e o avanço no conhecimento científico em restauração florestal possibilitam que os erros e acertos das metodologias sejam identificados e se definam ações corretivas no contexto do manejo adaptativo para restabelecer o caminho planejado (Brancalion *et al.* 2015).

Pela necessidade constante de avaliação das ações aplicadas, o monitoramento constitui uma das etapas essenciais em qualquer projeto de recuperação. Apesar dessa importância, pouca atenção tem sido dada à avaliação e ao monitoramento de áreas em processo de recuperação da vegetação. Isso ocorre muitas vezes porque o processo é iniciado só para o cumprimento de exigências legais ou para atender alguma demanda de mercado, sem que haja um efetivo comprometimento com a recuperação da vegetação nessas áreas (Brancalion *et al.* 2015).

É preciso primeiramente definir os objetivos do projeto de recuperação, que devem levar em consideração as características intrínsecas da área degradada (Rodrigues & Gandolfi 1996) e o estágio a ser alcançado pela comunidade em desenvolvimento para que os resultados sejam considerados satisfatórios (Rodrigues & Gandolfi 2009). Só então devem ser estabelecidas medidas de avaliação e monitoramento que indiquem quanto resta para atingir as metas estabelecidas.

A avaliação é uma medida de sucesso do projeto, necessitando de indicadores ou variáveis previamente selecionados para comparação ao longo do monitoramento. Isso permite uma efetiva comparação entre projetos e maior segurança na recomendação de ações a serem realizadas (Almeida & Sanchez 2005, Rodrigues & Gandolfi 2009). Na definição dos indicadores é importante conhecer as características que refletem o adequado funcionamento do ecossistema (Reis *et al*. 2015).

De forma geral, há dois tipos de indicadores que podem ser utilizados em projetos de recuperação. Os indicadores qualitativos são aqueles obtidos de forma não mensurável, com base na observação e julgamento do observador em relação a aspectos como a conservação dos solos e serviços ecossistêmicos. Os quantitativos são aqueles que podem ser mensurados a partir de descritores, como a riqueza média de espécies arbustivas e arbóreas, diversidade, presença de espécies exóticas, presença de espécies ameaçadas de extinção e altura média das mudas plantadas (Brancalion *et al.* 2015). A literatura disponível sobre recuperação de áreas degradadas ou restauração florestal apresenta muitos indicadores para diferentes casos (e.g., Rodrigues & Gandolfi 1998, Sorreano 2002, Damasceno & Gandara 2005, Freire 2006, Lomov *et al*. 2006). Entretanto, dada as diferentes situações e particularidades dos ambientes, a escolha dos indicadores deve ser feita caso a caso (Rodrigues & Gandolfi 2009).

O monitoramento consiste na coleta de dados sobre os indicadores para verificar se os objetivos e metas em cada etapa da restauração estão sendo atingidos. Com base nos dados

de monitoramento é que se realiza a avaliação final do projeto (Brancalion *et al.* 2015). Não existe uma fórmula específica ou um padrão único a ser seguido no monitoramento, devendo ser observadas as características de cada área e os objetivos traçados. Entretanto, ações mínimas devem ser realizadas para que se garanta o sucesso das ações de recuperação. Gandolfi (2006), por exemplo, recomenda que o monitoramento de reflorestamentos ciliares seja realizado por quatro anos, em intervalos semestrais, para que seja avaliada a recuperação estrutural e funcional da comunidade.

É essencial que no início do monitoramento seja definido como será realizada a mensuração de cada indicador, incluindo o método de amostragem, coleta e análise de dados, e o cronograma das atividades. As iniciativas de avaliação e monitoramento não devem levar em conta apenas aspectos ecológicos, mas uma visão abrangente do processo de recuperação ambiental (Brancalion *et al.* 2015).

Considerações finais

A água é um recurso natural essencial à manutenção da vida de todos os organismos. Da mesma forma, é fundamental ao próprio desenvolvimento da civilização humana, pois é o único recurso que permeia múltiplos aspectos que vão desde o desenvolvimento de inúmeras atividades econômicas, passando por valores culturais até valores religiosos da humanidade. A água é essencial ao desenvolvimento das plantas e, por conseguinte, para a produção de alimentos na agricultura e na pecuária.

Apenas uma ínfima parte da água no planeta é doce, quase toda ela encontrada abaixo da superfície. Apesar disso, a demanda por água é cada vez maior. A população atual e as gerações futuras dependem desses recursos e dos diversos benefícios diretos e indiretos originados a partir da água. Mas parte da humanidade não tem acesso à água potável e a serviços de saneamento básico, e muitas pessoas morrem diariamente em decorrência de doenças e complicações produzidas pelo consumo de água contaminada e falta de saneamento.

As águas superficiais e subterrâneas têm sido poluídas, com sua qualidade degradada a ponto de prejudicar a saúde, a segurança e o bem-estar da população, criando condições adversas às atividades sociais e econômicas. A poluição das águas também afeta negativamente os seres vivos terrestres e, sobretudo, os aquáticos. Essa poluição ocorre devido à contaminação dos corpos d'água por elementos físicos, químicos e biológicos, que alteram as propriedades da água tornando-a inadequada ao desenvolvimento da vida, ao consumo, à produção de alimentos e ao avanço de outras atividades econômicas e sociais, podendo ser nociva ou prejudicial aos organismos vivos em geral e à vida humana. O principal responsável pela poluição das águas é a ação humana, sendo as atividades agrícolas, domésticas e industriais as principais fontes poluidoras. Contribuem ainda para esse processo a destruição dos ecossistemas associados aos corpos d'água.

Os corpos hídricos, sobretudo os rios, representam a principal fonte de recursos hídricos para a imensa maioria da população brasileira. Todavia a maioria dos rios se encontra poluída e os ecossistemas ciliares, essenciais à manutenção da qualidade das águas e responsáveis por

diversos serviços ecossistêmicos fundamentais, encontram-se largamente degradados, muitas vezes ao ponto da perda total de suas funções ambientais. Foram citados muitos exemplos de atividades humanas que afetam ou inviabilizam os ecossistemas ciliares, entre eles o desmatamento, a conversão de áreas e a degradação dos solos. As consequências dessas atividades são largamente conhecidas e foram igualmente abordadas.

Nesse contexto, é mais que reconhecida a importância da vegetação ciliar na manutenção da integridade dos recursos hídricos e de seus ecossistemas associados. No baixo Jacuí, ⅓ da área total da faixa ciliar (500 m a partir de cada margem) foi convertida em outros usos que não a manutenção dos ecossistemas naturais, valor que chega à metade no trecho mais antropizado do rio. Os custos dessa supressão da vegetação ciliar, apesar de nem sempre quantificáveis em sua totalidade, são certamente elevados. Esse uso incorreto da paisagem gera várias consequências pela perda de serviços ecossistêmicos que a vegetação ciliar poderia oferecer.

Apesar disso, é possível retificar o uso incorreto da paisagem por meio da recuperação de áreas degradadas e dos solos, para que a vegetação nativa e suas funções possam ser restabelecidas. A presença de vegetação ciliar – conservada ou recuperada – gera serviços ambientais benéficos à população e ao meio ambiente. A recuperação da vegetação ciliar pode aumentar significativamente a filtragem das águas da chuva, amortecendo enchentes, prevenindo a erosão e o assoreamento, bem como mantendo a navegação, aumentando a qualidade das águas e conservando a biodiversidade, entre outros. O processo de recuperação é também parte essencial da recuperação das funções originais da planície de inundação do rio Jacuí.

Além de evitar o assoreamento dos corpos hídricos e de gerar benefícios sociais e econômicos diretos e indiretos, a recuperação da vegetação ciliar é uma medida de adequação ambiental que permite a continuidade de atividades econômicas ao mesmo tempo em que evita a erosão do solo. A recuperação da vegetação é igualmente um instrumento integrador, pois adequa as propriedades à legislação ambiental, ao passo que diminuí o passivo ambiental e aumenta a provisão de serviços ambientais, gerando sustentabilidade em longo prazo.

Referências bibliográficas

AHRGS (Arquivo Histórico do Rio Grande do Sul). 1850. Fundo “Exército, Marinha, Guarda Nacional.” Série Marinha-Delegacia da Capitania do Porto, 12 de dezembro de 1850.

Almeida, D.S. 2016. Recuperação ambiental da Mata Atlântica. Ilhéus: EDITUS. 3ª ed. 200p.

Almeida, R.O.P.O., Sánchez, L. E. 2005. Revegetação de áreas de mineração: critérios de monitoramento e avaliação de desempenho. Revista Árvore 29 (1):47-54.

APG IV (The Angiosperm Phylogeny Group). 2016. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. Botanical Journal of the Linnean Society 181(1):1-20.

Araújo, R.C.P., Maia, L.P. 2009. Pagamento de compensatória ambiental aplicada sobre proprietários de lotes urbanos em Área de Preservação Permanente (APP) do rio Jaguaribe, Fortim – CE. 47º Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, pp. 1-18.

Barbosa, L.M. 2009. Considerações gerais e modelos de recuperação de formações ciliares, pp. 289-312. *In* R.R. Rodrigues e H.F.L. Filho (eds.), Matas ciliares: conservação e recuperação, 2ª ed. 2ª reimpr. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo. 320p.

Borges, L.A.C., Rezende, J.L.P., Pereira, J.A.A., Barros, D.A. 2015. Regularização ambiental de propriedades rurais no Estado de Minas Gerais, pp. 607-635. *In* A.C. Davide e S.A. Botelho (eds.), Fundamentos e métodos de restauração de ecossistemas florestais – 25 anos de experiência em matas ciliares. Lavras: UFLA. 636p.

Botelho, S.A., Pereira, I.M, Vilas Boas, R.A., Nogueira, M.O.G., Carlos, L. 2015. Restauração de matas ciliares, pp. 433-475. *In* A.C. Davide e S.A. Botelho (eds.), Fundamentos e métodos de restauração de ecossistemas florestais – 25 anos de experiência em matas ciliares. Lavras: UFLA. 636p.

Bradshaw, A.D. 1990. Restoration: an acid test for ecology, pp. 23-29. *In* W.R. Jordan, M.E. Gilpin and J.D. Aber (eds.), Restoration Ecology: A Synthetic Approach to Ecological Research. Cambridge, UK: Cambridge University Press. 356p.

Brancalion, P.H.S., Gandolfi, S., Rodrigues, R.R. 2015. Restauração Florestal. São Paulo: Oficina de Textos. 432p.

Brasil. 1996. Decreto nº 1.905, de 16 maio de 1996. Promulga a Convenção sobre Zonas Úmidas de Importância Internacional, especialmente como habitat de aves aquáticas, conhecida como Convenção de Ramsar, de 02 de fevereiro de 1971. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1996/D1905.htm>. Acesso em: 2019.

Brasil. 2012. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa, e dá outras providências (Código Florestal). Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm>. Acesso em: 2019.

BTR – Bioflora Tecnologia da Restauração. 2015. Manual de Restauração Ecológica Técnicos e Produtores Rurais no Extremo Sul da Bahia. Disponível em: <http://www.viveirobioflora.com.br/files/file_texto_123.pdf>. Acesso em: 2019.

Chada, S.S., Campello, E.F.C., Faria, S.M. 2004. Sucessão vegetal em uma encosta reflorestada com leguminosas arbóreas em Angra dos Reis, RJ. Revista Árvore 28(6):801-809.

Chave, J. 2013. The problem of pattern and scale in ecology: what have we learned in 20 years? Ecology Letters 16:4-16.

Clark, D.B. 1996. Abolishing virginity. Journal of Tropical Ecology 12:735-739.

Costa, L.G.S., Pinã-Rodrigues, F.C.M. 1996. Viabilidade técnica da recuperação de áreas degradadas. Belém: Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, Serviço de Documentação e Informação, 26p.

Damasceno, A.C.F., Gandara, F.B. 2005. Macrofauna edáfica em áreas restauradas com diferentes idades no Pontal do Paranapanema - SP. *In* Anais do Simpósio Nacional sobre Recuperação de Áreas Degradadas. Curitiba: SOBRADE, CD-ROM.

Ferreira, A.P., Campello, E.F.C., Franco, A.A., Resende, A.S. 2007. Uso de leguminosas arbóreas fixadoras de nitrogênio na recuperação de áreas degradadas pela mineração de areia no polo

produtor de Seropédica/Itaguaí. Seropédica: Embrapa Agrobiologia. 31p. (Embrapa-CNPAB. Documentos, 236).

Freire, M. 2006. Chuva de sementes, banco de sementes do solo e deposição de serapilheira como bioindicadores ambientais. Dissertação de Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 80p.

Gandolfi, S. 2006. Indicadores de avaliação e monitoramento de áreas em recuperação. *In* Anais do Simpósio Nacional sobre Recuperação de Áreas Degradadas. Curitiba: SOBRADE, CD-ROM.

Gregory, S.V., Swanson, F.J., Mckee, W.A., Cummins, K.W. 1991. An ecosystem perspective of riparian zones – focus on links between land and water. BioScience 41(8):540-551.

Holling, C.S. 1973. Resilience and stability of ecological systems. Annual Review of Ecology and Systematics 4:1-23.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2004. Mapa de Biomas do Brasil. Rio de Janeiro: IBGE. Disponível em: <ftp://ftp.ibge.gov.br/Cartas_e_Mapas/Mapas_Murais/>. Acesso em: 2019.

Jarenkow, J. 1994. Estudo fitossociológico comparativo entre duas áreas com mata de encosta no Rio Grande do Sul. Tese de Doutorado em Ecologia. Universidade Federal de São Carlos, São Carlos. 122p.

Jarenkow, J., Waechter, J.L. 2001. Composição, estrutura e relações florísticas do componente arbóreo de uma floresta estacional no Rio Grande do Sul, Brasil. Revista Brasileira de Botânica 24:263-272.

Jurinitz, C.F., Jarenkow, J.A. 2003. Estrutura do componente arbóreo de uma floresta estacional na Serra do Sudeste, Camaquã (RS), Brasil. Revista Brasileira de Botânica 26:475-487.

Kageyama, P., Gandara, F.B. 2009. Recuperação de Áreas Ciliares, pp. 249-269. *In* R.R. Rodrigues e H.F.L. Filho (eds.), Matas ciliares: conservação e recuperação, 2ª ed. 2ª reimpr. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo. 320p.

Kageyama, P.Y., Gandara, F.B., Oliveira, R.E. 2003. Biodiversidade e restauração da floresta tropical, pp. 29-48. *In* P.Y. Kageyama *et al*. (orgs.), Restauração Ecológica de Ecossistemas Naturais. Botucatu: FEPAF. 340p.

Levin, S.A. 1992. The problem of pattern and scale in ecology. Ecology 73:1943-1967.

Lima, W.P., Zakia, M.J.B. 1998. Indicadores hidrológicos em áreas florestais. Série Técnica IPEF 12(31):53-64.

Lomov, B., Keith, D.A., Britton, D.R., Hochuli, D. 2006. Are butterflies and moths useful indicators for restoration monitoring? A pilot study in Sydney´s cumberland plain woodland. Ecological Management & Restoration 7(3):204-210.

Lourenço, A.R.L., Parra-O., Sánchez-Chávez, C.E., Lucas, E. 2018. New combinations and names for continental American *Calyptranthes* (Myrtaceae: *Myrcia s.l.*). Phytotaxa 373(1):71-85.

Machado, L.M., Magistrali, I.C., Araldi, D.B. 2017. Comparação das características biotécnicas de *Sebastiania schottiana* (Müll.Arg.) Müll.Arg., *Phyllanthus sellowianus* (Klotzscg) Müll.Arg., *Salix humboldtiana* Willd. e *Salix* × *rubens* Schrank. Ciência Florestal 27(2):635-641.

Martins, S.V. 2007. Recuperação de matas ciliares. Viçosa: Editora Aprenda Fácil. 255p.

Millennium Ecosystem Assessment. 2005. Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis., Washington: World Resources Institute. 86p.

Minas Gerais. 2010. Capacitação de profissionais para regularização de áreas de Reserva Legal em Minas Gerais. Ministério Público do Estado de Minas Gerais, Centro de Apoio Operacional das Promotorias de Justiça de Defesa do Meio Ambiente, Patrimônio Cultural, Urbanismo e Habitação (CAOMA), Instituto Estadual de Florestas (IEF), Associação dos Notários e Registradores do Estado de Minas Gerais (SERJUS-ANOREG/MG). Belo Horizonte, MG, Brasil. 62p.

Molz, M. 2004. Florística e estrutura do componente arbóreo de um remanescente florestal na bacia do rio dos Sinos, Rio Grande do Sul, Brasil. Dissertação de Mestrado em Botânica. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 62p.

NBL – Engenharia Ambiental Ltda., TNC – The Nature Conservancy. 2013. Manual de Restauração Florestal: Um Instrumento de Apoio à Adequação Ambiental de Propriedades Rurais do Pará. Belém: The Nature Conservancy. 128p.

Noelli, F.S. 2000. Documentação histórica do limite meridional da *Araucaria angustifolia* e do início do processo de desmatamento no Rio Grande do Sul, Brasil. Napaea 12:69-74.

Oliveira-Filho, A.T., Vilela, E.A., Carvalho, D.A., Gavilanes, M.L. 1994. Effects of soils and topography on the distribution of tree species in a tropical riverine forest in south-eastern Brazil. Journal of Tropical Ecology 10(04):483-508.

Overbeck, G.E., Boldrini, I.I., Carmo, M.R.B., Garcia, E.N., Moro, R.S., Pinto, C.E., Trevisan, R., Zannin, A. 2015. Fisionomia dos campos, pp. 31-42. *In* V.P. Pillar e O. Lange (eds.), Os Campos do Sul. Porto Alegre: Rede Campos Sulinos - UFRGS. 192p.

Pacheco, M.F.S.D. 1956. Divisão regional do Rio Grande do Sul. Boletim Geográfico do Rio Grande do Sul 1(4):7-17.

Pereira, I.M., Botelho, S.A., Davide, A.C. 2015. Restauração de ecossistemas: Bases ecológicas e silviculturais, pp. 369-432. *In* A.C. Davide e S.A. Botelho (eds.), Fundamentos e métodos de restauração de ecossistemas florestais – 25 anos de experiência em matas ciliares. Lavras: UFLA. 636p.

Pinheiro, A.C.D., Procópio, J.B. 2008. Áreas urbanas de preservação permanente ocupadas irregularmente. Revista de Direito Público 3(3):83-103.

Pinto, L.V.A., Botelho, S.A., Oliveira-Filho, A.T., Davide, A.C. 2005. Estudo da vegetação como subsídios para propostas de recuperação das nascentes da bacia hidrográfica do ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG. Árvore 29(5):775-793.

Rambo, B. 1956. A fisionomia do Rio Grande do Sul: ensaio de monografia natural. 2ª ed. Porto Alegre: Livraria Selbach. 456p.

Ramsar. 2016. An Introduction to the Convention on Wetlands (previously The Ramsar Convention Manual). Ramsar Convention Secretariat, Gland, Switzerland.

Reis, A., Kageyama, P.Y. 2003. Restauração de áreas degradadas utilizando interações interespecíficas, pp. 91-110. *In* P.Y. Kageyama *et al*. (orgs.), Restauração Ecológica de Ecossistemas Naturais. Botucatu: FEPAF. 340p.

Reis, D.N., Davide, A.C., Botelho, S.A. 2015. Indicadores de recuperação de áreas degradadas: conceitos e perspectivas, pp. 585-606. *In* A.C. Davide e S.A. Botelho (eds.), Fundamentos e métodos de restauração de ecossistemas florestais – 25 anos de experiência em matas ciliares. Lavras: UFLA. 636p.

Reitz, R., Klein, R.M., Reis, A. 1983. Projeto Madeira do Rio Grande do Sul. Sellowia 34/35:1-525.

Rodrigues, R.R. 2009. Uma discussão nomenclatural das formações ciliares, pp. 91-99. *In* R.R. Rodrigues e H.F.L. Filho (eds.), Matas ciliares: conservação e recuperação, 2ª ed. 2ª reimpr. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo. 320p.

Rodrigues, R.R., Gandolfi, S. 1996. Recomposição de Florestas Nativas: Princípios Gerais e Subsídios para uma Definição Metodológica. Revista Brasileira de Horticultura Ornamental 2 (1):4-15.

Rodrigues, R.R., Gandolfi, S. 1998. Restauração de florestas tropicais: subsídios para uma definição metodológica e indicadores de avaliação e monitoramento, pp. 203-216. *In* L.E. Dias e J.W.V. Mello (orgs.), Recuperação de áreas degradadas. 1ª ed. Viçosa: Editora Folha de Viçosa Ltda. 251p.

Rodrigues, R.R., Gandolfi, S. 2009. Conceitos, tendências e ações para a recuperação de florestas ciliares, pp. 235-247. *In* R.R. Rodrigues e H.F.L. Filho (eds.), Matas ciliares: conservação e recuperação, 2ª ed. 2ª reimpr. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo. 320p.

Rodrigues, R.R., Shepherd, G.J. 2009. Fatores condicionantes da vegetação ciliar, pp. 101-107. *In* R.R. Rodrigues e H.F.L. Filho (eds.), Matas ciliares: conservação e recuperação, 2ª ed. 2ª reimpr. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo. 320p.

SER – Society for Ecological Restoration International. 2005. Science and Policy Working Group. Diretrizes para Desenvolver e Gerenciar Projetos de Restauração Ecológica, 2ª ed., 19p.

Sobral, M., Jarenkow, J. A., Brack, P., Irgang, B., Larocca, J., Rodrigues, R. S. 2013. Flora Arbórea e Arborescente do Rio Grande do Sul, Brasil. São Carlos: Rima/Novo Ambiente. 357p.

Sorreano, M.C.M. 2002. Avaliação de aspectos da dinâmica de florestas restauradas com diferentes idades. Dissertação de Mestrado em Recursos Florestais. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba. 144p.

Stein, A., Gerstner, K., Kreft, H. 2014. Environmental heterogeneity as a universal driver of species richness across taxa, biomes and spatial scales. Ecology Letters 17(7):866-880.

Stenseth, N.C., Mysterud, A., Ottersen, G., Hurrell, J.W., Chan, K-S. Lima, M. 2002. Ecological effects of climate fluctuations. Science 297:1292-1296.

Strauss, S.Y., Irwin, R.E. 2004. Ecological and evolutionary consequences of multispecies plant-animal interactions. Annual Review of Ecology and Systematics 35:435-66.

Sutili, F.J., Durlo, M.A., Bressan, D.A. 2004. Potencial biotécnico do sarandi-branco (*Phyllanthus sellowianus* Müll. Arg.) e vime (*Salix viminalis* L.) para revegetação de margens de cursos d'água. Ciência Florestal 14(1):13-20.

TNC – The Nature Conservancy. 2016. Manual de Restauração da Vegetação Nativa, Alto Teles Pires, MT. Alto Teles Pires: The Nature Conservancy. 134p.

Vasconcellos, J.M.O., Dias, L.L., Silva, C.P., Sobral, M. 1992. Fitossociologia de uma área de mata subtropical no Parque Estadual do Turvo-RS. Revista do Instituto Florestal 4:252-259.

Walker, B., Holling, C.S., Carpenter, S.R. and Kinzig, A. 2004. Resilience, adaptability and transformability in social–ecological systems. Ecology and Society 9(2):5. [online] URL: http://www.ecologyandsociety.org/vol9/iss2/art5/

Wallace, K.J. 2007. Classification of ecosystem services: Problems and solutions. Biological Conservation 139: 235-246.

Woodward, F.I., Lomas, M.R., Kelly, C.K. 2004. Global climate and the distribution of plant biomes. Philosophical Transactions of the Royal Society B 359: 1465-1476.

Yang, Z., Liu, X. Zhou, M., Ai, D., Wang, G., Wang, Y., Chu, C. Lundholm J.T. 2015. The effect of environmental heterogeneity on species richness depends on community position along the environmental gradient. Scientific Reports 5:15723.

ANEXO F – ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA - ART

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977
Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Rio Grande do Sul

CREA-RS

ART Número
10293851

Tipo: PRESTAÇÃO DE SERVIÇO
Participação Técnica: INDIVIDUAL/PRINCIPAL
Convênio: NÃO É CONVÊNIO
Motivo: NORMAL

Contratado

Carteira: RS077501 **Profissional:** MAURO JUNGBLUT **E-mail:** comercial@profill.com.br
RNP: 2212286309 **Título:** Engenheiro Civil
Empresa: PROFILL ENGENHARIA E AMBIENTE SA **Nr.Reg.:** 105313

Contratante

Nome: FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL - FEPAM **E-mail:**
Endereço: AVENIDA BORGES DE MEDEIROS 261 6º ANDAR **Telefone:** **CPF/CNPJ:** 93859817000109
Cidade: PORTO ALEGRE **Bairro.:** CENTRO HISTÓRICO **CEP:** 90020021 **UF:** RS

Identificação da Obra/Serviço

Proprietário: FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL - FEPAM
Endereço da Obra/Serviço: CONFORME RESUMO DO CONTRATO **CPF/CNPJ:** 93859817000109
Cidade: PORTO ALEGRE **Bairro:** **CEP:** **UF:** RS
Finalidade: AMBIENTAL **Vlr Contrato(R$):** 1.750.889,39 **Honorários(R$):**
Data Início: 24/11/2017 **Prev.Fim:** 24/11/2019 **Ent.Classe:**

Atividade Técnica	Descrição da Obra/Serviço	Quantidade	Unid.
Coordenação Técnica	CARACTERIZAÇÃO DA REDE HIDROGRÁFICA		
Coordenação Técnica	MEDIÇÃO DE VAZÃO E NÍVEL D'ÁGUA		
Coordenação Técnica	QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS		
Coordenação Técnica	Batimetria em Rios e Canais		
Coordenação Técnica	Hidrografia e Hidrologia - Bacia Hidrográfica		
Coordenação Técnica	Hidrografia e Hidrologia - Batimetria		
Coordenação Técnica	Hidrologia - Dimensionamento de Vazões		
Coordenação Técnica	Hidrologia - Fluviometria		
Coordenação Técnica	Hidrologia - Regionalização de Vazões		
Coordenação Técnica	Hidrologia - Sedimentometria		
Coordenação Técnica	Meio Ambiente - Diagn./Caracteriz. do Meio Físico		
Coordenação Técnica	Meio Ambiente		
Coordenação Técnica	Modelos - Matemáticos		
Coordenação Técnica	Geoprocessamento		
Coordenação Técnica	Georreferenciamento		
Coordenação Técnica	Sistema de Informações Geográficas - SIG		

ART registrada (paga) no CREA-RS em 12/09/2019

Local e Data	Declaro serem verdadeiras as informações acima	De acordo
	MAURO JUNGBLUT	FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL - FEPAM
	Profissional	Contratante

A AUTENTICIDADE DESTA ART PODERÁ SER CONFIRMADA NO SITE DO CREA-RS, LINK CIDADÃO - ART CONSULTA

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977
Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Rio Grande do Sul

CREA-RS

ART Número
10293851

Contratado

Nr.Carteira: RS077501 **Profissional:** MAURO JUNGBLUT **E-mail:** comercial@profill.com.br
Nr.RNP: 2212286309 **Título:** Engenheiro Civil
Empresa: PROFILL ENGENHARIA E AMBIENTE SA **Nr.Reg.:** 105313

Contratante

Nome: FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL - FEPAM **E-mail:**
Endereço: AVENIDA BORGES DE MEDEIROS 261 6º ANDAR **Telefone:** **CPF/CNPJ:** 93859817000109
Cidade: PORTO ALEGRE **Bairro:** CENTRO HISTÓRICO **CEP:** 90020021 **UF:** RS

RESUMO DO(S) CONTRATO(S)

W0699 - Planejamento e Gestão Territorial; W0812 - Recursos Hídricos; W0813 - Recursos Naturais: Ecologia; W0848 RIOS E CANAIS - DRENAGEM; W0944 - Sistem. de Rec. hídricos: Gerenciam. de Recursos Hídricos;

Coordenação Técnica e Geral, Estudo, Elaboração e Assessoria dos levantamentos e estudos para ELABORAÇÃO DE ZONEAMENTO AMBIENTAL - ATIVIDADE DE MINERAÇÃO DE AREIA NOS CURSOS MÉDIO E BAIXO DO RIO JACUÍ
Determinação do Zoneamento Ambiental para mineração de areia nos cursos médio e baixo Rio Jacuí no espaço físico (área de estudo) ocupado pela calha atual e pelas margens do Rio Jacuí (APP e Lagoas Marginais), compreendendo parte dos territórios dos municípios de Cachoeira do Sul, Rio Pardo, Pantano Grande, Minas do Leão, Vale Verde, Butiá, General Câmara, São Jerônimo, Triunfo, Charqueadas e Eldorado do Sul.
Descrição das atividades e etapas:
Macroatividade 1 - Plano de Trabalho; Macroatividade 2 - Levantamento de dados Secundários; Macroatividade 3 - Levantamento de dados Primários; Macroatividade 4 - Hidrografia, hidrossedimentometria e prognósticos; Macroatividade 5 - Diagnóstico Ambiental e Mapas Temáticos; Macroatividade 6 - Análise Integradda e Zoneamento Ambiental; Macroatividade Final - Edição e Revisão

Local e Data	Declaro serem verdadeiras as informações acima	De acordo
	Profissional	Contratante

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977
Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Rio Grande do Sul

CREA-RS Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Rio Grande do Sul

ART Número
11185064

Tipo: PRESTAÇÃO DE SERVIÇO
Participação Técnica: INDIVIDUAL/PRINCIPAL
Convênio: NÃO É CONVÊNIO
Motivo: COMPLEMENTAR ADITIVO(SOMENTE PRAZO)
ART Vínculo: 10293851

Contratado

Carteira: RS077501 **Profissional:** MAURO JUNGBLUT **E-mail:** comercial@profill.com.br
RNP: 2212286309 **Título:** Engenheiro Civil
Empresa: PROFILL ENGENHARIA E AMBIENTE SA **Nr.Reg.:** 105313

Contratante

Nome: FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL - FEPAM **E-mail:**
Endereço: AVENIDA BORGES DE MEDEIROS 261 6º ANDAR **Telefone:** **CPF/CNPJ:** 93859817000109
Cidade: PORTO ALEGRE **Bairro.:** CENTRO HISTÓRICO **CEP:** 90020021 **UF:** RS

Identificação da Obra/Serviço

Proprietário: FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL - FEPAM
Endereço da Obra/Serviço: CONFORME RESUMO DO CONTRATO **CPF/CNPJ:** 93859817000109
Cidade: PORTO ALEGRE **Bairro:** **CEP:** **UF:** RS
Finalidade: AMBIENTAL **Vlr Contrato(R$):** 1.750.889,39 **Honorários(R$):**
Data Início: 24/11/2019 **Prev.Fim:** 19/03/2021 **Ent.Classe:**

Atividade Técnica	Descrição da Obra/Serviço	Quantidade	Unid.
Coordenação Técnica	CARACTERIZAÇÃO DA REDE HIDROGRÁFICA		
Coordenação Técnica	MEDIÇÃO DE VAZÃO E NÍVEL D'ÁGUA		
Coordenação Técnica	QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS		
Coordenação Técnica	Batimetria em Rios e Canais		
Coordenação Técnica	Hidrografia e Hidrologia - Bacia Hidrográfica		
Coordenação Técnica	Hidrografia e Hidrologia - Batimetria		
Coordenação Técnica	Hidrologia - Dimensionamento de Vazões		
Coordenação Técnica	Hidrologia - Fluviometria		
Coordenação Técnica	Hidrologia - Regionalização de Vazões		
Coordenação Técnica	Hidrologia - Sedimentometria		
Coordenação Técnica	Meio Ambiente - Diagn./Caracteriz. do Meio Físico		
Coordenação Técnica	Meio Ambiente		
Coordenação Técnica	Modelos - Matemáticos		
Coordenação Técnica	Geoprocessamento		
Coordenação Técnica	Georreferenciamento		
Coordenação Técnica	Sistema de Informações Geográficas - SIG		

ART registrada (paga) no CREA-RS em 16/03/2021

Local e Data	Declaro serem verdadeiras as informações acima	De acordo
	MAURO JUNGBLUT	FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL - FEPAM
	Profissional	Contratante

A AUTENTICIDADE DESTA ART PODERÁ SER CONFIRMADA NO SITE DO CREA-RS, LINK CIDADÃO - ART CONSULTA

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977
Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Rio Grande do Sul

CREA-RS Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Rio Grande do Sul

ART Número
11185064

Contratado

Nr.Carteira: RS077501 **Profissional:** MAURO JUNGBLUT **E-mail:** comercial@profill.com.br
Nr.RNP: 2212286309 **Título:** Engenheiro Civil
Empresa: PROFILL ENGENHARIA E AMBIENTE SA **Nr.Reg.:** 105313

Contratante

Nome: FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL - FEPAM **E-mail:**
Endereço: AVENIDA BORGES DE MEDEIROS 261 6º ANDAR **Telefone:** **CPF/CNPJ:** 93859817000109
Cidade: PORTO ALEGRE **Bairro:** CENTRO HISTÓRICO **CEP:** 90020021 **UF:** RS

RESUMO DO(S) CONTRATO(S)

W0699 - Planejamento e Gestão Territorial; W0812 - Recursos Hídricos; W0813 - Recursos Naturais: Ecologia; W0848 RIOS E CANAIS - DRENAGEM; W0944 - Sistem. de Rec. hídricos: Gerenciam. de Recursos Hídricos;

Coordenação Técnica e Geral, Estudo, Elaboração e Assessoria dos levantamentos e estudos para ELABORAÇÃO DE ZONEAMENTO AMBIENTAL - ATIVIDADE DE MINERAÇÃO DE AREIA NOS CURSOS MÉDIO E BAIXO DO RIO JACUÍ
Determinação do Zoneamento Ambiental para mineração de areia nos cursos médio e baixo Rio Jacuí no espaço físico (área de estudo) ocupado pela calha atual e pelas margens do Rio Jacuí (APP e Lagoas Marginais), compreendendo parte dos territórios dos municípios de Cachoeira do Sul, Rio Pardo, Pantano Grande, Minas do Leão, Vale Verde, Butiá, General Câmara, São Jerônimo, Triunfo, Charqueadas e Eldorado do Sul.
Descrição das atividades e etapas:
Macroatividade 1 - Plano de Trabalho; Macroatividade 2 - Levantamento de dados Secundários; Macroatividade 3 - Levantamento de dados Primários; Macroatividade 4 - Hidrografia, hidrossedimentometria e prognósticos; Macroatividade 5 - Diagnóstico Ambiental e Mapas Temáticos; Macroatividade 6 - Análise Integradda e Zoneamento Ambiental; Macroatividade Final - Edição e Revisão

Local e Data	Declaro serem verdadeiras as informações acima	De acordo
	Profissional	Contratante

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977
Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Rio Grande do Sul

CREA-RS

ART Número
11185146

Tipo: PRESTAÇÃO DE SERVIÇO **Participação Técnica:** INDIVIDUAL/PRINCIPAL
Convênio: NÃO É CONVÊNIO **Motivo:** COMPLEMENTAR ADITIVO **ART Vínculo:** 10293851

Contratado

Carteira: RS077501 **Profissional:** MAURO JUNGBLUT **E-mail:** comercial@profill.com.br
RNP: 2212286309 **Título:** Engenheiro Civil
Empresa: PROFILL ENGENHARIA E AMBIENTE SA **Nr.Reg.:** 105313

Contratante

Nome: FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL - FEPAM **E-mail:**
Endereço: AVENIDA BORGES DE MEDEIROS 261 6º ANDAR **Telefone:** **CPF/CNPJ:** 93859817000109
Cidade: PORTO ALEGRE **Bairro.:** CENTRO HISTÓRICO **CEP:** 90020021 **UF:** RS

Identificação da Obra/Serviço

Proprietário: FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL - FEPAM
Endereço da Obra/Serviço: CONFORME RESUMO DO CONTRATO **CPF/CNPJ:** 93859817000109
Cidade: PORTO ALEGRE **Bairro:** **CEP:** **UF:** RS
Finalidade: AMBIENTAL **Vlr Contrato(R$):** 1.863.613,15 **Honorários(R$):**
Data Início: 26/02/2020 **Prev.Fim:** 19/03/2021 **Ent.Classe:**

Atividade Técnica	Descrição da Obra/Serviço	Quantidade	Unid.
Coordenação Técnica	CARACTERIZAÇÃO DA REDE HIDROGRÁFICA		
Coordenação Técnica	MEDIÇÃO DE VAZÃO E NÍVEL D'ÁGUA		
Coordenação Técnica	QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS		
Coordenação Técnica	Batimetria em Rios e Canais		
Coordenação Técnica	Hidrografia e Hidrologia - Bacia Hidrográfica		
Coordenação Técnica	Hidrografia e Hidrologia - Batimetria		
Coordenação Técnica	Hidrologia - Dimensionamento de Vazões		
Coordenação Técnica	Hidrologia - Fluviometria		
Coordenação Técnica	Hidrologia - Regionalização de Vazões		
Coordenação Técnica	Hidrologia - Sedimentometria		
Coordenação Técnica	Meio Ambiente - Diagn./Caracteriz. do Meio Físico		
Coordenação Técnica	Meio Ambiente		
Coordenação Técnica	Modelos - Matemáticos		
Coordenação Técnica	Geoprocessamento		
Coordenação Técnica	Georreferenciamento		
Coordenação Técnica	Sistema de Informações Geográficas - SIG		

ART registrada (paga) no CREA-RS em 16/03/2021

Local e Data	Declaro serem verdadeiras as informações acima	De acordo
	MAURO JUNGBLUT	FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL - FEPAM
	Profissional	Contratante

A AUTENTICIDADE DESTA ART PODERÁ SER CONFIRMADA NO SITE DO CREA-RS, LINK CIDADÃO - ART CONSULTA

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977
Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Rio Grande do Sul

CREA-RS

ART Número
11185146

Contratado

Nr.Carteira: RS077501 **Profissional:** MAURO JUNGBLUT **E-mail:** comercial@profill.com.br
Nr.RNP: 2212286309 **Título:** Engenheiro Civil
Empresa: PROFILL ENGENHARIA E AMBIENTE SA **Nr.Reg.:** 105313

Contratante

Nome: FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL - FEPAM **E-mail:**
Endereço: AVENIDA BORGES DE MEDEIROS 261 6º ANDAR **Telefone:** **CPF/CNPJ:** 93859817000109
Cidade: PORTO ALEGRE **Bairro:** CENTRO HISTÓRICO **CEP:** 90020021 **UF:** RS

RESUMO DO(S) CONTRATO(S)

W0699 - Planejamento e Gestão Territorial; W0812 - Recursos Hídricos; W0813 - Recursos Naturais: Ecologia; W0848 RIOS E CANAIS - DRENAGEM; W0944 - Sistem. de Rec. hídricos: Gerenciam. de Recursos Hídricos;

Coordenação Técnica e Geral, Estudo, Elaboração e Assessoria dos levantamentos e estudos para ELABORAÇÃO DE ZONEAMENTO AMBIENTAL - ATIVIDADE DE MINERAÇÃO DE AREIA NOS CURSOS MÉDIO E BAIXO DO RIO JACUÍ
Determinação do Zoneamento Ambiental para mineração de areia nos cursos médio e baixo Rio Jacuí no espaço físico (área de estudo) ocupado pela calha atual e pelas margens do Rio Jacuí (APP e Lagoas Marginais), compreendendo parte dos territórios dos municípios de Cachoeira do Sul, Rio Pardo, Pantano Grande, Minas do Leão, Vale Verde, Butiá, General Câmara, São Jerônimo, Triunfo, Charqueadas e Eldorado do Sul.
Descrição das atividades e etapas:
Macroatividade 1 - Plano de Trabalho; Macroatividade 2 - Levantamento de dados Secundários; Macroatividade 3 - Levantamento de dados Primários; Macroatividade 4 - Hidrografia, hidrossedimentometria e prognósticos; Macroatividade 5 - Diagnóstico Ambiental e Mapas Temáticos; Macroatividade 6 - Análise Integradda e Zoneamento Ambiental; Macroatividade Final - Edição e Revisão

Local e Data	Declaro serem verdadeiras as informações acima	De acordo
	Profissional	Contratante

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977
Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Rio Grande do Sul

CREA-RS Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Rio Grande do Sul

ART Número
11185280

Tipo: PRESTAÇÃO DE SERVIÇO
Participação Técnica: INDIVIDUAL/PRINCIPAL
Convênio: NÃO É CONVÊNIO
Motivo: COMPLEMENTAR ADITIVO(SOMENTE PRAZO)
ART Vínculo: 10293851

Contratado

Carteira: RS077501 **Profissional:** MAURO JUNGBLUT **E-mail:** comercial@profill.com.br
RNP: 2212286309 **Título:** Engenheiro Civil
Empresa: PROFILL ENGENHARIA E AMBIENTE SA **Nr.Reg.:** 105313

Contratante

Nome: FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL - FEPAM **E-mail:**
Endereço: AVENIDA BORGES DE MEDEIROS 261 6º ANDAR **Telefone:** **CPF/CNPJ:** 93859817000109
Cidade: PORTO ALEGRE **Bairro.:** CENTRO HISTÓRICO **CEP:** 90020021 **UF:** RS

Identificação da Obra/Serviço

Proprietário: FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL - FEPAM
Endereço da Obra/Serviço: CONFORME RESUMO DO CONTRATO **CPF/CNPJ:** 93859817000109
Cidade: PORTO ALEGRE **Bairro:** **CEP:** **UF:** RS
Finalidade: AMBIENTAL **Vlr Contrato(R$):** 1.863.613,15 **Honorários(R$):**
Data Início: 24/05/2020 **Prev.Fim:** 19/03/2021 **Ent.Classe:**

Atividade Técnica	Descrição da Obra/Serviço	Quantidade	Unid.
Coordenação Técnica	CARACTERIZAÇÃO DA REDE HIDROGRÁFICA		
Coordenação Técnica	MEDIÇÃO DE VAZÃO E NÍVEL D'ÁGUA		
Coordenação Técnica	QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS		
Coordenação Técnica	Batimetria em Rios e Canais		
Coordenação Técnica	Hidrografia e Hidrologia - Bacia Hidrográfica		
Coordenação Técnica	Hidrografia e Hidrologia - Batimetria		
Coordenação Técnica	Hidrologia - Dimensionamento de Vazões		
Coordenação Técnica	Hidrologia - Fluviometria		
Coordenação Técnica	Hidrologia - Regionalização de Vazões		
Coordenação Técnica	Hidrologia - Sedimentometria		
Coordenação Técnica	Meio Ambiente - Diagn./Caracteriz. do Meio Físico		
Coordenação Técnica	Meio Ambiente		
Coordenação Técnica	Modelos - Matemáticos		
Coordenação Técnica	Geoprocessamento		
Coordenação Técnica	Georreferenciamento		
Coordenação Técnica	Sistema de Informações Geográficas - SIG		

ART registrada (paga) no CREA-RS em 16/03/2021

Local e Data	Declaro serem verdadeiras as informações acima	De acordo
	MAURO JUNGBLUT	FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL - FEPAM
	Profissional	Contratante

A AUTENTICIDADE DESTA ART PODERÁ SER CONFIRMADA NO SITE DO CREA-RS, LINK CIDADÃO - ART CONSULTA

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977
Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Rio Grande do Sul

CREA-RS Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Rio Grande do Sul

ART Número
11185280

Contratado

Nr.Carteira: RS077501 **Profissional:** MAURO JUNGBLUT **E-mail:** comercial@profill.com.br
Nr.RNP: 2212286309 **Título:** Engenheiro Civil
Empresa: PROFILL ENGENHARIA E AMBIENTE SA **Nr.Reg.:** 105313

Contratante

Nome: FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL - FEPAM **E-mail:**
Endereço: AVENIDA BORGES DE MEDEIROS 261 6º ANDAR **Telefone:** **CPF/CNPJ:** 93859817000109
Cidade: PORTO ALEGRE **Bairro:** CENTRO HISTÓRICO **CEP:** 90020021 **UF:** RS

RESUMO DO(S) CONTRATO(S)

W0699 - Planejamento e Gestão Territorial; W0812 - Recursos Hídricos; W0813 - Recursos Naturais: Ecologia; W0848 RIOS E CANAIS - DRENAGEM; W0944 - Sistem. de Rec. hídricos: Gerenciam. de Recursos Hídricos;

Coordenação Técnica e Geral, Estudo, Elaboração e Assessoria dos levantamentos e estudos para ELABORAÇÃO DE ZONEAMENTO AMBIENTAL - ATIVIDADE DE MINERAÇÃO DE AREIA NOS CURSOS MÉDIO E BAIXO DO RIO JACUÍ
Determinação do Zoneamento Ambiental para mineração de areia nos cursos médio e baixo Rio Jacuí no espaço físico (área de estudo) ocupado pela calha atual e pelas margens do Rio Jacuí (APP e Lagoas Marginais), compreendendo parte dos territórios dos municípios de Cachoeira do Sul, Rio Pardo, Pantano Grande, Minas do Leão, Vale Verde, Butiá, General Câmara, São Jerônimo, Triunfo, Charqueadas e Eldorado do Sul.
Descrição das atividades e etapas:
Macroatividade 1 - Plano de Trabalho; Macroatividade 2 - Levantamento de dados Secundários; Macroatividade 3 - Levantamento de dados Primários; Macroatividade 4 - Hidrografia, hidrossedimentometria e prognósticos; Macroatividade 5 - Diagnóstico Ambiental e Mapas Temáticos; Macroatividade 6 - Análise Integradda e Zoneamento Ambiental; Macroatividade Final - Edição e Revisão

Local e Data	Declaro serem verdadeiras as informações acima	De acordo
	Profissional	Contratante

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977
Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Rio Grande do Sul

CREA-RS

ART Número
11185287

Tipo: PRESTAÇÃO DE SERVIÇO **Participação Técnica:** INDIVIDUAL/PRINCIPAL
Convênio: NÃO É CONVÊNIO **Motivo:** COMPLEMENTAR ADITIVO(SOMENTE PRAZO) **ART Vínculo:** 10293851

Contratado

Carteira: RS077501 **Profissional:** MAURO JUNGBLUT **E-mail:** comercial@profill.com.br
RNP: 2212286309 **Título:** Engenheiro Civil
Empresa: PROFILL ENGENHARIA E AMBIENTE SA **Nr.Reg.:** 105313

Contratante

Nome: FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL - FEPAM **E-mail:**
Endereço: AVENIDA BORGES DE MEDEIROS 261 6º ANDAR **Telefone:** **CPF/CNPJ:** 93859817000109
Cidade: PORTO ALEGRE **Bairro.:** CENTRO HISTÓRICO **CEP:** 90020021 **UF:** RS

Identificação da Obra/Serviço

Proprietário: FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL - FEPAM
Endereço da Obra/Serviço: CONFORME RESUMO DO CONTRATO **CPF/CNPJ:** 93859817000109
Cidade: PORTO ALEGRE **Bairro:** **CEP:** **UF:** RS
Finalidade: AMBIENTAL **Vlr Contrato(R$):** 1.863.613,15 **Honorários(R$):**
Data Início: 20/09/2020 **Prev.Fim:** 19/03/2021 **Ent.Classe:**

Atividade Técnica	Descrição da Obra/Serviço	Quantidade	Unid.
Coordenação Técnica	CARACTERIZAÇÃO DA REDE HIDROGRÁFICA		
Coordenação Técnica	MEDIÇÃO DE VAZÃO E NÍVEL D'ÁGUA		
Coordenação Técnica	QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS		
Coordenação Técnica	Batimetria em Rios e Canais		
Coordenação Técnica	Hidrografia e Hidrologia - Bacia Hidrográfica		
Coordenação Técnica	Hidrografia e Hidrologia - Batimetria		
Coordenação Técnica	Hidrologia - Dimensionamento de Vazões		
Coordenação Técnica	Hidrologia - Fluviometria		
Coordenação Técnica	Hidrologia - Regionalização de Vazões		
Coordenação Técnica	Hidrologia - Sedimentometria		
Coordenação Técnica	Meio Ambiente - Diagn./Caracteriz. do Meio Físico		
Coordenação Técnica	Meio Ambiente		
Coordenação Técnica	Modelos - Matemáticos		
Coordenação Técnica	Geoprocessamento		
Coordenação Técnica	Georreferenciamento		
Coordenação Técnica	Sistema de Informações Geográficas - SIG		

ART registrada (paga) no CREA-RS em 16/03/2021

Local e Data	Declaro serem verdadeiras as informações acima	De acordo
	MAURO JUNGBLUT	FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL - FEPAM
	Profissional	Contratante

A AUTENTICIDADE DESTA ART PODERÁ SER CONFIRMADA NO SITE DO CREA-RS, LINK CIDADÃO - ART CONSULTA

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977
Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Rio Grande do Sul

CREA-RS

ART Número
11185287

Contratado

Nr.Carteira: RS077501 **Profissional:** MAURO JUNGBLUT **E-mail:** comercial@profill.com.br
Nr.RNP: 2212286309 **Título:** Engenheiro Civil
Empresa: PROFILL ENGENHARIA E AMBIENTE SA **Nr.Reg.:** 105313

Contratante

Nome: FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL - FEPAM **E-mail:**
Endereço: AVENIDA BORGES DE MEDEIROS 261 6º ANDAR **Telefone:** **CPF/CNPJ:** 93859817000109
Cidade: PORTO ALEGRE **Bairro:** CENTRO HISTÓRICO **CEP:** 90020021 **UF:** RS

RESUMO DO(S) CONTRATO(S)

W0699 - Planejamento e Gestão Territorial; W0812 - Recursos Hídricos; W0813 - Recursos Naturais: Ecologia; W0848 RIOS E CANAIS - DRENAGEM; W0944 - Sistem. de Rec. hídricos: Gerenciam. de Recursos Hídricos;

Coordenação Técnica e Geral, Estudo, Elaboração e Assessoria dos levantamentos e estudos para ELABORAÇÃO DE ZONEAMENTO AMBIENTAL - ATIVIDADE DE MINERAÇÃO DE AREIA NOS CURSOS MÉDIO E BAIXO DO RIO JACUÍ
Determinação do Zoneamento Ambiental para mineração de areia nos cursos médio e baixo Rio Jacuí no espaço físico (área de estudo) ocupado pela calha atual e pelas margens do Rio Jacuí (APP e Lagoas Marginais), compreendendo parte dos territórios dos municípios de Cachoeira do Sul, Rio Pardo, Pantano Grande, Minas do Leão, Vale Verde, Butiá, General Câmara, São Jerônimo, Triunfo, Charqueadas e Eldorado do Sul.
Descrição das atividades e etapas:
Macroatividade 1 - Plano de Trabalho; Macroatividade 2 - Levantamento de dados Secundários; Macroatividade 3 - Levantamento de dados Primários; Macroatividade 4 - Hidrografia, hidrossedimentometria e prognósticos; Macroatividade 5 - Diagnóstico Ambiental e Mapas Temáticos; Macroatividade 6 - Análise Integradda e Zoneamento Ambiental; Macroatividade Final - Edição e Revisão

Local e Data	Declaro serem verdadeiras as informações acima	De acordo
	Profissional	Contratante

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977
Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Rio Grande do Sul

CREA-RS

ART Número
11185291

Tipo: PRESTAÇÃO DE SERVIÇO **Participação Técnica:** INDIVIDUAL/PRINCIPAL
Convênio: NÃO É CONVÊNIO **Motivo:** COMPLEMENTAR ADITIVO(SOMENTE PRAZO) **ART Vínculo:** 10293851

Contratado

Carteira: RS077501 **Profissional:** MAURO JUNGBLUT **E-mail:** comercial@profill.com.br
RNP: 2212286309 **Título:** Engenheiro Civil
Empresa: PROFILL ENGENHARIA E AMBIENTE SA **Nr.Reg.:** 105313

Contratante

Nome: FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL - FEPAM **E-mail:**
Endereço: AVENIDA BORGES DE MEDEIROS 261 6º ANDAR **Telefone:** **CPF/CNPJ:** 93859817000109
Cidade: PORTO ALEGRE **Bairro.:** CENTRO HISTÓRICO **CEP:** 90020021 **UF:** RS

Identificação da Obra/Serviço

Proprietário: FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL - FEPAM
Endereço da Obra/Serviço: CONFORME RESUMO DO CONTRATO **CPF/CNPJ:** 93859817000109
Cidade: PORTO ALEGRE **Bairro:** **CEP:** **UF:** RS
Finalidade: AMBIENTAL **Vlr Contrato(R$):** 1.863.613,15 **Honorários(R$):**
Data Início: 19/11/2020 **Prev.Fim:** 19/03/2021 **Ent.Classe:**

Atividade Técnica	Descrição da Obra/Serviço	Quantidade	Unid.
Coordenação Técnica	CARACTERIZAÇÃO DA REDE HIDROGRÁFICA		
Coordenação Técnica	MEDIÇÃO DE VAZÃO E NÍVEL D'ÁGUA		
Coordenação Técnica	QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS		
Coordenação Técnica	Batimetria em Rios e Canais		
Coordenação Técnica	Hidrografia e Hidrologia - Bacia Hidrográfica		
Coordenação Técnica	Hidrografia e Hidrologia - Batimetria		
Coordenação Técnica	Hidrologia - Dimensionamento de Vazões		
Coordenação Técnica	Hidrologia - Fluviometria		
Coordenação Técnica	Hidrologia - Regionalização de Vazões		
Coordenação Técnica	Hidrologia - Sedimentometria		
Coordenação Técnica	Meio Ambiente - Diagn./Caracteriz. do Meio Físico		
Coordenação Técnica	Meio Ambiente		
Coordenação Técnica	Modelos - Matemáticos		
Coordenação Técnica	Geoprocessamento		
Coordenação Técnica	Georreferenciamento		
Coordenação Técnica	Sistema de Informações Geográficas - SIG		

ART registrada (paga) no CREA-RS em 16/03/2021

Local e Data	Declaro serem verdadeiras as informações acima	De acordo
	MAURO JUNGBLUT	FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL - FEPAM
	Profissional	Contratante

A AUTENTICIDADE DESTA ART PODERÁ SER CONFIRMADA NO SITE DO CREA-RS, LINK CIDADÃO - ART CONSULTA

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977
Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Rio Grande do Sul

CREA-RS

ART Número
11185291

Contratado

Nr.Carteira: RS077501 **Profissional:** MAURO JUNGBLUT **E-mail:** comercial@profill.com.br
Nr.RNP: 2212286309 **Título:** Engenheiro Civil
Empresa: PROFILL ENGENHARIA E AMBIENTE SA **Nr.Reg.:** 105313

Contratante

Nome: FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL - FEPAM **E-mail:**
Endereço: AVENIDA BORGES DE MEDEIROS 261 6º ANDAR **Telefone:** **CPF/CNPJ:** 93859817000109
Cidade: PORTO ALEGRE **Bairro:** CENTRO HISTÓRICO **CEP:** 90020021 **UF:** RS

RESUMO DO(S) CONTRATO(S)

W0699 - Planejamento e Gestão Territorial; W0812 - Recursos Hídricos; W0813 - Recursos Naturais: Ecologia; W0848 RIOS E CANAIS - DRENAGEM; W0944 - Sistem. de Rec. hídricos: Gerenciam. de Recursos Hídricos;

Coordenação Técnica e Geral, Estudo, Elaboração e Assessoria dos levantamentos e estudos para ELABORAÇÃO DE ZONEAMENTO AMBIENTAL - ATIVIDADE DE MINERAÇÃO DE AREIA NOS CURSOS MÉDIO E BAIXO DO RIO JACUÍ
Determinação do Zoneamento Ambiental para mineração de areia nos cursos médio e baixo Rio Jacuí no espaço físico (área de estudo) ocupado pela calha atual e pelas margens do Rio Jacuí (APP e Lagoas Marginais), compreendendo parte dos territórios dos municípios de Cachoeira do Sul, Rio Pardo, Pantano Grande, Minas do Leão, Vale Verde, Butiá, General Câmara, São Jerônimo, Triunfo, Charqueadas e Eldorado do Sul.
Descrição das atividades e etapas:
Macroatividade 1 - Plano de Trabalho; Macroatividade 2 - Levantamento de dados Secundários; Macroatividade 3 - Levantamento de dados Primários; Macroatividade 4 - Hidrografia, hidrossedimentometria e prognósticos; Macroatividade 5 - Diagnóstico Ambiental e Mapas Temáticos; Macroatividade 6 - Análise Integradda e Zoneamento Ambiental; Macroatividade Final - Edição e Revisão

Local e Data	Declaro serem verdadeiras as informações acima	De acordo
	Profissional	Contratante

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977
Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Rio Grande do Sul

CREA-RS

ART Número
10298995

Tipo: PRESTAÇÃO DE SERVIÇO **Participação Técnica:** CO-RESPONSÁVEL **ART Vínculo:** 10293851
Convênio: NÃO É CONVÊNIO **Motivo:** NORMAL

Contratado

Carteira: RS093660 **Profissional:** CARLOS RONEI BORTOLI **E-mail:** comercial@profill.com.br
RNP: 2201045143 **Título:** Engenheiro Civil
Empresa: PROFILL ENGENHARIA E AMBIENTE SA **Nr.Reg.:** 105313

Contratante

Nome: FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL - FEPAM **E-mail:**
Endereço: AVENIDA BORGES DE MEDEIROS 261 6º ANDAR **Telefone:** **CPF/CNPJ:** 93859817000109
Cidade: PORTO ALEGRE **Bairro.:** CENTRO HISTÓRICO **CEP:** 90020021 **UF:** RS

Identificação da Obra/Serviço

Proprietário: FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL - FEPAM
Endereço da Obra/Serviço: CONFORME RESUMO DO CONTRATO **CPF/CNPJ:** 93859817000109
Cidade: PORTO ALEGRE **Bairro:** **CEP:** **UF:** RS
Finalidade: AMBIENTAL **Vlr Contrato(R$):** 1.750.889,39 **Honorários(R$):**
Data Início: 24/11/2017 **Prev.Fim:** 24/11/2019 **Ent.Classe:**

Atividade Técnica	Descrição da Obra/Serviço	Quantidade	Unid.
Coordenação Técnica	CARACTERIZAÇÃO DA REDE HIDROGRÁFICA		
Coordenação Técnica	MEDIÇÃO DE VAZÃO E NÍVEL D'ÁGUA		
Coordenação Técnica	QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS		
Coordenação Técnica	Batimetria em Rios e Canais		
Coordenação Técnica	Hidrografia e Hidrologia - Bacia Hidrográfica		
Coordenação Técnica	Hidrografia e Hidrologia - Batimetria		
Coordenação Técnica	Hidrologia - Dimensionamento de Vazões		
Coordenação Técnica	Hidrologia - Fluviometria		
Coordenação Técnica	Hidrologia - Regionalização de Vazões		
Coordenação Técnica	Hidrologia - Sedimentometria		
Coordenação Técnica	Meio Ambiente - Diagn./Caracteriz. do Meio Físico		
Coordenação Técnica	Meio Ambiente		
Coordenação Técnica	Modelos - Matemáticos		
Coordenação Técnica	Geoprocessamento		
Coordenação Técnica	Georreferenciamento		
Coordenação Técnica	Sistema de Informações Geográficas - SIG		

ART registrada (paga) no CREA-RS em 12/09/2019

Local e Data	Declaro serem verdadeiras as informações acima	De acordo
	CARLOS RONEI BORTOLI	FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL - FEPAM
	Profissional	Contratante

A AUTENTICIDADE DESTA ART PODERÁ SER CONFIRMADA NO SITE DO CREA-RS, LINK CIDADÃO - ART CONSULTA

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977
Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Rio Grande do Sul

CREA-RS

ART Número
10298995

Contratado

Nr.Carteira: RS093660 **Profissional:** CARLOS RONEI BORTOLI **E-mail:** comercial@profill.com.br
Nr.RNP: 2201045143 **Título:** Engenheiro Civil
Empresa: PROFILL ENGENHARIA E AMBIENTE SA **Nr.Reg.:** 105313

Contratante

Nome: FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL - FEPAM **E-mail:**
Endereço: AVENIDA BORGES DE MEDEIROS 261 6º ANDAR **Telefone:** **CPF/CNPJ:** 93859817000109
Cidade: PORTO ALEGRE **Bairro:** CENTRO HISTÓRICO **CEP:** 90020021 **UF:** RS

RESUMO DO(S) CONTRATO(S)

W0699 - Planejamento e Gestão Territorial; W0812 - Recursos Hídricos; W0813 - Recursos Naturais: Ecologia; W0848 RIOS E CANAIS - DRENAGEM; W0944 - Sistem. de Rec. hídricos: Gerenciam. de Recursos Hídricos;

Coordenação Técnica e Geral, Estudo, Elaboração e Assessoria dos levantamentos e estudos para ELABORAÇÃO DE ZONEAMENTO AMBIENTAL - ATIVIDADE DE MINERAÇÃO DE AREIA NOS CURSOS MÉDIO E BAIXO DO RIO JACUÍ Determinação do Zoneamento Ambiental para mineração de areia nos cursos médio e baixo Rio Jacuí no espaço físico (área de estudo) ocupado pela calha atual e pelas margens do Rio Jacuí (APP e Lagoas Marginais), compreendendo parte dos territórios dos municípios de Cachoeira do Sul, Rio Pardo, Pantano Grande, Minas do Leão, Vale Verde, Butiá, General Câmara, São Jerônimo, Triunfo, Charqueadas e Eldorado do Sul.
Descrição das atividades e etapas:
Macroatividade 1 - Plano de Trabalho; Macroatividade 2 - Levantamento de dados Secundários; Macroatividade 3 - Levantamento de dados Primários; Macroatividade 4 - Hidrografia, hidrossedimentometria e prognósticos; Macroatividade 5 - Diagnóstico Ambiental e Mapas Temáticos; Macroatividade 6 - Análise Integradda e Zoneamento Ambiental; Macroatividade Final - Edição e Revisão

Local e Data	Declaro serem verdadeiras as informações acima Profissional	De acordo Contratante

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977
Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Rio Grande do Sul

CREA-RS

ART Número
10300229

Tipo: PRESTAÇÃO DE SERVIÇO | **Participação Técnica:** CO-RESPONSÁVEL | **ART Vínculo:** 10293851
Convênio: NÃO É CONVÊNIO | **Motivo:** NORMAL

Contratado

Carteira: RS121079 | **Profissional:** PATRÍCIA LUÍSA CARDOSO | **E-mail:** patricia@profill.com.br
RNP: 2205418513 | **Título:** Engenheiro Civil
Empresa: PROFILL ENGENHARIA E AMBIENTE SA | **Nr.Reg.:** 105313

Contratante

Nome: FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL - FEPAM | **E-mail:**
Endereço: AVENIDA BORGES DE MEDEIROS 261 6º ANDAR | **Telefone:** | **CPF/CNPJ:** 93859817000109
Cidade: PORTO ALEGRE | **Bairro.:** CENTRO HISTÓRICO | **CEP:** 90020021 | **UF:** RS

Identificação da Obra/Serviço

Proprietário: FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL - FEPAM
Endereço da Obra/Serviço: CONFORME RESUMO DO CONTRATO | **CPF/CNPJ:** 93859817000109
Cidade: PORTO ALEGRE | **Bairro:** | **CEP:** | **UF:** RS
Finalidade: AMBIENTAL | **Vlr Contrato(R$):** 1.750.889,39 | **Honorários(R$):**
Data Início: 24/11/2017 | **Prev.Fim:** 24/11/2019 | **Ent.Classe:**

Atividade Técnica	Descrição da Obra/Serviço	Quantidade	Unid.
Coordenação Técnica	CARACTERIZAÇÃO DA REDE HIDROGRÁFICA		
Coordenação Técnica	MEDIÇÃO DE VAZÃO E NÍVEL D'ÁGUA		
Coordenação Técnica	QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS		
Coordenação Técnica	Batimetria em Rios e Canais		
Coordenação Técnica	Hidrografia e Hidrologia - Bacia Hidrográfica		
Coordenação Técnica	Hidrografia e Hidrologia - Batimetria		
Coordenação Técnica	Hidrologia - Dimensionamento de Vazões		
Coordenação Técnica	Hidrologia - Fluviometria		
Coordenação Técnica	Hidrologia - Regionalização de Vazões		
Coordenação Técnica	Hidrologia - Sedimentometria		
Coordenação Técnica	Meio Ambiente - Diagn./Caracteriz. do Meio Físico		
Coordenação Técnica	Meio Ambiente		
Coordenação Técnica	Modelos - Matemáticos		
Coordenação Técnica	Geoprocessamento		
Coordenação Técnica	Georreferenciamento		
Coordenação Técnica	Sistema de Informações Geográficas - SIG		

ART registrada (paga) no CREA-RS em 12/09/2019

Local e Data	Declaro serem verdadeiras as informações acima	De acordo
	PROFILL Engenharia e Ambiente S PATRÍCIA LUÍSA CARDOSO Patrícia Luisa Cardoso Engenheira Civil - CREA 1210	FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL - FEPAM
	Profissional	Contratante

A AUTENTICIDADE DESTA ART PODERÁ SER CONFIRMADA NO SITE DO CREA-RS, LINK CIDADÃO - ART CONSULTA

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977
Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Rio Grande do Sul

CREA-RS

ART Número
10300229

Contratado

Nr.Carteira: RS121079 **Profissional:** PATRÍCIA LUÍSA CARDOSO **E-mail:** patricia@profill.com.br
Nr.RNP: 2205418513 **Título:** Engenheiro Civil
Empresa: PROFILL ENGENHARIA E AMBIENTE SA **Nr.Reg.:** 105313

Contratante

Nome: FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL - FEPAM **E-mail:**
Endereço: AVENIDA BORGES DE MEDEIROS 261 6º ANDAR **Telefone:** **CPF/CNPJ:** 93859817000109
Cidade: PORTO ALEGRE **Bairro:** CENTRO HISTÓRICO **CEP:** 90020021 **UF:** RS

RESUMO DO(S) CONTRATO(S)

W0699 - Planejamento e Gestão Territorial; W0812 - Recursos Hídricos; W0813 - Recursos Naturais: Ecologia; W0848 RIOS E CANAIS - DRENAGEM; W0944 - Sistem. de Rec. hídricos: Gerenciam. de Recursos Hídricos;

Coordenação Técnica e Geral, Estudo, Elaboração e Assessoria dos levantamentos e estudos para ELABORAÇÃO DE ZONEAMENTO AMBIENTAL - ATIVIDADE DE MINERAÇÃO DE AREIA NOS CURSOS MÉDIO E BAIXO DO RIO JACUÍ
Determinação do Zoneamento Ambiental para mineração de areia nos cursos médio e baixo Rio Jacuí no espaço físico (área de estudo) ocupado pela calha atual e pelas margens do Rio Jacuí (APP e Lagoas Marginais), compreendendo parte dos territórios dos municípios de Cachoeira do Sul, Rio Pardo, Pantano Grande, Minas do Leão, Vale Verde, Butiá, General Câmara, São Jerônimo, Triunfo, Charqueadas e Eldorado do Sul.
Descrição das atividades e etapas:
Macroatividade 1 - Plano de Trabalho; Macroatividade 2 - Levantamento de dados Secundários; Macroatividade 3 - Levantamento de dados Primários; Macroatividade 4 - Hidrografia, hidrossedimentometria e prognósticos; Macroatividade 5 - Diagnóstico Ambiental e Mapas Temáticos; Macroatividade 6 - Análise Integradda e Zoneamento Ambiental; Macroatividade Final - Edição e Revisão

Local e Data	Declaro serem verdadeiras as informações acima PROFILL Engenharia e Ambiente S Patrícia Luísa Cardoso Engenheira Civil - CREA 121... Profissional	De acordo Contratante

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977
Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Rio Grande do Sul

CREA-RS

ART Número
10300757

Tipo: PRESTAÇÃO DE SERVIÇO | **Participação Técnica:** CO-RESPONSÁVEL | **ART Vínculo:** 10293851
Convênio: NÃO É CONVÊNIO | **Motivo:** NORMAL

Contratado

Carteira: RS103149 **Profissional:** SIDNEI GUSMÃO AGRA **E-mail:** sgagra@gmail.com
RNP: 2216132560 **Título:** Engenheiro Civil
Empresa: PROFILL ENGENHARIA E AMBIENTE SA **Nr.Reg.:** 105313

Contratante

Nome: FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL - FEPAM **E-mail:**
Endereço: AVENIDA BORGES DE MEDEIROS 261 6º ANDAR **Telefone:** **CPF/CNPJ:** 93859817000109
Cidade: PORTO ALEGRE **Bairro.:** CENTRO HISTÓRICO **CEP:** 90020021 **UF:** RS

Identificação da Obra/Serviço

Proprietário: FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL - FEPAM
Endereço da Obra/Serviço: CONFORME RESUMO DO CONTRATO **CPF/CNPJ:** 93859817000109
Cidade: PORTO ALEGRE **Bairro:** **CEP:** **UF:** RS
Finalidade: AMBIENTAL **Vlr Contrato(R$):** 1.750.889,39 **Honorários(R$):**
Data Início: 24/11/2017 **Prev.Fim:** 24/11/2019 **Ent.Classe:**

Atividade Técnica	Descrição da Obra/Serviço	Quantidade	Unid.
Coordenação Técnica	CARACTERIZAÇÃO DA REDE HIDROGRÁFICA		
Coordenação Técnica	MEDIÇÃO DE VAZÃO E NÍVEL D'ÁGUA		
Coordenação Técnica	QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS		
Coordenação Técnica	Batimetria em Rios e Canais		
Coordenação Técnica	Hidrografia e Hidrologia - Bacia Hidrográfica		
Coordenação Técnica	Hidrografia e Hidrologia - Batimetria		
Coordenação Técnica	Hidrologia - Dimensionamento de Vazões		
Coordenação Técnica	Hidrologia - Fluviometria		
Coordenação Técnica	Hidrologia - Regionalização de Vazões		
Coordenação Técnica	Hidrologia - Sedimentometria		
Coordenação Técnica	Meio Ambiente - Diagn./Caracteriz. do Meio Físico		
Coordenação Técnica	Meio Ambiente		
Coordenação Técnica	Modelos - Matemáticos		
Coordenação Técnica	Geoprocessamento		
Coordenação Técnica	Georreferenciamento		
Coordenação Técnica	Sistema de Informações Geográficas - SIG		

ART registrada (paga) no CREA-RS em 12/09/2019

Porto Alegre, 12/09/2019	Declaro serem verdadeiras as informações acima	De acordo
Local e Data	SIDNEI GUSMÃO AGRA	FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL - FEPAM
	Profissional	Contratante

A AUTENTICIDADE DESTA ART PODERÁ SER CONFIRMADA NO SITE DO CREA-RS, LINK CIDADÃO - ART CONSULTA

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977
Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Rio Grande do Sul

CREA-RS

ART Número
10300757

Contratado

Nr.Carteira: RS103149 **Profissional:** SIDNEI GUSMÃO AGRA **E-mail:** sgagra@gmail.com
Nr.RNP: 2216132560 **Título:** Engenheiro Civil
Empresa: PROFILL ENGENHARIA E AMBIENTE SA **Nr.Reg.:** 105313

Contratante

Nome: FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL - FEPAM **E-mail:**
Endereço: AVENIDA BORGES DE MEDEIROS 261 6º ANDAR **Telefone:** **CPF/CNPJ:** 93859817000109
Cidade: PORTO ALEGRE **Bairro:** CENTRO HISTÓRICO **CEP:** 90020021 **UF:** RS

RESUMO DO(S) CONTRATO(S)

W0699 - Planejamento e Gestão Territorial; W0812 - Recursos Hídricos; W0813 - Recursos Naturais: Ecologia; W0848 RIOS E CANAIS - DRENAGEM; W0944 - Sistem. de Rec. hídricos: Gerenciam. de Recursos Hídricos;

Coordenação Técnica e Geral, Estudo, Elaboração e Assessoria dos levantamentos e estudos para ELABORAÇÃO DE ZONEAMENTO AMBIENTAL - ATIVIDADE DE MINERAÇÃO DE AREIA NOS CURSOS MÉDIO E BAIXO DO RIO JACUÍ
Determinação do Zoneamento Ambiental para mineração de areia nos cursos médio e baixo Rio Jacuí no espaço físico (área de estudo) ocupado pela calha atual e pelas margens do Rio Jacuí (APP e Lagoas Marginais), compreendendo parte dos territórios dos municípios de Cachoeira do Sul, Rio Pardo, Pantano Grande, Minas do Leão, Vale Verde, Butiá, General Câmara, São Jerônimo, Triunfo, Charqueadas e Eldorado do Sul.
Descrição das atividades e etapas:
Macroatividade 1 - Plano de Trabalho; Macroatividade 2 - Levantamento de dados Secundários; Macroatividade 3 - Levantamento de dados Primários; Macroatividade 4 - Hidrografia, hidrossedimentometria e prognósticos; Macroatividade 5 - Diagnóstico Ambiental e Mapas Temáticos; Macroatividade 6 - Análise Integradda e Zoneamento Ambiental; Macroatividade Final - Edição e Revisão

Porto Alegre, 12/09/2019 Local e Data	Declaro serem verdadeiras as informações acima Profissional	De acordo Contratante

CAU/BR Conselho de Arquitetura e Urbanismo do Brasil

Registro de Responsabilidade Técnica - RRT

RRT SIMPLES
SI10564696I00

Verificar Autenticidade

1. RESPONSÁVEL TÉCNICO

1.1 Arquiteto(a) e Urbanista

Nome Civil/Social: JULIANA JUCELIA TONET | CPF: 924.049.950-49 | Tel: (51) 99153-1331
Data de Registro: 29/08/2004 | Registro Nacional: 000A419397 | E-mail: JULIANATONET@YAHOO.COM.BR

2. DETALHES DO RRT

Nº do RRT: SI10564696I00CT001
Data de Cadastro: 16/03/2021
Modalidade: RRT SIMPLES
Data de Registro: 17/03/2021

Forma de Registro: INICIAL
Tipologia:
NÃO SE APLICA
Forma de Participação: INDIVIDUAL

2.1 Valor do RRT

Valor do RRT: R$97,95

Pago em: 16/03/2021
Pago em:

3.DADOS DO CONTRATO

3.1 Contrato

Nº do RRT: SI10564696I00CT001	CPF/CNPJ: 93.859.817/0001-09	Nº Contrato:	Data de Início: 24/11/2017
Contratante: Fundação Estadual de Proteção Ambiental - FEPAM	Valor de Contrato: R$ 1.863.613,15	Data de Celebração: 24/11/2017	Previsão de Término: 19/03/2021

3.1.1 Dados da Obra/Serviço Técnico

CEP: 90020021
Logradouro: Borges de Medeiros - até 0409 - lado ímpar
Bairro: Centro Histórico
UF: RS

Nº: 261
Complemento: 6 ANDAR
Cidade: Porto Alegre
Longitude: Latitude:

3.1.2 Descrição da Obra/Serviço Técnico

Determinação do Zoneamento Ambiental da mineração de areia nos cursos médio e baixo Rio Jacuí no espaço físico (área de estudo) ocupado pela calha atual e pelas margens do Rio Jacuí (APP e Lagoas Marginais), compreendendo parte dos territórios dos municípios de Cachoeira do Sul, Rio Pardo, Pantano Grande, Minas do Leão, Vale Verde, Butiá, General Câmara, São Jerônimo, Triunfo, Charqueadas e Eldorado do Sul, dentro dos limites listados a seguir:

• Longitudinal: entre a Barra do Rio Vacacaí (coordenadas geográficas lat. -29,930961° e long -53,081593° e a foz do Rio Jacuí (coordenadas geográficas lat. -51,307772° e long. -29,949127°), totalizando 261,1 km; dividido em 3 (três) subtrechos:

o Subtrecho A: da foz do Rio Jacuí (coordenadas geográficas lat. -29,949127° e long. -51,307772°) até a eclusa de

Amarópolis (coordenadas geográficas lat. -29,9477948° e long. -51,8928938°);

o Subtrecho B: da Eclusa de Amarópolis (coordenadas geográficas lat. 29,9477948° e long. -51,8928938°) até a eclusa do Anel de Dom Marco (coordenadas geográficas lat. -30,0931760° e long. -52,5038530°);

o Subtrecho C: da eclusa do Anel de Dom Marco (coordenadas geográficas lat. -30,0931760° e long. -52,5038530°) até a Barra do Rio Vacacaí (coordenadas geográficas lat. -29,930961° e long -53,081593°).

• Transversal: APP do canal principal do Rio Jacuí; APP de canais secundários; e Lagoas Marginais.

3.1.3 Declaração de Acessibilidade

Declaro o atendimento às regras de acessibilidade previstas em legislação e em normas técnicas pertinentes para as edificações abertas ao público, de uso público ou privativas de uso coletivo, conforme § 1º do art. 56 da Lei nº 13146, de 06 de julho de 2015.

3.1.4 Dados da Atividade Técnica

Grupo: MEIO AMBIENTE E PLANEJAMENTO REGIONAL E URBANO	Quantidade: 261.1
Atividade: 4.2 - MEIO AMBIENTE -> 4.2.1 - Zoneamento geoambiental	Unidade: km

4. RRT VINCULADO POR FORMA DE REGISTRO

4.1.1 RRT's Vinculados

Número do RRT	Forma de Registro	Contratante	Data de Registro	Data de Pagamento
Nº do RRT: SI10564696I00CT001	INICIAL	Fundação Estadual de Proteção Ambiental - FEPAM	16/03/2021	16/03/2021

5. DECLARAÇÃO DE VERACIDADE

Declaro para os devidos fins de direitos e obrigações, sob as penas previstas na legislação vigente, que as informações cadastradas neste RRT são verdadeiras e de minha responsabilidade técnica e civil.

6. ASSINATURA ELETRÔNICA

Documento assinado eletronicamente por meio do cadastro do arquiteto(a) e urbanista JULIANA JUCELIA TONET, registro CAU nº 000A419397, na data e hora: 16/03/2021 10:12:20, com o uso de login e de senha pessoal e intransferível.

Serviço Público Federal

CONSELHO FEDERAL/CONSELHO REGIONAL DE BIOLOGIA 3ª REGIÃO

ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA - ART

1-ART Nº: **2019/02439**

CONTRATADO

2.Nome: DANIEL PEREIRA			3.Registro no CRBio: 026427/03-D
4.CPF: 884.313.980-00	5.E-mail: dani.mdourado@gmail.com		6.Tel: (51)8287-7886
7.End.: VICENTE DA FONTOURA 110		8.Compl.: 1303	
9.Bairro: BOA VISTA	10.Cidade: NOVO HAMBURGO	11.UF: RS	12.CEP: 93410-650

CONTRATANTE

13.Nome: PROFIL		
14.Registro Profissional:	15.CPF / CGC / CNPJ: 03.164.966/0001-52	
16.End.: AVENIDA IGUASSU 451		
17.Compl.: 6	18.Bairro: PETROPOLIS	19.Cidade: PORTO ALEGRE
20.UF: RS / 21.CEP: 90470430	22.E-mail/Site:	

DADOS DA ATIVIDADE PROFISSIONAL

23.Natureza : 1. Prestação de serviço
Atividade(s) Realizada(s) : Execução de estudos, projetos de pesquisa e/ou serviços; Realização de consultorias/assessorias técnicas;

24.Identificação : ZONEAMENTO AMBIENTAL PARA A ATIVIDADE DE MINERAÇÃO DE AREIA NOS CURSOS MÉDIO E BAIXO DO RIO JACUÍ: DIAGNÓSTICO DE BIOTA AQUÁTICA

25.Município de Realização do Trabalho: PORTO ALEGRE	26.UF: RS
27.Forma de participação: EQUIPE	28.Perfil da equipe: BIOLOGO
29.Área do Conhecimento: Ecologia; Zoologia;	30.Campo de Atuação: Meio Ambiente

31.Descrição sumária : ZONEAMENTO AMBIENTAL PARA A ATIVIDADE DE MINERAÇÃO DE AREIA NOS CURSOS MÉDIO E BAIXO DO RIO JACUÍ: DIAGNÓSTICO DE BIOTA AQUÁTICA: ESTRUTURA DA COMUNIDADE BENTÔNICA E PLANCTÔNICA. RESPONSÁVEL POR TODAS INFORMAÇÕES DO ESTUDO, DA ESTRUTURA DA COMUNIDADE BENTÔNICA E PLANCTÔNICA

32.Valor: R$ 70.000,00	33.Total de horas: 100	34.Início: FEV/2019	35.Término:

36. ASSINATURAS

Declaro serem verdadeiras as informações acima

Data: 5/2/2019	Data:
Assinatura do Profissional	Assinatura e Carimbo do Contratante

37. LOGO DO CRBio

CRBio-03

38. SOLICITAÇÃO DE BAIXA POR CONCLUSÃO

Declaramos a conclusão do trabalho anotado na presente ART, razão pela qual solicitamos a devida BAIXA junto aos arquivos desse CRBio.

Data: / /	Assinatura do Profissional	
Data: / /	Assinatura e Carimbo do Contratante	

39. SOLICITAÇÃO DE BAIXA POR DISTRATO

Data: / /	Assinatura do Profissional	
Data: / /	Assinatura e Carimbo do Contratante	

CERTIFICAÇÃO DIGITAL DE DOCUMENTOS

NÚMERO DE CONTROLE: 3797.4111.4425.4739

OBS: A autenticidade deste documento deverá ser verificada no endereço eletrônico www.crbio03.gov.br

Recibo do Pagador

Nome do Pagador/CPF/CNPJ:

DANIEL PEREIRA Registro : 028427 CPF : 884.313.980-00
R VICENTE DA FONTOURA 110 1303 BOA VISTA
93410-650 NOVO HAMBURGO RS

BANCO DO BRASIL | 001-9 | 00190.00009 02808.603902 00043.559178 7 78200000004823

Local de Pagamento: ATÉ O VENCIMENTO, PAGAVEL EM QUALQUER BANCO					Vencimento: 06.03.2019
Nome do Beneficiário/CNPJ/CPF: CONSELHO REGIONAL DE BIOLOGIA DA 3ª REGIÃO - CNPJ: 04.053.157/0001-36 RUA CORONEL CORTE REAL, 662 - PETROPOLIS - 90630-080 - PORTO ALEGRE - RS					Agência/Código do Beneficiário: 3798-2 / 106.058-9
Data do Documento: 14.02.2019	Número do Documento: 028427		Espécie Doc: DS	Aceite: N	Data do Processamento: 14.02.2019	Nosso Número: 28086039000043559
Uso do Banco	Carteira: 17/067	Espécie Moeda: R$	Quantidade		Valor	(=) Valor do Documento: R$ 48,23

Instruções (Texto de responsabilidade do beneficiário)

190066 TAXA DE ART ELETRÔNICA 48,23

(-) Desconto/Abatimento
(-) Outras Deduções
(+) Mora/Multa
(+) Outros Acréscimos
(=) Valor Cobrado

Autenticação Mecânica



BANCO DO BRASIL | 001-9 | 00190.00009 02808.603902 00043.559178 7 78200000004823

Local de Pagamento: ATÉ O VENCIMENTO, PAGAVEL EM QUALQUER BANCO					Vencimento: 06.03.2019
Nome do Beneficiário/CNPJ/CPF: CONSELHO REGIONAL DE BIOLOGIA DA 3ª REGIÃO - CNPJ: 04.053.157/0001-36 RUA CORONEL CORTE REAL, 662 - PETROPOLIS - 90630-080 - PORTO ALEGRE - RS					Agência/Código do Beneficiário: 3798-2 / 106.058-9
Data do Documento: 14.02.2019	Número do Documento: 028427		Espécie Doc: DS	Aceite: N	Data do Processamento: 14.02.2019	Nosso Número: 28086039000043559
Uso do Banco	Carteira: 17/067	Espécie Moeda: R$	Quantidade		Valor	(=) Valor do Documento: R$ 48,23

Instruções - Texto de responsabilidade do beneficiário

190066 TAXA DE ART ELETRÔNICA 48,23

(-) Desconto/Abatimento
(-) Outras Deduções
(+) Mora/Multa
(+) Outros Acréscimos
(=) Valor Cobrado

Nome do Pagador/CPF/CNPJ: ART Nº 2019/02439
DANIEL PEREIRA Registro : 028427 CPF : 884.313.980-00
R VICENTE DA FONTOURA 110 1303 BOA VISTA
93410-650 NOVO HAMBURGO RS

Autenticação Mecânica



Ficha de Compensação

Sicredi

Associado: LOTICA PROJETOS SOCIOAMBIENTAIS S S ME
Cooperativa: 0116 **Conta Corrente:** 96305-4 **Impresso em** 15/02/2019 11:18:32

Boletos

Solicitante:	DANIEL PEREIRA
Cooperativa Origem:	0116
Conta Origem:	96305-4
CPF/CNPJ do Pagador Efetivo:	09.495.652/0001-19
Instituição Emissora:	Banco do Brasil S A
Razão Social do Beneficiário:	CONSELHO REGIONAL DE BIOLOGIA 3 REGIAO
Nome Fantasia do Beneficiário:	CONSELHO REGIONAL DE BIOLOGIA 3A REGIAO
CPF/CNPJ do Beneficiário:	04.053.157/0001-36
Nome do Pagador:	DANIEL PEREIRA
CPF/CNPJ do Pagador:	884.313.980-00
Número de Controle:	428874591
Código de Barras:	00190000090280860390200043559178778200000004823
Data de Vencimento:	06/03/2019
Data do Pagamento:	15/02/2019
Hora do Pagamento:	11:18
Valor do Título (R$):	48,23
Valor do Desconto (R$):	0,00
Valor do Juros/Mora (R$):	0,00
Valor da Multa (R$):	0,00
Valor do Abatimento (R$):	0,00
Valor Pago (R$):	48,23
Descrição do Pagamento:	conselho regional de biologia
Autenticação Eletrônica:	5421.2B01.CBCC.DE18.2459.20B6.1622.26E2

* A transação acima foi realizada via Sicredi Internet conforme as condições especificadas neste comprovante.
* Os dados digitados são de responsabilidade do usuário.

Sicredi Fone 3003 4770 (Capitais e Regiões Metropolitanas)
0800 724 4770 (Demais Regiões)
SAC 0800 724 7220
Ouvidoria 0800 646 2519

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977
Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Rio Grande do Sul

CREA-RS Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Rio Grande do Sul

ART Número
10391692

Tipo: PRESTAÇÃO DE SERVIÇO
Participação Técnica: INDIVIDUAL/PRINCIPAL
Convênio: NÃO É CONVÊNIO
Motivo: NORMAL

Contratado

Carteira: RS173142 **Profissional:** GUILHERME JOAQUIM **E-mail:** gjoaquim@gmail.com
RNP: 2208870077 **Título:** Geógrafo
Empresa: NENHUMA EMPRESA **Nr.Reg.:**

Contratante

Nome: PROFILL ENGENHARIA E AMBIENTE S.A. **E-mail:**
Endereço: AVENIDA IGUASSU 451 6º ANDAR **Telefone:** **CPF/CNPJ:** 03.164966/0001-52
Cidade: PORTO ALEGRE **Bairro.:** PETRÓPOLIS **CEP:** 90470430 **UF:** RS

Identificação da Obra/Serviço

Proprietário: FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL - FEPAM
Endereço da Obra/Serviço: CONFORME RESUMO DO CONTRATO **CPF/CNPJ:**
Cidade: PORTO ALEGRE **Bairro:** **CEP:** **UF:** RS
Finalidade: AMBIENTAL **Vlr Contrato(R$):** 1.000,00 **Honorários(R$):**
Data Início: 24/11/2017 **Prev.Fim:** 24/11/2019 **Ent.Classe:**

Atividade Técnica	Descrição da Obra/Serviço	Quantidade	Unid.
Estudo	Meio Ambiente		
Estudo	MEIO AMBIENTE - DIAGNÓSTICO DO MEIO SÓCIO ECONÔMICO		
Estudo	Geoprocessamento		
Estudo	Geodésia		
Estudo	Hidrografia e Hidrologia - Bacia Hidrográfica		
Estudo	Georreferenciamento		
Estudo	Cartografia		
Estudo	Dados Climatológicos		
Estudo	Batimetria		
Estudo	Geomorfologia - Área de Risco		
Estudo	Climatologia		
Coordenação Técnica	SITEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS - SIG		
Coordenação Técnica	Geoprocessamento		
Coordenação Técnica	Georreferenciamento		
Coordenação Técnica	Cartografia		
Coordenação Técnica	MEIO AMBIENTE - DIAGNÓSTICO DO MEIO SÓCIO ECONÔMICO		

ART registrada (paga) no CREA-RS em 12/09/2019

Local e Data	Declaro serem verdadeiras as informações acima	De acordo
	GUILHERME JOAQUIM	PROFILL ENGENHARIA E AMBIENTE S.A.
	Profissional	Contratante

A AUTENTICIDADE DESTA ART PODERÁ SER CONFIRMADA NO SITE DO CREA-RS, LINK CIDADÃO - ART CONSULTA

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977
Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Rio Grande do Sul

CREA-RS

ART Número
10391692

Contratado

Nr.Carteira: RS173142 **Profissional:** GUILHERME JOAQUIM **E-mail:** gjoaquim@gmail.com
Nr.RNP: 2208870077 **Título:** Geógrafo
Empresa: NENHUMA EMPRESA **Nr.Reg.:**

Contratante

Nome: PROFILL ENGENHARIA E AMBIENTE S.A. **E-mail:**
Endereço: AVENIDA IGUASSU 451 6º ANDAR **Telefone:** **CPF/CNPJ:** 03.164966/0001-52
Cidade: PORTO ALEGRE **Bairro:** PETRÓPOLIS **CEP:** 90470430 **UF:** RS

RESUMO DO(S) CONTRATO(S)

Elaboração e coordenação técnica dos levantamentos e estudos para a ELABORAÇÃO DE ZONEAMENTO AMBIENTAL - ATIVIDADE DE MINERAÇÃO DE AREIA NOS CURSOS MÉDIO E BAIXO DO RIO JACUÍ
Determinação do Zoneamento Ambiental para mineração de areia nos cursos médio e baixo Rio Jacuí no espaço físico (área de estudo) ocupado pela calha atual e pelas margens do Rio Jacuí (APP e Lagoas Marginais), compreendendo parte dos territórios dos municípios de Cachoeira do Sul, Rio Pardo, Pantano Grande¸ Minas do Leão, Vale Verde, Butiá, General Câmara, São Jerônimo, Triunfo, Charqueadas e Eldorado do Sul.
Descrição das atividades e etapas:
Macroatividade 1 - Plano de Trabalho; Macroatividade 2 - Levantamento de dados Secundários; Macroatividade 3 - Levantamento de dados Primários; Macroatividade 4 - Hidrografia, hidrossedimentometria e prognósticos; Macroatividade 5 - Diagnóstico Ambiental e Mapas Temáticos; Macroatividade 6 - Análise Integradda e Zoneamento Ambiental; Macroatividade Final - Edição e Revisão

Local e Data	Declaro serem verdadeiras as informações acima Profissional	De acordo Contratante

Serviço Público Federal
CONSELHO FEDERAL/CONSELHO REGIONAL DE BIOLOGIA 3ª REGIÃO

ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA - ART

1-ART Nº: **2021/04505**

CONTRATADO

2.Nome: JUAN ANDRES ANZA		3.Registro no CRBio: 034805/03-D	
4.CPF: 969.776.390-91	5.E-mail: juan@loambiental.com.br		6.Tel: (51)8407-3834
7.End.: NICOLA MATHIAS FALCI 151		8.Compl.: 1114-D	
9.Bairro: JARDIM DO SALSO	10.Cidade: PORTO ALEGRE	11.UF: RS	12.CEP: 91410-330

CONTRATANTE

13.Nome: PROFILL ENGENHARIA E AMBIENTE			
14.Registro Profissional:	15.CPF / CGC / CNPJ: 03.164.966/0001-52		
16.End.: AVENIDA IGUASSU 451			
17.Compl.: 6º ANDAR	18.Bairro: PETROPOLIS	19.Cidade: PORTO ALEGRE	
20.UF: RS	21.CEP: 90470-430	22.E-mail/Site: www.profill.com.br	

DADOS DA ATIVIDADE PROFISSIONAL

23.Natureza : 1. Prestação de serviço
Atividade(s) Realizada(s) : Execução de estudos, projetos de pesquisa e/ou serviços;

24.Identificação : ZONEAMENTO AMBIENTAL - ATIVIDADE DE MINERAÇÃO DE AREIA NOS CURSOS MÉDIO E BAIXO DO RIO JACUÍ - MEIO BIÓTICO.

25.Município de Realização do Trabalho: PORTO ALEGRE	26.UF: RS
27.Forma de participação: EQUIPE	28.Perfil da equipe: MULTIDISCIPLINAR
29.Área do Conhecimento: Botânica; Ecologia; Zoologia;	30.Campo de Atuação: Meio Ambiente

31.Descrição sumária : LEVANTAMENTO DE DADOS SECUNDÁRIOS; LEVANTAMENTO DE DADOS PRIMÁRIOS ACERCA DA ICTIOFAUNA E FAUNA TERRESTRE ATRAVÉS DE EXCURSÕES A CAMPO; AVALIAÇÃO DE AMBIENTES; ELABORAÇÃO DE DIAGNÓSTICO DE FAUNA, ELABORAÇÃO DE MAPA TEMÁTICO.

32.Valor: R$ 20.000,00	33.Total de horas: 200	34.Início: DEZ/2017	35.Término:

36. ASSINATURAS

Declaro serem verdadeiras as informações acima

Data:

Assinatura do Profissional

Biólogo Juan Anza
CRBio 34805-03D

Data:

Assinatura e Carimbo do Contratante

PROFILL
Engenharia e Ambiente S.A.
Patrícia Luisa Cardoso
Engenheira Civil - CREA 121079

37. LOGO DO CRBio

CRBio-03
Conselho Regional de Biologia - 3ª Região

38. SOLICITAÇÃO DE BAIXA POR CONCLUSÃO

Declaramos a conclusão do trabalho anotado na presente ART, razão pela qual solicitamos a devida BAIXA junto aos arquivos desse CRBio.

Data: / /

Assinatura do Profissional

Data: / /

Assinatura e Carimbo do Contratante

39. SOLICITAÇÃO DE BAIXA POR DISTRATO

Data: / /

Assinatura do Profissional

Data: / /

Assinatura e Carimbo do Contratante

CERTIFICAÇÃO DIGITAL DE DOCUMENTOS

NÚMERO DE CONTROLE: 1436.2377.3005.3632

OBS: A autenticidade deste documento deverá ser verificada no endereço eletrônico www.crbio03.gov.br

Recibo do Pagador

Nome do Pagador/CPF/CNPJ:

JUAN ANDRES ANZA Registro : 034805 CPF : 969.776.390-91
R NICOLA MATHIAS FALCI 151 1114-D JARDIM DO SALSO
91410-330 PORTO ALEGRE RS CX. PT. :

BANCO DO BRASIL | **001-9** | 00190.00009 02808.603704 00032.118176 3 85800000014892

Local de Pagamento: ATÉ O VENCIMENTO, PAGAVEL EM QUALQUER BANCO						Vencimento: **04.04.2021**
Nome do Beneficiário/CNPJ/CPF: CONSELHO REGIONAL DE BIOLOGIA DA 3ª REGIÃO - CNPJ: 04.053.157/0001-36 RUA CORONEL CORTE REAL, 662 - PETROPOLIS - 90630-080 - PORTO ALEGRE - RS						Agência/Código do Beneficiário: 3798-2 / 106.058-9
Data do Documento: 15.03.2021	Número do Documento: 034805		Espécie Doc: DS	Aceite: N	Data do Processamento: 15.03.2021	Nosso Número: 28086037000032118
Uso do Banco	Carteira: 17/067	Espécie Moeda: R$	Quantidade		Valor	(=) Valor do Documento: **R$ 148,92**

Instruções (Texto de responsabilidade do beneficiário)

210066 TAXA DE ART ELETRÔNICA 49,64 210067 TAXA DE MULTA - ART ELETRÔNICA 99,28 - ART Nº 2021/04505

(-) Desconto/Abatimento
(-) Outras Deduções
(+) Mora/Multa
(+) Outros Acrécimos
(=) Valor Cobrado

Autenticação Mecânica



BANCO DO BRASIL | **001-9** | 00190.00009 02808.603704 00032.118176 3 85800000014892

Local de Pagamento: ATÉ O VENCIMENTO, PAGAVEL EM QUALQUER BANCO						Vencimento: **04.04.2021**
Nome do Beneficiário/CNPJ/CPF: CONSELHO REGIONAL DE BIOLOGIA DA 3ª REGIÃO - CNPJ: 04.053.157/0001-36 RUA CORONEL CORTE REAL, 662 - PETROPOLIS - 90630-080 - PORTO ALEGRE - RS						Agência/Código do Beneficiário: 3798-2 / 106.058-9
Data do Documento: 15.03.2021	Número do Documento: 034805		Espécie Doc: DS	Aceite: N	Data do Processamento: 15.03.2021	Nosso Número: 28086037000032118
Uso do Banco	Carteira: 17/067	Espécie Moeda: R$	Quantidade		Valor	(=) Valor do Documento: **R$ 148,92**

Instruções - Texto de responsabilidade do beneficiário

210066 TAXA DE ART ELETRÔNICA 49,64 210067 TAXA DE MULTA - ART ELETRÔNICA 99,28 - ART Nº 2021/04505

(-) Desconto/Abatimento
(-) Outras Deduções
(+) Mora/Multa
(+) Outros Acrécimos
(=) Valor Cobrado

Nome do Pagador/CPF/CNPJ: ART Nº 2021/04505
JUAN ANDRES ANZA Registro : 034805 CPF : 969.776.390-91
R NICOLA MATHIAS FALCI 151 1114-D JARDIM DO SALSO
91410-330 PORTO ALEGRE RS CX. PT. :

Autenticação Mecânica



Ficha de Compensação

Cobrança / Títulos

15/03/2021 - BANCO DO BRASIL - 20:04:41
352703527 0002

COMPROVANTE DE PAGAMENTO DE TITULOS

CLIENTE: L. O. CONSULTORIA AMBIENT
AGENCIA: 3527-0 CONTA: 19.265-1

==========

BANCO DO BRASIL

00190000090280860370400032118176385800000014892
BENEFICIARIO:
CONSELHO R BIOLOGIA 3 REGIAO
NOME FANTASIA:
CONSELHO REGIONAL DE BIOLOGIA 3A RE
CNPJ: 04.053.157/0001-36
PAGADOR:
JUAN ANDRES ANZA
CPF: 969.776.390-91

NR. DOCUMENTO	31.502
NOSSO NUMERO	28086037000032118
CONVENIO	02808603
DATA DE VENCIMENTO	04/04/2021
DATA DO PAGAMENTO	15/03/2021
VALOR DO DOCUMENTO	148,92
VALOR COBRADO	148,92

==========

NR.AUTENTICACAO 9.AFD.67E.D1A.9F6.707

==========

Central de Atendimento BB
4004 0001 Capitais e regioes metropolitanas
0800 729 0001 Demais localidades.
Consultas, informacoes e servicos transacionais.

SAC BB
0800 729 0722
Informacoes, reclamacoes, cancelamento de
produtos e servicos.

Ouvidoria
0800 729 5678
Reclamacoes nao solucionadas nos canais
habituais agencia, SAC e demais canais de
atendimento.

Atendimento a Deficientes Auditivos ou de Fala
0800 729 0088
Informacoes, reclamacoes,cancelamento de cartao,
outros produtos e servicos de Ouvidoria.

Serviço Público Federal
CONSELHO FEDERAL/CONSELHO REGIONAL DE BIOLOGIA 3ª REGIÃO

ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA - ART

1-ART Nº: **2020/00371**

CONTRATADO

2.Nome: RODRIGO AGRA BALBUENO		3.Registro no CRBio: 008014/03-D	
4.CPF: 455.009.910-00	5.E-mail: rabalbueno@gmail.com		6.Tel: (51)3273-7110
7.End.: RUA DOMINGOS JOSÉ DE ALMEIDA, 176		8.Compl.:	
9.Bairro:	10.Cidade: PORTO ALEGRE	11.UF: RS	12.CEP: 90420-200

CONTRATANTE

13.Nome: PROFILL ENGENHARIA E AMBIENTE S.A.			
14.Registro Profissional:	15.CPF / CGC / CNPJ: 03.164.966/0001-52		
16.End.: AVENIDA IGUASSU 451			
17.Compl.: 6º ANDAR	18.Bairro: PETROPOLIS	19.Cidade: PORTO ALEGRE	
20.UF: RS	21.CEP: 90470-430	22.E-mail/Site: www.profill.com.br	

DADOS DA ATIVIDADE PROFISSIONAL

23.Natureza : 1. Prestação de serviço
Atividade(s) Realizada(s) : Realização de consultorias/assessorias técnicas;

24.Identificação : ZONEAMENTO AMBIENTAL - ATIVIDADE DE MINERAÇÃO DE AREIA NOS CURSOS MÉDIO E BAIXO DO RIO JACUÍ

25.Município de Realização do Trabalho: PORTO ALEGRE	26.UF: RS
27.Forma de participação: EQUIPE	28.Perfil da equipe: MULTIDISCIPLINAR
29.Área do Conhecimento: Ecologia;	30.Campo de Atuação: Meio Ambiente

31.Descrição sumária : ANÁLISE INTEGRADA DOS DADOS DE DIAGNÓSTICO PARA ELABORAÇÃO DOS MAPA DE FRAGILIDADE AMBIENTAL E ZONEAMENTO

32.Valor: R$ 20.000,00	33.Total de horas: 100	34.Início: DEZ/2019	35.Término:

36. ASSINATURAS

Declaro serem verdadeiras as informações acima

Data: 2/12/19	Data:
Assinatura do Profissional	Assinatura e Carimbo do Contratante

37. LOGO DO CRBio

CRBio-03

38. SOLICITAÇÃO DE BAIXA POR CONCLUSÃO

Declaramos a conclusão do trabalho anotado na presente ART, razão pela qual solicitamos a devida BAIXA junto aos arquivos desse CRBio.

Data: / /	Assinatura do Profissional	
Data: / /	Assinatura e Carimbo do Contratante	

39. SOLICITAÇÃO DE BAIXA POR DISTRATO

Data: / /	Assinatura do Profissional
Data: / /	Assinatura e Carimbo do Contratante

CERTIFICAÇÃO DIGITAL DE DOCUMENTOS

NÚMERO DE CONTROLE: 9993.1308.1622.1622

OBS: A autenticidade deste documento deverá ser verificada no endereço eletrônico www.crbio03.gov.br

17/01/2020 - BANCO DO BRASIL - 08:47:41
280602806 0001

COMPROVANTE DE PAGAMENTO DE TITULOS

CLIENTE: RODRIGO AGRA BALBUENO
AGENCIA: 2806-1 CONTA: 9.897-3

==========

BANCO DO BRASIL

00190000090280860370400004405171781530000004964
BENEFICIARIO:
CONSELHO R BIOLOGIA 3 REGIAO
NOME FANTASIA:
CONSELHO REGIONAL DE BIOLOGIA 3A RE
CNPJ: 04.053.157/0001-36
PAGADOR:
RODRIGO AGRA BALBUENO
CPF: 455.009.910-00

NR. DOCUMENTO	11.704
NOSSO NUMERO	28086037000004405
CONVENIO	02808603
DATA DE VENCIMENTO	02/02/2020
DATA DO PAGAMENTO	17/01/2020
VALOR DO DOCUMENTO	49,64
VALOR COBRADO	49,64

==========

NR.AUTENTICACAO D.DCB.989.B42.638.B8A

==========

Central de Atendimento BB
4004 0001 Capitais e regioes metropolitanas
0800 729 0001 Demais localidades
Consultas, informacoes e servicos transacionais.

SAC
0800 729 0722
Informacoes, reclamacoes e cancelamento de produtos e servicos.

Ouvidoria
0800 729 5678
Reclamacoes nao solucionadas nos canais habituais: agencia, SAC e demais canais de atendimento.

Atendimento a Deficientes Auditivos ou de Fala
0800 729 0088
Informacoes, reclamacoes, cancelamento de cartao, outros produtos e servicos de Ouvidoria.

Serviço Público Federal
CONSELHO FEDERAL/CONSELHO REGIONAL DE BIOLOGIA 3ª REGIÃO

ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA - ART

1-ART Nº: **2019/04050**

CONTRATADO

2.Nome: WILLI BRUSCHI JUNIOR		3.Registro no CRBio: 008459/03-D	
4.CPF: 380.230.590-68	5.E-mail: willi@biolaw.com.br		6.Tel: (51)3279-2010
7.End.: GENERAL NETO 410		8.Compl.: APTO 301	
9.Bairro: FLORESTA	10.Cidade: PORTO ALEGRE	11.UF: RS	12.CEP: 90560-020

CONTRATANTE

13.Nome: PROFILL ENGENHARIA E AMBIENTE SA		
14.Registro Profissional:	15.CPF / CGC / CNPJ: 03.164.966/0001-52	
16.End.: AVENIDA IGUASSU 451		
17.Compl.: 6º ANDAR	18.Bairro: PETROPOLIS	19.Cidade: PORTO ALEGRE
20.UF: RS / 21.CEP: 90470-430	22.E-mail/Site: www.profill.com.br	

DADOS DA ATIVIDADE PROFISSIONAL

23.Natureza : 1. Prestação de serviço
Atividade(s) Realizada(s) : Execução de estudos, projetos de pesquisa e/ou serviços; Realização de consultorias/assessorias técnicas; Coordenação/orientação de estudos/projetos de pesquisa e/ou outros;

24.Identificação : ZONEAMENTO AMBIENTAL - ATIVIDADE DE MINERAÇÃO DE AREIA NOS CURSOS MÉDIO E BAIXO DO RIO JACUÍ - MEIO BIÓTICO.

25.Município de Realização do Trabalho: PORTO ALEGRE	26.UF: RS
27.Forma de participação: EQUIPE	28.Perfil da equipe: MULTIDISCIPLINAR
29.Área do Conhecimento: Botânica; Ecologia; Zoologia;	30.Campo de Atuação: Meio Ambiente

31.Descrição sumária : ESTUDO DA FAUNA TERRESTRE E ICTIOFAUNA, AVALIAÇÃO DE AMBIENTES, ELABORAÇÃO DE MAPA TEMÁTICO DE FRAGILIDADE AMBIENTAL E ZONEAMENTO AMBIENTAL

32.Valor: R$ 20.000,00	33.Total de horas: 200	34.Início: DEZ/2017	35.Término:

36. ASSINATURAS

Declaro serem verdadeiras as informações acima

Data:	Data:
Assinatura do Profissional	Assinatura e Carimbo do Contratante

37. LOGO DO CRBio

CRBio-03

38. SOLICITAÇÃO DE BAIXA POR CONCLUSÃO

Declaramos a conclusão do trabalho anotado na presente ART, razão pela qual solicitamos a devida BAIXA junto aos arquivos desse CRBio.

Data: / /	Assinatura do Profissional	
Data: / /	Assinatura e Carimbo do Contratante	

39. SOLICITAÇÃO DE BAIXA POR DISTRATO

Data: / /	Assinatura do Profissional
Data: / /	Assinatura e Carimbo do Contratante

CERTIFICAÇÃO DIGITAL DE DOCUMENTOS

NÚMERO DE CONTROLE: 3635.4263.4577.4890

OBS: A autenticidade deste documento deverá ser verificada no endereço eletrônico www.crbio03.gov.br

EMPRESA

Transações Pendentes

G334141556997338018
14/03/2019 16:01:06

Pagamento de títulos com débito em conta corrente

```
14/03/2019    -  BANCO  DO  BRASIL  -   16:01:06
189901899                                   0006

     COMPROVANTE DE PAGAMENTO DE TITULOS

CLIENTE: PROFILL ENG AMBIENTE LTDA
AGENCIA: 1899-6          CONTA:         15.524-1
================================================
BANCO DO BRASIL
------------------------------------------------
00190000090280860390200045771177778480000014469
BENEFICIARIO:
CONSELHO R BIOLOGIA 3 REGIAO
NOME FANTASIA:
CONSELHO REGIONAL DE BIOLOGIA 3A RE
CNPJ: 04.053.157/0001-36
PAGADOR:
WILLI BRUSCHI JUNIOR
CPF: 380.230.590-68
------------------------------------------------
NR. DOCUMENTO                           31.402
NOSSO NUMERO                 28086039000045771
CONVENIO                             02808603
DATA DE VENCIMENTO                 03/04/2019
DATA DO PAGAMENTO                  14/03/2019
VALOR DO DOCUMENTO                     144,69
VALOR COBRADO                          144,69
================================================
NR.AUTENTICACAO          F.BF6.DF2.46A.AD7.493
================================================
Central de Atendimento BB
4004 0001 Capitais e regioes metropolitanas
0800 729 0001 Demais localidades
Consultas, informacoes e servicos transacionais.

SAC
0800 729 0722
Informacoes, reclamacoes e cancelamento de
produtos e servicos.

Ouvidoria
0800 729 5678
Reclamacoes nao solucionadas nos canais
habituais: agencia, SAC e demais canais de
atendimento.

Atendimento a Deficientes Auditivos ou de Fala
0800 729 0088
Informacoes, reclamacoes, cancelamento de
cartao, outros produtos e servicos de Ouvidoria.
```

Assinada por JA848569 PATRICIA LUISA CARDOSO 14/03/2019 16:01:06

Transação efetuada com sucesso.

Transação efetuada com sucesso por: JA848569 PATRICIA LUISA CARDOSO.

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977
Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Rio Grande do Sul

CREA-RS

ART Número
11191815

Tipo: PRESTAÇÃO DE SERVIÇO
Participação Técnica: INDIVIDUAL/PRINCIPAL
Convênio: NÃO É CONVÊNIO
Motivo: NORMAL

Contratado

Carteira: RS111946 **Profissional:** ANDRÉ LUIS QUEIROZ ARAUJO **E-mail:** alqueirozaraujo@gmail.com
RNP: 2200638159 **Título:** Geógrafo
Empresa: NENHUMA EMPRESA **Nr.Reg.:**

Contratante

Nome: PROFILL ENGENHARIA E AMBIENTE S.A. **E-mail:** comercial@profill.com.br
Endereço: AVENIDA IGUASSU **Telefone:** **CPF/CNPJ:** 03164966000152
Cidade: PORTO ALEGRE **Bairro.:** PETRÓPOLIS **CEP:** 90470430 **UF:** RS

Identificação da Obra/Serviço

Proprietário: FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL - FEPAM
Endereço da Obra/Serviço: CONFORME RESUMO DO CONTRATO **CPF/CNPJ:**
Cidade: PORTO ALEGRE **Bairro:** **CEP:** **UF:** RS
Finalidade: AMBIENTAL **Vlr Contrato(R$):** 1.000,00 **Honorários(R$):**
Data Início: 24/11/2017 **Prev.Fim:** 19/03/2021 **Ent.Classe:**

Atividade Técnica	Descrição da Obra/Serviço	Quantidade	Unid.
Estudo	Meio Ambiente		
Estudo	MEIO AMBIENTE - DIAGNÓSTICO DO MEIO SÓCIO ECONÔMICO		
Estudo	Geoprocessamento		
Estudo	Geodésia		
Estudo	Hidrografia e Hidrologia - Bacia Hidrográfica		
Estudo	Georreferenciamento		
Estudo	Cartografia		
Estudo	Dados Climatológicos		
Estudo	Batimetria		
Estudo	Geomorfologia - Área de Risco		
Estudo	Climatologia		
Estudo	SITEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS - SIG		

ART registrada (paga) no CREA-RS em 17/03/2021

Local e Data	Declaro serem verdadeiras as informações acima	De acordo
	ANDRÉ LUIS QUEIROZ ARAUJO	PROFILL ENGENHARIA E AMBIENTE S.A.
	Profissional	Contratante

A AUTENTICIDADE DESTA ART PODERÁ SER CONFIRMADA NO SITE DO CREA-RS, LINK CIDADÃO - ART CONSULTA

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977
Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Rio Grande do Sul

CREA-RS

ART Número
11191815

Contratado

Nr.Carteira: RS111946 **Profissional:** ANDRÉ LUIS QUEIROZ ARAUJO **E-mail:** alqueirozaraujo@gmail.com
Nr.RNP: 2200638159 **Título:** Geógrafo
Empresa: NENHUMA EMPRESA **Nr.Reg.:**

Contratante

Nome: PROFILL ENGENHARIA E AMBIENTE S.A. **E-mail:** comercial@profill.com.br
Endereço: AVENIDA IGUASSU **Telefone:** **CPF/CNPJ:** 03164966000152
Cidade: PORTO ALEGRE **Bairro:** PETRÓPOLIS **CEP:** 90470430 **UF:** RS

RESUMO DO(S) CONTRATO(S)

Elaboração e coordenação técnica dos levantamentos e estudos para a ELABORAÇÃO DE ZONEAMENTO AMBIENTAL - ATIVIDADE DE MINERAÇÃO DE AREIA NOS CURSOS MÉDIO E BAIXO DO RIO JACUÍ
Determinação do Zoneamento Ambiental para mineração de areia nos cursos médio e baixo Rio Jacuí no espaço físico (área de estudo) ocupado pela calha atual e pelas margens do Rio Jacuí (APP e Lagoas Marginais), compreendendo parte dos territórios dos municípios de Cachoeira do Sul, Rio Pardo, Pantano Grande, Minas do Leão, Vale Verde, Butiá, General Câmara, São Jerônimo, Triunfo, Charqueadas e Eldorado do Sul.
Descrição das atividades e etapas:
Macroatividade 1 - Plano de Trabalho; Macroatividade 2 - Levantamento de dados Secundários; Macroatividade 3 - Levantamento de dados Primários; Macroatividade 4 - Hidrografia, hidrossedimentometria e prognósticos; Macroatividade 5 - Diagnóstico Ambiental e Mapas Temáticos; Macroatividade 6 - Análise Integradda e Zoneamento Ambiental; Macroatividade Final - Edição e Revisão.

Local e Data	Declaro serem verdadeiras as informações acima Profissional	De acordo Contratante

Serviço Público Federal
CONSELHO FEDERAL/CONSELHO REGIONAL DE BIOLOGIA 3ª REGIÃO

ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA - ART

1-ART Nº: **2019/19224**

CONTRATADO

2.Nome: ANDRE LUIS QUEIROZ ARAUJO		3.Registro no CRBio: 110736/03-D	
4.CPF: 675.508.190-68	5.E-mail: alqueirozaraujo@gmail.com		6.Tel: (51)3023-5617
7.End.: BENTO GONCALVES 1515		8.Compl.: 1006 C	
9.Bairro: PARTENON	10.Cidade: PORTO ALEGRE	11.UF: RS	12.CEP: 90650-002

CONTRATANTE

13.Nome: PROFILL ENGENHARIA E AMBIENTE S.A.		
14.Registro Profissional:	15.CPF / CGC / CNPJ: 03.164.966/0001-52	
16.End.: AVENIDA IGUASSU 451		
17.Compl.: 6 ANDAR	18.Bairro: PETROPOLIS	19.Cidade: PORTO ALEGRE
20.UF: RS / 21.CEP: 90470430	22.E-mail/Site: comercial@profill.com.br	

DADOS DA ATIVIDADE PROFISSIONAL

23.Natureza : 1. Prestação de serviço
Atividade(s) Realizada(s) : Execução de estudos, projetos de pesquisa e/ou serviços; Realização de consultorias/assessorias técnicas;

24.Identificação : ZONEAMENTO AMBIENTAL - ATIVIDADE DE MINERAÇÃO DE AREIA NOS CURSOS MÉDIO E BAIXO DO RIO JACUÍ - MEIO BIÓTICO

25.Município de Realização do Trabalho: PORTO ALEGRE	26.UF: RS
27.Forma de participação: INDIVIDUAL	28.Perfil da equipe:
29.Área do Conhecimento: Botânica; Ecologia;	30.Campo de Atuação: Meio Ambiente

31.Descrição sumária : CLASSIFICAÇÃO DA VEGETAÇÃO NOS AMBIENTES MARGINAIS QUE ESTAVAM FORA DA ÁREA DE ESTUDO DA FUNDAÇÃO ZOOBOTÂNICA

32.Valor: R$ 5.000,00	33.Total de horas: 120	34.Início: MAI/2018	35.Término:

36. ASSINATURAS

Declaro serem verdadeiras as informações acima

Data:
Assinatura do Profissional

Data:
Assinatura e Carimbo do Contratante

37. LOGO DO CRBio

CRBio-03

38. SOLICITAÇÃO DE BAIXA POR CONCLUSÃO

Declaramos a conclusão do trabalho anotado na presente ART, razão pela qual solicitamos a devida BAIXA junto aos arquivos desse CRBio.

Data: / /
Assinatura do Profissional

Data: / /
Assinatura e Carimbo do Contratante

39. SOLICITAÇÃO DE BAIXA POR DISTRATO

Data: / /
Assinatura do Profissional

Data: / /
Assinatura e Carimbo do Contratante

CERTIFICAÇÃO DIGITAL DE DOCUMENTOS

NÚMERO DE CONTROLE: 1026.1654.1968.2595

OBS: A autenticidade deste documento deverá ser verificada no endereço eletrônico www.crbio03.gov.br

EXECUÇÃO:

PROFILL

