



Geocenter
ESTUDOS EM MEIO AMBIENTE



Certel hidrelétrica
VALE DO LEITE

EIA

Estudo de Impacto Ambiental Volume II

PCH Vale do Leite



Estudo de Impacto Ambiental (EIA) - Volume II

PCH Vale do Leite

Setembro de 2021

2

ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL				
Elaboração	Verificação	Revisão	Aprovação	Data
Andressa da Rosa Wieliczko Luciano Oliveira de Souza	Bruna Dias Panhan	03	Edison Antonio Silva	16/09/2021

ÍNDICE GERAL

VOLUME I

1.	APRESENTAÇÃO.....	14
2.	INFORMAÇÕES GERAIS.....	15
3.	CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO.....	24
4.	ALTERNATIVAS LOCACIONAIS E TECNOLÓGICAS.....	115
5.	DEFINIÇÃO DA ÁREA DO RESERVATÓRIO.....	139
6.	ÁREAS DE INFLUÊNCIA.....	150
7.	LEGISLAÇÃO APLICADA.....	158

VOLUME IA

ANEXOS.....	9
-------------	---

VOLUME II

8.	DIAGNÓSTICO AMBIENTAL.....	14
8.1.	MEIO FÍSICO.....	14

VOLUME IIA

ANEXOS.....	9
-------------	---

VOLUME III

8.	DIAGNÓSTICO AMBIENTAL.....	19
8.2.	MEIO BIÓTICO.....	19

ANEXOS.....	289
-------------	-----

VOLUME IV

8. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL.....	12
8.3. MEIO SOCIOECONÔMICO.....	12
ANEXOS.....	95

VOLUME V

9. IMPACTOS AMBIENTAIS.....	13
9.1. IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS.....	14
9.2. ANÁLISE INTEGRADA DO COMPLEXO.....	76
9.3. ANÁLISE DE EFEITOS SINÉRGICOS E CUMULATIVOS.....	161
9.4. MATRIZ DE IMPACTOS E RESULTADOS.....	173
9.5. MATRIZ DE IMPACTO.....	234
10. MEDIDAS MITIGADORAS.....	250

VOLUME VI

11. PROGRAMAS AMBIENTAIS.....	9
12. PROGNÓSTICO AMBIENTAL.....	92
13. COMPENSAÇÃO AMBIENTAL.....	99
14. CONCLUSÃO.....	103
15. GLOSSÁRIO.....	106
16. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	136
17. ANEXOS.....	146

ÍNDICE VOLUME II

8. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL	14
8.1 MEIO FÍSICO	14
8.1.1 GEOLOGIA, GEOMORFOLOGIA E SOLOS	14
8.1.1.1 Área de Influência Indireta (AII)	14
8.1.1.2 Área de Influência Direta	31
8.1.2 HIDROGEOLOGIA	66
8.1.2.1 Hidrogeologia local.....	66
8.1.2.2 Caracterização dos recursos hídricos superficiais.....	69
8.1.2.3 Caracterização da rede hidrográfica e aspectos fisiográficos	76
8.1.2.4 Qualidade da Água.....	153

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1: Coluna Litoestratigráfica com divisões de Fácies	15
Quadro 2: Domínios morfoestruturais.	18

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Substâncias requeridas na ANM na bacia do Rio Forqueta. Fonte: Adaptado de ANM.....	29
Tabela 2: Fases dos processos requeridos na ANM na bacia do Rio Forqueta. Fonte: Adaptado de ANM.....	29
Tabela 3: Uso para as substâncias requeridas na ANM na bacia do Rio Forqueta. Fonte: Adaptado de ANM.....	30
Tabela 4: Resumo das informações dos dados dos poços cadastrados no SIAGAS	69

Tabela 5: Resumo da Caracterização Fisiográfica da Bacia Hidrográfica da PCH Vale do Leite.....	81
Tabela 6: Estações fluviométricas selecionadas para o estudo.....	97
Tabela 7: Descrição das características dos postos fluviométricos.....	100
Tabela 8: Série de vazões estação fluviométrica Passo do Coimbra (86745000). Consistido, Média Diária, 08/1957 - 12/2014.	101
Tabela 9: Série de vazões estação fluviométrica Linha do Rio (85730000), Consistido, Média Diária, 11/1969 - 03/1986.	105
Tabela 10: Série de vazões estação fluviométrica Santa Cruz-Montante (85830000), Consistido, Média Diária, 01/1979 - 12/2014.	107
Tabela 11: Série de vazões estação fluviométrica Passo Carreiro (86500000), Consistido, Média Diária, 11/1939 - 12/2014.	110
Tabela 12: Série de vazões estação fluviométrica Linha Colombo (86560000), Consistido, Média Diária, 11/1939 - 12/2014.	114
Tabela 13: Características das estações utilizadas no estudo.	119
Tabela 14: Estudo de correlação entre o Posto Base e os postos pré-selecionados	123
Tabela 15: Série original obtida do banco de dados da ANA (consistido, média diária 1957 a 2014) através do site www.ana.gov.br . (sistemahidroweb). (Data da consulta ao site 07 de agosto de 2019). Consistido, Média Diária, 08/1957 - 12/2014.....	127
Tabela 16: Série vazões médias mensais gerada para o local da PCH Vale do Leite	132
Tabela 17: Vazões máximas anuais do posto base e do aproveitamento.....	138
Tabela 18: Dados sedimentológicos da Estação Linha Colombo (código: 86560000) (Hidroweb/ANA)	148
Tabela 19: Pontos de coleta para monitoramento da qualidade da água.....	155
Tabela 20: Parâmetros de monitoramento e metodologia de análise em água superficial.	157
Tabela 21: Parâmetros e pesos relativos do IQA.....	159
Tabela 22: Faixas de qualidade para o IQA.	159
Tabela 23: Classificação do Estado Trófico para rios segundo Índice de Carlson Modificado.....	160

Tabela 24: Classificação do Estado Trófico para reservatórios segundo Índice de Carlson Modificado.	161
Tabela 25: Estado trófico e suas principais características.	161
Tabela 26: Resultados dos parâmetros de qualidade da água analisados para área da PCH Vale do Leite.	162
Tabela 27: Média, desvio padrão, mínimo e máximo das variáveis abióticas para cada estação e no contexto geral, nas PCH's amostradas.	167
Tabela 28: Lista das espécies de fitoplâncton identificadas na coleta realizada no outono, no trecho da PCH Vale do Leite.....	174
Tabela 29: Lista das espécies de fitoplâncton identificadas ao longo do monitoramento da qualidade da água na PCH Rastro de Auto.	177
Tabela 30: Fatores de redução (F_{red}) de cargas de DBO.....	191
Tabela 31: Carga orgânica remanescente da população urbana e rural da Bacia do Rio Forqueta.	192
Tabela 32: Tabela das cargas unitárias de Fósforo e DBO por cabeça.....	193
Tabela 33: Tabela da carga potencial de DBO gerada pela pecuária, por município, na Bacia do Rio Forqueta.	194
Tabela 34: Tabela da carga potencial de DBO gerada pelas culturas (permanente e temporária), por município, na Bacia do Rio Forqueta.....	196
Tabela 35: Vazão local da PCH vale do Leite e principais afluentes do reservatório.....	202
Tabela 36: Tabela cota-área-volume do Arroio do Leite.....	203
Tabela 37: Tabela cota-área-volume afluente Área 02.....	204
Tabela 38: Dados de área, vazão e carga orgânica dos principais afluentes do reservatório da PCH Vale do Leite.....	206
Tabela 39: Tabela cota-área-volume do reservatório	208
Tabela 40: Tabela resumo das informações apresentadas de área de contribuição, vazão, volume, tempo de residência e concentração de DBO.	210

ÍNDICE DE FOTOS

Foto 1: Gruta Nossa Senhora de Lourdes em Pouso Novo, RS.	27
Foto 2: Talude de rocha alterada coberta por colúvio de cor marrom com presença de disjunções predominantemente horizontais, pouco espalhadas na base do talude.	33
Foto 3: Paredão rochoso expondo uma porça mais maciça localizado na margem esquerda do Arroio do Leite.	34
Foto 4: Matacões e blocos de rocha formando linhas de pedra característico de depósitos superficiais como colúvio e tálus localizado próximo ao empreendimento.	34
Foto 5: Afloramento de brecha vulcânica alterada com presença de vesículas e amígdalas. Nas porções de rocha mais sã é possível observar queda de blocos devido a presença de disjunções horizontais e verticais pouco espaçadas.	35
Foto 6: Lajeado de rocha sã na margem direita do Rio Forqueta, indica porção do derrame onde predominam as disjunções horizontais.	35
Foto 7: Paredão de rocha exposto em declividade alta em morro na região.	36
Foto 8: Afloramento em forma de lajeado (indicada pelas linhas amarelas) devido a presença marcante de disjunções horizontais em curso de arroio contribuinte do Rio Forqueta.	36
Foto 9: Bloco de rocha de grande proporção configurando depósito de tálus.	37
Foto 10: Depósito alúvio-coluvionar na margem direita do Arroio do Leite, caracterizada por solo e blocos de tamanhos variados de rocha, trazidos pelas enxurradas envolto em material fino argiloso.	39
Foto 11: Margem de um arroio sem denominação na margem direita do Rio Forqueta, com suas margens compostas por depósitos alúvio/coluvionares.	40
Foto 12: Afloramento com linhas amarelas demonstrando sentido e mergulho das disjunções.	41
Foto 13: Patamar de dissecação, área plana que difere das feições características dos morros locais.	45
Foto 14: Rio Forqueta com o trecho bem encaixado na geomorfologia local.	45
Foto 15: Feição geomorfológica predominante na região da PCH caracterizada como uma associação de morros e morrotes.	46
Foto 16: Encostas possuem geralmente uma declividade alta.	46

Foto 17: Talude íngreme em estrada local evidenciando a "cicatriz" de escorregamento circular de bloco de rocha.	48
Foto 18: Escorregamento planar mostrando um bloco se desprendendo de talude em corte de estrada local.	48
Foto 19: Quedas e escorregamento planar nos paredões rochosos em afloramento de rocha sã.....	49
Foto 20: Marcação do limite da margem do lago que será formado com a instalação da PCH.....	50
Foto 21: Escorregamento em talude nas estradas locais.....	64
Foto 22: Ponto de passagem sobre estrada local com queda d'água causando uma remoção lenta do solo e de pequenos blocos de rocha na área da queda. .	64

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Região do empreendimento entre os municípios de Pouso Novo e Coqueiro Baixo (indicados pela seta amarela) em relação aos pontos de interesse paleontológico.	26
Figura 2: Representação da bacia hidrográfica de contribuição da PCH Vale do Leite com as estruturas geológicas mapeadas.....	42
Figura 3: Diagrama de rosetas da bacia da PCH Vale do Leite.	43
Figura 4: Projeção do lago da PCH Vale do Leite sobre imagem digitalizada do relevo para uma melhor visualização.	44
Figura 5: Declividade da região do barramento sobre projeção das estruturas da PCH Vale do Leite.....	53
Figura 6: Potencial metalogenético. Adaptado de CPRM.....	56
Figura 7: Localização das sondagens com projeção do barramento.	62
Figura 8: Localização dos poços cadastrados no Sistema de Informações de Águas Subterrâneas - SIAGAS na Bacia do Rio Forqueta.	68
Figura 9: Projeção da Bacia G040, Taquari-Antas, com indicação da Bacia Hidrográfica do Rio Forqueta e Bacia Hidrográfica da PCH Vale do Leite. Fonte: Adaptado de Secretaria Estadual do Meio Ambiente – SEMA.	70
Figura 10: Bacia do Rio Forqueta mostrando o padrão retangular da hidrografia.	71

Figura 11: Bacia de contribuição do Rio Forqueta até o ponto previsto para o barramento da PCH Vale do Leite.	73
Figura 12: Projeção das estruturas do barramento sobre imagem aérea.....	75
Figura 13: Rio Forqueta e principais afluentes.....	77
Figura 14: Divisão climática do estado segundo a classificação de Koppen.....	83
Figura 15: Principais isotermas, com a distribuição da temperatura média anual.	84
Figura 16: Regime de temperatura do ar baseado na estação climatológica Guaporé (2851011).....	85
Figura 17: Regime de umidade relativa do ar baseado na estação climatológica Guaporé (2851011).....	85
Figura 18: Regime de evaporação do ar baseado na estação climatológica Guaporé (2851011).....	86
Figura 19: Principais isoietas, com a distribuição da precipitação média anual..	87
Figura 20: Localização das estações pluviométricas no entorno da bacia do rio Forqueta.	88
Figura 21: Índice pluviométrico estação Amarópolis (02951050) (Fonte: ANA). 89	
Figura 22: Índice pluviométrico estação Armazém (02852002) (Fonte: ANA)...	89
Figura 23: Índice pluviométrico estação Arvorezinha (02852003) (Fonte: ANA).	90
Figura 24: Índice pluviométrico estação Auler (02852004) (Fonte: ANA).	90
Figura 25: Índice pluviométrico estação Candelária (02952034) (Fonte: ANA). 91	
Figura 26: Índice pluviométrico estação Engenho Central (02852006) (Fonte: ANA).	91
Figura 27: Índice pluviométrico estação Espumoso (02852012) (Fonte: ANA)..	92
Figura 28: Índice pluviométrico estação Ilópolis (02852014) (Fonte: ANA).	92
Figura 29: Índice pluviométrico estação Marques de Souza (02952006)(Fonte: ANA).	93
Figura 30: Índice pluviométrico estação Cardoso (02852017) (Fonte: ANA).....	94
Figura 31: Índice pluviométrico estação Pouso Novo (02852029) (Fonte: ANA).94	
Figura 32: Índice pluviométrico estação Relvado (02951042) (Fonte: ANA).	95

Figura 33: Índice pluviométrico estação Soledade (02852045) (Fonte: ANA). ..	95
Figura 34: Estações fluviométricas selecionadas.....	97
Figura 35: Localização geográfica das estações selecionadas para caracterização hidrológica em relação a PCH Vale do Leite.....	99
Figura 36: Curva de regionalização das estações utilizadas.....	119
Figura 37: Resumo dos ajustes realizados no Posto Passo do Coimbra (86745000) pela ANA	122
Figura 38: Correlação entre as estações Passo do Coimbra – Passo Linha do Rio	124
Figura 39: Correlação entre as estações Passo do Coimbra – Santa Cruz-Montante.....	125
Figura 40: Correlação entre as estações Passo do Coimbra – Linha Colombo ..	125
Figura 41: Correlação entre as estações Passo do Coimbra – Passo Carreiro ...	126
Figura 42: Curva de Permanência PCH Vale do Leite (Vazões Médias Mensais).	136
Figura 43: Curva de Permanência PCH Vale do Leite (Vazões Médias Diárias). ..	137
Figura 44: Localização da Estação Linha Colombo em relação à PCH Vale do Leite	146
Figura 45: Curva de descarga de Sedimentos estação Linha Colombo.	147
Figura 46: Ordenação pela Análise dos Componentes Principais (ACP) das variáveis abióticas e as áreas amostradas (três PCH's) nas diferentes estações do ano. Legenda: temperatura (TEMP), condutividade (COND), pH, fósforo total (FT), coliformes termotolerantes (COLT), turbidez (TURB), nitrogênio Kjeldahl (NTK), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), PCH Rastro de Auto (RDA), PCH Salto Forqueta (SF) e PCH Vale do Leite (VL).....	165
Figura 47: Valores de Dominância, Diversidade, Equitabilidade e Riqueza da comunidade fitoplanctônica amostrada no Rio Forqueta, no trecho de monitoramento da PCH Vale do Leite.	173
Figura 48: Representatividade das classes taxonômicas (densidade total) em cada ponto amostrado, nas diferentes estações (inverno, outono, primavera e verão) da comunidade fitoplanctônica amostrada no Rio Forqueta, no trecho de monitoramento da PCH Rastro de Auto.	184
Figura 49: Valores de Dominância, Diversidade, Equitabilidade e Riqueza da comunidade fitoplanctônica amostrada no Rio Forqueta, nos diferentes pontos e estações, no trecho de monitoramento da PCH Rastro de Auto.....	184

Figura 50: Índice de Qualidade das Águas dos pontos amostrados nas PCH's Rastro de Auto, Salto Forqueta e Vale do Leite.....	186
Figura 51: Índice de Estado Trófico dos pontos amostrados nas PCH's Rastro de Auto, Salto Forqueta e Vale do Leite.	187
Figura 52: Curva de Permanência PCH Vale do Leite (Vazões Médias Diárias).	200
Figura 53: Área de contribuição lateral (corpo hídrico).	201
Figura 54: Fontes de poluição pontual nas áreas de drenagem dos principais arroios contribuintes do reservatório da PCH Vale do Leite.....	207

8. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

8.1 MEIO FÍSICO

8.1.1 GEOLOGIA, GEOMORFOLOGIA E SOLOS

Será descrito o meio físico com ênfase na geomorfologia, solos e geologia da Área de Influência Indireta (AII) do empreendimento, com dados coletados em campo e com auxílio de dados secundários que podem ser visualizados nos mapas do meio físico e de imagens aéreas. Esses anexos estão apresentados no final deste volume.

8.1.1.1 Área de Influência Indireta (AII)

Para definição da AII do meio físico do empreendimento, consideram-se nesse estudo as mudanças que podem ocorrer no cenário ambiental com a movimentação de terra, de rocha e do maquinário necessário para a implantação da PCH Vale do Leite.

Mesmo que as possibilidades de ocorrência de qualquer interferência no meio físico já sejam baixas em distâncias maiores que dois (02) km do empreendimento, esse estudo irá considerar toda a bacia do Rio Forqueta como sua AII. Esse limite foi definido por se tratar de uma barreira física importante para contribuição hídrica da bacia hidrográfica G040, Taquari Antas. Embora as alterações sejam de pequenas dimensões na maior parte da bacia, essas podem ocorrer a partir da implantação do empreendimento (Anexo 1).

8.1.1.1.1 Geologia

O estudo do empreendimento está totalmente inserido da Província do Paraná sobre rochas vulcânicas da Formação Serra Geral. A idade atribuída a essa formação data do Cretáceo Inferior, aproximadamente 138 Ma até 127 Ma (STEWART *et al.*, 1996), sendo constituída por derrames basálticos toleíticos intercalados a andesíticos e riodacitos.

Conforme o mapa geológico da Companhia de Pesquisas e Recursos Minerais (CPRM) de 2003, atualizado com dados de 2006, a AII está inserida em quase que sua totalidade sobre rochas vulcânicas, sendo que na área onde irão ocorrer todas as transformações ambientais do empreendimento, como a casa de força, barramento e área de alague, está sobre uma litologia apenas.

O mapeamento na escala de 1:750.000 cita rochas do período Juro-Cretáceo, do grupo São Bento, Formação Serra Geral. Na base da sequência estratigráfica ocorrem as rochas da Fácies Gramado, caracterizada por derrames basálticos granulares finos a médio, melanocráticos cinza, horizontes vesiculares preenchidos por zeolitas, carbonatos, apofilitas e saponita, estruturas de fluxo intercaladas comumente com os arenitos da Formação Botucatu. A Fácies Gramado é a litologia onde está previsto todas as locações das estruturas que serão construídas e o alague do empreendimento.

Sobre a Fácies Gramado, na Bacia Hidrográfica do Rio Forqueta, encontra-se as rochas da Fácies Caxias, com composição intermediária a ácida (riodacítica). Essas rochas são mesocráticos, granulares finas a microfaneríticas e possuem disjunção tabular regular bem desenvolvida no topo dos derrames e raras vesículas preenchidas por sílica. Possuem também estruturas de fluxo laminar e dobras.

Recobrando as encostas mais íngremes ocorrem depósitos superficiais de tálus e colúvios, predominantemente associados aos derrames básicos da Fácies Gramado

Os depósitos de aluviões e os colúvio/aluvionares que datam do Quaternário ocorrem nas calhas dos rios e em seu entorno. O Quadro 1 apresenta uma breve descrição realizada pela CPRM para o grupo São Bento da Formação Serra Geral.

Quadro 1: Coluna Litoestratigráfica com divisões de Fácies

PERÍODO	FORMAÇÃO	LITOLOGIA BÁSICA
Quaternário	Depósitos de Barreira Holocênicas	Areia grossa a fina, cascalho e sedimentos siltico-argiloso em calhas de rios e planícies de inundação
Cretáceo (Grupo São Bento)	Serra Geral	Fácies Caxias - composição intermediária a ácida

PERÍODO	FORMAÇÃO	LITOLOGIA BÁSICA
		Fácies Gramado - basálticos granulares finos a médio
Jurássico (Grupo São Bento)	Botucatu	Formação Botucatu - arenito fino a grosso dispostos em sets e/ou cosets de estratificação cruzada de grande porte. Ambiente continental desértico, depósitos de dunas eólicas.

Na bacia do Rio Forqueta, em escala regional, as estruturas geológicas como falhas e fraturas possuem duas (02) direções predominantes conforme mapa geológico da CPRM (2003): Noroeste-Sudeste (NW-SE) e de Nordeste-Sudoeste (NE-SW). Estas grandes estruturas representam, de forma geral, o curso principal do Rio Forqueta e da maioria de seus afluentes. Algumas dessas estruturas marcam zonas de transição de classes de solos e de unidades geomorfológicas, ocorrendo desde o relevo com as mais baixas declividades e se estendendo até as escarpas do rebordo do planalto.

O curso do Rio Forqueta, em escala de detalhe, apresenta-se sinuoso, onde seus meandros são formados por estrutura de menor porte (comprimento) que foram identificados por imagens aéreas. Essas estruturas de menor porte ocorrem entre os morros, nos vales fluviais, e são orientadas basicamente nas mesmas direções das estruturas mapeadas em escala 1:750.000.

Esse condicionamento estrutural cria um curso de direção preferencial no quadrante NNW-SSE, onde sua cabeceira escoar sobre rochas intermediárias ácidas da fácies Caxias, em um terreno mais suavemente ondulado, com uma diferença de cota aproximada de 200 metros até a mudança litológica para a fácies Gramado.

A partir desse contato litológico, os vales são mais encaixados e o leito do rio torna-se mais declivoso seguindo desta forma até o encontro com o Rio Fão com uma diferença de cota aproximada de até 500 metros. Desse ponto em diante, a extensão da planície de inundação do Rio Forqueta vai aumentando gradativamente até desaguar no Rio Taquari. O Rio Forqueta ainda escoar cerca de três (03) km sobre depósitos aluvionares já na cidade de Lajeado.

Os principais contribuintes da bacia do Rio Forqueta estão localizados em sua margem direita: o Rio Fão, com sua nascente no Norte; e o Arroio Forquetinha, com sua nascente no Oeste da bacia. O curso de ambos se dá por terrenos acidentados sobre o rebordo do planalto, condicionados por estruturas geológicas de médio e grande porte, principalmente sobre a Fácies Gramado. O mapa geológico (Anexo 2) mostra a disposição espacial das litologias e estruturas que ocorrem na bacia em relação ao empreendimento.

8.1.1.1.2 Geomorfologia

A AII do estudo é composta geomorfologicamente, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2003), por dois (02) domínios morfoestruturais, subdivididas em duas (02) regiões geomorfológicas e quatro (04) unidades geomorfológicas (Quadro 2). São elas:

- Depósitos Sedimentares, região da Planície Continental, unidade Planície Alúvio Coluvionar;
- Bacias e Coberturas Sedimentares, região do Planalto das Araucárias e unidade Planalto dos Campos Gerais;
- Bacias e Coberturas Sedimentares, região do Planalto das Araucárias e unidade Serra Geral;
- Bacias e Coberturas Sedimentares, região do Planalto das Araucárias e unidade Patamares da Serra Geral.

Quadro 2: Domínios morfoestruturais.

REGIÕES GEOMORFOLÓGICAS	UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS	TIPOS DE MODELADO
<p>Planalto das araucárias - Planalto das Araucárias: Assenta-se sobre rochas efusivas ácidas da Formação Serra Geral (JK) Controle estrutural proeminente Formas heterogêneas Amplas e aplainadas ou dissecadas ou vales profundos e dissecados</p>	<p>Planalto dos Campos Gerais - Área de grande altitude (acima de 500 metros) Oeste: Relevo plano, com erosão areolar predominante, interfluvios escarpados e linhas estruturais domina a disposição dos cursos d'água Leste: Erosão diferencial produz vales profundos encaixados em linhas de falhas. Linhas de pedras "Stone lines" presente em toda a área</p>	<p>Dt 413 - Região com dissecação sobre superfície tabular, com densidade fluvial fina e aprofundamento das incisões muito fraco, possui predisposição à erosão média.</p> <p>Dt 423 - Região com dissecação sobre superfície tabular, com densidade fluvial fina e aprofundamento das incisões fraco, possui predisposição à erosão média.</p>
	<p>Serra Geral Serra Geral - bordas leste e sul do Planalto dos Campos Gerais. Leste: relevo escarpado com desníveis acentuados de até 1.000m, direção geral N-S, relevos mais abruptos, presença de vales fluviais profundos adaptados aos sulcos estruturais da área. Sul: Constitui-se num relevo escarpado mais rebaixado, com cotas altimétricas que caem gradacionalmente para oeste. Mais dissecado (FESTONADO) uma vez que sofre a ação erosiva dos rios de grande porte, que descem das áreas mais elevadas.</p>	<p>Da 455 - Dissecação sobre uma superfície com topos estreitos e alongados, com fina densidade fluvial e aprofundamento das incisões muito forte, possui predisposição à erosão muito forte.</p> <p>Da 435 - Dissecação sobre uma superfície com topos estreitos e alongados, com fina densidade fluvial e aprofundamento das incisões médio, possui predisposição à erosão muito forte.</p>

REGIÕES GEOMORFOLÓGICAS	UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS	TIPOS DE MODELADO
		<p>Da 423 - Dissecação sobre uma superfície com topos estreitos e alongados, com densidade fluvial fina e aprofundamento das incisões fraco, possui predisposição à erosão média.</p>
	<p>Patamares da Serra Geral - terminais rebaixados em continuidade à Unidade Geomorfológica Serra Geral. Testemunhos do recuo da linha da escarpa, colinas com pequeno aprofundamento dos vales fluviais, apresentam forte controle estrutural e localmente podem ocorrer formas planares.</p>	<p>Dc 313 - Dissecação sobre uma superfície com topos convexos, com densidade fluvial média e aprofundamento das incisões muito fraco, possui predisposição à erosão média.</p>
<p>Planície continental - modelados esculpidos em depósitos de origem continental, ocorrendo em pequenos trechos modelados derivados do remanejamento eólico, originando dunas.</p>	<p>Planície Alúvio-Coluvionar - superfícies planas, rampeadas suavemente para leste, em alguns trechos descontínuas, na área de influência continental predominam os modelados planos ou embaciados resultantes da convergência de leques coluviais de espraiamento, cones de dejeção ou concentração de depósitos de enxurradas nas partes terminais de rampas de pedimentos. Ocorrem ainda formas de topo plano ou baixos tabuleiros.</p>	<p>Ac 4 - Acumulação resultante do a convergência de leques de espraiamento. Possui predisposição a erosão forte.</p>

O empreendimento está locado no domínio morfoestrutural das Bacias Sedimentares, na região geomorfológica do Planalto das Araucárias e unidade Geomorfológica da Serra Geral (Quadro 2). Essa unidade foi moldada por sucessivos derrames através de fendas na crosta de rochas sedimentares de desertos datados desde o período Jurássico superior até o Cretáceo inferior. O mapa geomorfológico está representado no Anexo 3 e representa o local do empreendimento sobre a geomorfologia mapeada pelo IBGE.

A geomorfologia da bacia em análise possui uma ligação direta com a geologia. A unidade do Planalto dos Campos Gerais está disposta sobre rochas mais ácidas da Fácies Caxias, predominante no Norte, Oeste e Sudoeste, com as menores declividades e maiores altitudes.

As escarpas e terrenos mais acidentados estão sobre a unidade Serra Geral coincidindo com os terrenos sobre basaltos da Fácies Gramado, no rebordo do planalto. Essa unidade possui as maiores declividades da AII, com os vales fluviais mais encaixados.

No Sul da bacia, próximo à foz do Rio Forqueta, a planície de inundação se expande ocorre a unidade da Planície Alúvio Coluvionar. Está locada basicamente sobre rochas basálticas da Fácies Gramado e, em uma fração muito pequena, sobre Depósitos Aluviais bem próximo a foz do Rio Forqueta.

A unidade dos Patamares da Serra Geral ocorre somente nas proximidades da foz do Rio Forqueta, também sobre a Fácies Gramado e Depósitos Aluviais, com declividades baixas na fração plana baixa da bacia.

As maiores declividades estão presentes nas unidades geomorfológicas da Serra Geral e da Planície Alúvio Coluvionar, localizadas mais ao centro da bacia, sobre rochas basálticas da Fácies Gramado. As unidades do Planalto dos Campos Gerais e Patamares da Serra Geral ocupam, respectivamente, a área plana alta a Norte e Oeste da bacia, e a área plana baixa, ao Sul da AII.

A maior parte da bacia do Rio Forqueta possui um padrão dos rios bem encaixado no relevo, com amplitudes geralmente altas e com vales profundos escavados, o que permite a formação de corredeiras e cachoeiras. A sucessão de derrames basálticos formou uma área constituída de patamares em degraus

devido à erosão diferencial e ao desnível dos blocos falhados, com encostas rochosas ou vegetadas.

8.1.1.1.3 Solos

Toda a AII da PCH Vale do Leite está inserida, segundo mapeamento de solos realizado pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS, 2008) nas seguintes unidades de solo por ordem de maiores ocorrências:

- Neossolos Regolítico húmico leptico ou típico (Re): ocorre em relevos fortemente ondulados, bem drenados, mais rasos da região e moderadamente argiloso. Ocorre principalmente na unidade geomorfológica Serra Geral, com início em uma zona de transição entre o Planalto dos Campos Gerais, ao norte da bacia, se estendendo até próximo à foz do Rio Forqueta. Essa classe de solo está quase que em sua totalidade na bacia sobre rochas basálticas da Fácies Gramado, no rebordo do planalto, mas pode ser observada também em zona de transição com a Fácies Caxias, ao norte, basicamente nas mesmas áreas da transição geomorfológico-geológica. Esses solos estão localizados nas maiores declividades na AII do empreendimento;
- Argissolo Vermelho alumínico típico (TBCHa) oriundo de basaltos: ocorre em relevos ondulados a fortemente ondulados, moderadamente drenados, medianamente profundos e argiloso. Essa classe recobre uma área onde as unidades geomorfológicas mapeadas são da Serra Geral e Planalto dos Campos Gerais, com ocorrência predominante no centro-Norte e Sudoeste da bacia, basicamente sobre rochas mais ácidas da Fácies Caxias. Uma pequena área dessa classe de solos está sobre uma zona de transição de Fácies, ocorrendo sobre rochas basálticas da Fácies Gramado ao sul da bacia, próximo a foz do Rio Forqueta. As declividades nessas áreas são elevadas em alguns vales fluviais por onde escoam os recursos hídricos, no centro-Norte e centro-Sul da bacia;
- Argissolo Vermelho-amarelo distrófico (PEa): ocorrem em relevos ondulados, bem drenados. São argilosos e os solos mais profundos da bacia estão limitados ao Norte e, em menor área, a Oeste da bacia,

alinhando-se a unidade geomorfológica dos Planaltos dos Campos Gerais e sobre rochas ácidas da Fácies Caxias. Esses solos estão em zonas com as menores declividades da bacia, constituindo a porção plana alta da AII;

- Luvissole Cromico palico saprolítico (BV): ocorre em relevos ondulados, bem drenados, moderadamente profundos e moderadamente argilosos. Sua ocorrência acompanha a planície de inundação dos cursos hidrográficos mais ao Sul da bacia, na fração onde a planície se alastra em área geomorfológica mapeada das Planícies Alúvio Coluvionar e sobre rochas basálticas da Fácies Gramado. Uma pequena área dessa unidade de solo está sobre Depósitos Aluvionares que ocorrem em uma área muito reduzida e mapeada pela CPRM na AII. As declividades nessa classe de solo vão se atenuando à medida que vai se aproximando da foz do Rio Forqueta;
- Argissolo Bruno-Acinzentado álitico abrupto (PBa): oriundo de riolitos, ocorrendo em relevos ondulados a fortemente ondulados, moderadamente drenados, moderadamente profundos e moderadamente argilosos. Estão presentes apenas no extremo Oeste da bacia sobre as unidades geomorfológicas da Serra Geral e Planalto do Campos Gerais, na transição das duas Fácies Geológica mapeadas. As declividades são menos abruptas no extremo Oeste, sobre a Fácies Caxias, e à medida que vai avançando para a Fácies Gramado, as declividades são mais elevadas e acompanham os vales fluviais;
- Nitossolo Vermelho eutroferrico típico (TRe): oriundo de basaltos, ocorrendo em relevos suavemente ondulados, bem drenados, moderadamente profundos e argilosos. Essa classe tem a menor ocorrência das unidades mapeadas de solo na bacia, ocorrendo apenas próximo à foz do Rio Forqueta, na unidade geomorfológica Patamares da Serra Geral, sobre a geologia mapeada nas rochas da Fácies Gramado e uma pequena área de Depósitos Aluviais onde as declividades são mais baixas.

A disposição espacial dessas classes de solo sobre a bacia do Rio Forqueta podem ser visualizadas no Anexo 4.

8.1.1.1.4 Caracterização do relevo

A bacia do Rio Forqueta tem aproximadamente 280 mil hectares (ha), seu relevo, de uma forma geral, possui uma área mais plana nas porções mais a Norte e Oeste da bacia, sobre rochas ácidas.

O relevo da bacia do Rio Forqueta é constituído por uma série de patamares e desníveis em forma de degraus, formado por sucessivos derrames básicos e ácidos, esculpidos pela erosão diferencial e blocos falhados. As encostas rochosas são íngremes e comumente em seu sopé ocorrendo depósitos superficiais de tálus. A meia encosta e muitas vezes se estendendo junto as planícies aluviais ocorrem os depósitos de colúvio, muitas vezes com sinais de rastejo.

Onde ocorre a mudança litológica para rochas mais básicas, o terreno apresenta as maiores amplitudes altimétricas e declividades, com a presença de morros e cursos de água encaixados em estruturas geológicas. Nessas áreas mais declivosas estão localizados também os dois (02) maiores afluentes do Rio Forqueta: o Arroio Forquetinha e o Rio Fão.

O relevo da bacia é, portanto, bastante fragmentado e as variações nos tipos de modelado vão desde áreas planas, mais ou menos conservadas, até porções onde a dissecação é mais pronunciada como, por exemplo, junto ao Rio Fão e ao Arroio Forquetinha, onde suas nascentes se encontram em porção menos acidentada de terreno, em uma fração mais plana em altitudes elevadas sobre rochas mais ácidas da bacia. Ambos os cursos d'água escavam os basaltos do rebordo do planalto deixando um aprofundamento das incisões elevadas. A planície de inundação desses rios torna-se mais largas, com incisões menos aprofundadas nas cotas menos elevadas da bacia, já próximo à foz do Rio Forqueta, no município de Lajeado. As variações nos tipos de modelado estão relacionadas as diferenças de resistência ao intemperismo das rochas ácidas e básicas que ocorrem na bacia.

Os arroios contribuintes desses corpos hídricos têm um padrão retangular encaixado nas estruturas geológicas locais com sentido de escoamento predominantemente N-S, W-E e E-W. Esse padrão modela o relevo da região, com o percurso dos três (03) principais recursos hídricos da bacia modelados

pelas estruturas geológicas Localmente podem ocorrer confluências de drenagens em forma de “Y” mudando para um padrão dendrítico.

A conformação básica da bacia mostra seu Norte, Oeste e extremo Sul com terrenos menos acidentados, enquanto o seu centro tem feições íngremes por onde escoam com mais energia todos os cursos de água.

As porções mais íngremes com paredões rochosos são mais suscetíveis aos processos de queda e tombamentos de blocos, tipos mais comuns de movimentação de massa no local devido a presença de estruturas com disjunções horizontais e verticais dos derrames.

O mapa de declividade (Anexo 6 e Anexo 7) evidencia uma hidrografia encaixada no relevo íngreme localizado no centro da bacia.

8.1.1.1.5 Ocorrência de cavernas

Não foi observada nenhuma caverna nas campanhas de campo realizadas na Área de Influência Direta (AID) do empreendimento, nem pelas imagens aéreas captadas por drone.

Há uma gruta localizada em um afluente da margem direita do Rio Forqueta, cadastrada em mapeamento realizado pela UFRGS e disponível para consulta no site <http://www.ufrgs.br/paleotocas/CavernasGauchas.pdf> que é utilizada como santuário. Esta gruta está localizada cerca de dois (02) km ao sul do barramento, fora da AID e fora do leito do Rio Forqueta e não sofrerá nenhuma intervenção do empreendimento. Ela está caracterizada nesse relatório no item que trata sobre os Geossítios do Estado pelo fato de ter potencial para se tornar a ser um deles futuramente.

8.1.1.1.6 Registros paleontológicos ou sítios fossilíferos

Toda a região da PCH Vale do Leite está inserida sobre rochas vulcânicas da Formação Serra Geral. Essas rochas não registram materiais paleontológicos devido ao seu processo de formação. As bases consultadas para registros paleontológicos estão inclusas no item a seguir, sobre os Geossítios cadastrados no Estado.

8.1.1.1.7 Geossítios

Os geossítios do Estado são cadastrados pela CPRM e os dados são disponibilizados para a consulta popular. As informações retiradas da página foram tratadas para uma melhor visualização do local do empreendimento em relação a esses pontos. A Figura 1 mostra esses locais.

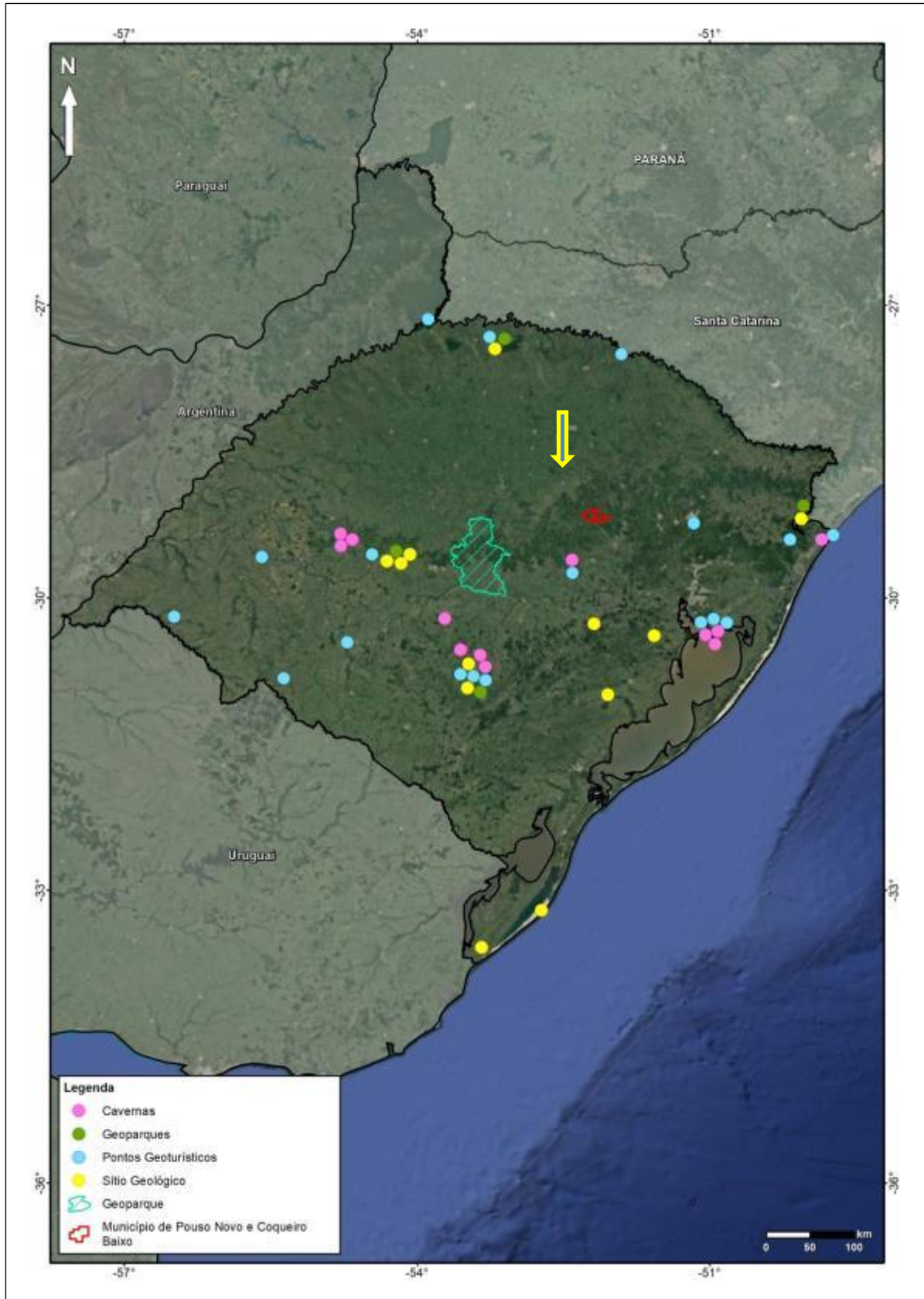


Figura 1: Região do empreendimento entre os municípios de Pouso Novo e Coqueiro Baixo (indicados pela seta amarela) em relação aos pontos de interesse paleontológico.

O ponto mais próximo ao empreendimento está cerca de 35 km para sul do barramento. Trata-se de um sítio paleontológico em Venâncio Aires. Uma tabela foi elaborada para informar os pontos cadastrados no Estado segundo a sua classificação na CPRM e pode ser visualizada no Anexo 8.

Cerca de dois (02) km ao sul do barramento, fora da AID, há uma gruta denominada Gruta Nossa Senhora de Lourdes, onde se localiza um centro de eventos religiosos da população local. Essa gruta foi cadastrada em mapeamento realizado pela UFRGS e disponível para consulta no site <http://www.ufrgs.br/paleotocas/CavernasGauchas.pdf>. Esse é o único ponto cadastrado por esse estudo nos municípios de Pouso Novo e Coqueiro Baixo, cidades que serão atingidas pelo empreendimento.

Cabe salientar que a gruta está à jusante do empreendimento, em um arroio de pequeno porte, contribuinte do Rio Forqueta em sua margem direita, fora do leito do rio onde se dará o empreendimento, em local já consolidado para atividades religiosas. Na Foto 1 é possível visualizar este local.

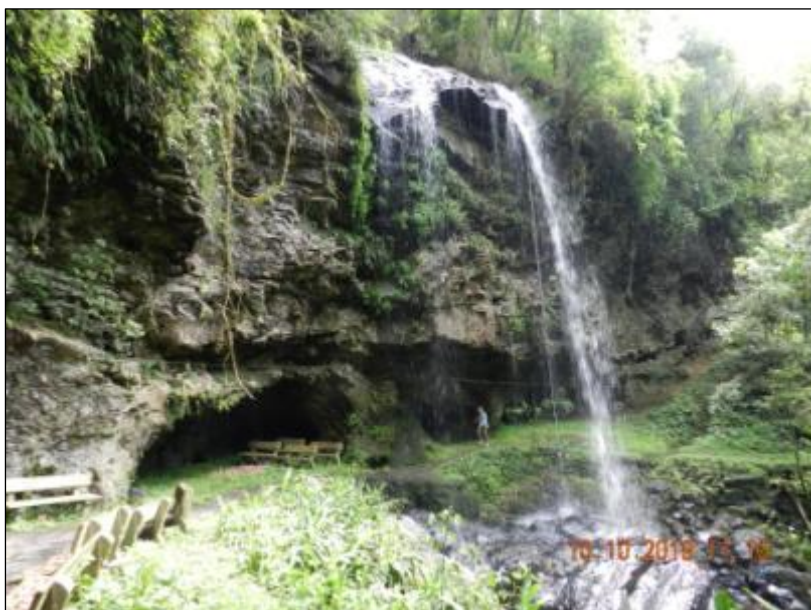


Foto 1: Gruta Nossa Senhora de Lourdes em Pouso Novo, RS.

Segundo os dados sobre os Geossítios do Estado disponibilizados pela CPRM, a pesquisa bibliográfica sobre cavernas no Estado e da vistoria de campo é a Gruta Nossa Senhora de Lourdes. Essa gruta não será afetada com o empreendimento e não foi observada nenhuma outra caverna na região do empreendimento durante a execução do estudo.

8.1.1.1.8 Movimentos sísmicos

Não há registros de movimentação sísmica nas proximidades do empreendimento. Uma pesquisa no site do Centro de Sismologia da USP, (<http://moho.iag.usp.br/eq/latest>) acessado em 20/03/2020, registra os abalos sísmicos no país. Os mais próximos ao empreendimento em linha reta são:

- Salvador do Sul: cerca de 74,2 km do empreendimento, magnitude 3.0 mI;
- Caxias do Sul: cerca de 79,4 km do empreendimento, magnitude 3.5 mR;
- Nova Pádua: cerca de 85,4 km do empreendimento, magnitude 2.5 mR;
- Nova Roma do Sul: cerca de 86,2 km do empreendimento, magnitude 3.3 mR.

O de magnitude mais alta foi de Nova Pádua, com 3.5 mR, que se assemelha a movimentação do solo com a passagem de veículos pesados.

8.1.1.1.9 Situação das jazidas - Agência Nacional de Mineração – ANM

A situação dos processos minerários na região da PCH Vale do Leite foi consultada no site da Agência Nacional de Mineração (ANM) no dia 27/04/2020, e o resultado podem ser visualizados no Anexo 9 e Anexo 10.

No dia da consulta havia 218 processos minerários vigentes localizados na bacia do Rio Forqueta. Os processos encontram-se em diferentes fases, a saber: Licenciamento, Registro de Extração, Autorização de Pesquisa, Requerimento de Pesquisa, Lavra Garimpeira, Requerimento de Licenciamento, Requerimento de Lavra Garimpeira, Requerimento de Registro de Extração e Concessão de Lavra.

A maioria dos processos concentram-se no extremo Norte da bacia, em áreas de pequeno porte, requeridas principalmente para substâncias de uso imediato na construção civil como, por exemplo, basalto, saibro e argila. Essas áreas estão principalmente sobre os riodacitos mapeados pela CPRM na Fácies Caxias da Formação Serra Geral.

Do centro da bacia até o extremo sul, há um número expressivo de áreas requeridas principalmente para pesquisas de viabilidade de extração de basalto

para revestimento e ametista. O somatório das áreas dos processos que estão inseridos parcial ou totalmente dentro da bacia chega a 11.132 ha. A Tabela 1 faz uma referência a todas as substâncias requeridas na bacia do Rio Forqueta, a Tabela 2 mostra a fase desses processos e Tabela 3 mostra o uso das substâncias solicitadas e cadastradas na ANM.

A Tabela 1 mostra que basalto é a principal substância requerida (30,7%) na bacia, seguida por saibro (23,4%), argila (13,8%), ametista (12,4%) e cascalho (10,1%) das substâncias requeridas. As demais substâncias representam menos que 10% de toda a área da bacia.

Tabela 1: Substâncias requeridas na ANM na bacia do Rio Forqueta. Fonte: Adaptado de ANM.

SUBSTÂNCIA	Nº ÁREAS REQUERIDAS	% DE SUBSTÂNCIAS REQUERIDAS
Basalto	67	30,7
Saibro	51	23,4
Argila	30	13,8
Ametista	27	12,4
Cascalho	22	10,1
Arenito	10	4,6
Agua Mineral	3	1,4
Areia	3	1,4
Calcedônia	3	1,4
Gema	1	0,5
Quartzito	1	0,5

A Tabela 2 apresenta as fases em que se encontram os processos junto a ANM. Predominam os processos que estão em fase de licenciamento (28%), que detém o Registro de extração (27,1%) e autorização de pesquisa (24,8%).

Tabela 2: Fases dos processos requeridos na ANM na bacia do Rio Forqueta. Fonte: Adaptado de ANM.

FASE	Nº ÁREAS REQUERIDAS	% DA FASE DE REQUERIMENTOS
Licenciamento	61	28,0
Registro de Extração	59	27,1

FASE	Nº ÁREAS REQUERIDAS	% DA FASE DE REQUERIMENTOS
Autorização de Pesquisa	54	24,8
Requerimento de Pesquisa	11	5,0
Lavra Garimpeira	10	4,6
Requerimento de Licenciamento	9	4,1
Requerimento de Lavra Garimpeira	8	3,7
Requerimento de Registro de Extração	4	1,8
Concessão de Lavra	2	0,9

A Tabela 3 apresenta os usos dos bens minerais requeridos, sendo a maioria deles para construção civil que envolve a pedra britada e cerâmica, somando 74,3% dos usos na bacia dessas substâncias.

Tabela 3: Uso para as substâncias requeridas na ANM na bacia do Rio Forqueta. Fonte: Adaptado de ANM.

USO	Nº ÁREAS REQUERIDAS	% DE USO REQUERIDO
Construção civil	89	40,8
Brita	53	24,3
Cerâmica vermelha	20	9,2
Gema	16	7,3
Pedra de coleção	11	5,0
Revestimento	9	4,1
Pedra de talhe	7	3,2
Industrial	6	2,8
Não informado	3	1,4
Artesanato mineral	2	0,9
Engarrafamento	2	0,9

A distribuição dos processos requeridos no interior da bacia concentra os bens imediatos para a construção civil mais próximo aos centros urbanos no extremo norte e extremo sul, próximo às cidades de Soledade e Lajeado respectivamente.

Próximo ao empreendimento, cerca de 1,5 km para Leste há duas (02) áreas requeridas para pesquisa de ametista. Para Sul, cerca de dois (02) km há uma (01) área requerida para pesquisa de basalto para revestimento. Cerca de três

(03) km para Oeste há uma (01) área requerida também para pesquisa de basalto para revestimento. Para Norte, cerca de quatro (04) km há uma (01) área requerida para licenciamento para basalto com uso informado para talhe. Essas áreas são as mais próximas do empreendimento e não há o confronto de áreas utilizadas para o funcionamento da PCH com os processos requeridos na ANM.

8.1.1.2 Área de Influência Direta

Para a delimitação da AID do meio físico, foram consideradas as áreas de intervenção, levando em consideração os aspectos físicos. As propriedades físicas serão responsáveis pela condução dos interferentes como, por exemplo, os processos erosivos, assoreamento e pontos que serão afetados com o aumento da movimentação do maquinário e das pessoas envolvidas durante a implantação do empreendimento. Após análise, foram definidos os seguintes aspectos e critérios para delimitar a AID em questão:

- Estrada de acesso;
- Obras civis do empreendimento;
- Formação do reservatório.

Tais parâmetros foram definidos diante dos potenciais impactos que influenciarão de forma direta a qualidade ambiental.

A estrada de acesso desde a Estrada Geral até a área do barramento, por ser mais estreita, passará por melhorias via licenciamento municipal para que possam suportar o trânsito mais intenso durante a fase de implantação e operação da PCH. Esse trecho da estrada deverá ser constantemente monitorado para identificar e mitigar qualquer problema de instabilidade nas suas margens.

Toda a extensão de onde será formado o reservatório, os espaços onde serão instaladas as estruturas (do barramento, da casa de força, da subestação, do canteiro de obras, do bota fora, linha de transmissão e taludes), de alguma forma, será afetada com o aumento da movimentação do maquinário e das pessoas envolvidas na implantação do empreendimento.

Um *buffer* de 200 metros foi definido no entorno dessas áreas para delimitar toda a AID referente ao meio físico. Essa área pode ser visualizada no mapa da AID do meio físico (Anexo 11).

8.1.1.2.1 Mapeamento geológico

Toda a área da PCH está inserida sobre derrames de rochas vulcânicas extrusivas que se apresentam em forma de paredões rochosos, lajeados e matacões, geralmente envoltos em solo argiloso. No mapeamento realizado pela CPRM, foi caracterizada apenas duas (02) Fácies da Formação Serra Geral nas proximidades da PCH: Fácies Gramado e Fácies Caxias, sendo que, a projeção de todas as estruturas do empreendimento, como o barramento, casa de força e lago estão inseridas na Fácies Gramado.

Por conta do tipo de formação geológica, o ambiente não é propício para preservação de fósseis. Não foi observado nenhum registro fossilífero. Os recursos minerais da região são principalmente rocha basáltica para utilização na construção civil (brita) ou para pedra de talhe. Em alguns pontos, por conta do estado de intemperismo da rocha, pode-se ter um aproveitamento dessa fração alterada para saibro. Foi observada na campanha de campo uma quantidade significativa de zeolitas, cristais de quartzo, ágata e em menor quantidade, opala e ametista. Todos observados em afloramentos nas estradas e por vezes nos taludes de corte ou de aterro. Esses minerais foram observados principalmente soltos, raramente encrustado na rocha, isto é, preenchendo amígdalas.

8.1.1.2.2 Descrição geológica

Os afloramentos observados na região da PCH se apresentam de várias formas: matacões lajeados no leito de estradas e dos rios, paredões nos morros, e blocos de rocha formando linhas de pedra nos campos, principalmente em áreas mais declivosas, compondo os depósitos de colúvios. Comumente as rochas são fraturadas devido as disjunções horizontais e verticais e falhas tectônicas e por vezes apresentam porções mais maciças.

As mineralizações como ágatas e zeolitas que ocorrem nas porções vesiculares e amigdaleres, características de topo de derrames, são encontradas

principalmente nas estradas já na forma intemperizada. São comuns os veios de quartzo (quartzo preenchendo microfraturas) nas rochas localizadas próximas as margens do Rio Forqueta ou nos arroios contribuintes deste. Nos paredões rochosos, devido à presença de disjunções horizontais e verticais, bem como de falhas tectônicas, são comuns as quedas de blocos e tombamentos de tamanhos variados. O tamanho dos blocos rochosos está relacionado ao espaçamento destas descontinuidades. Essa situação foi observada nos pontos mais íngremes com paredões de média a grande proporção. A Foto 2, Foto 3, Foto 4, Foto 5, Foto 6, Foto7, Foto 8 e Foto 9 ilustram alguns dos afloramentos encontrados na campanha de campo.



Foto 2: Talude de rocha alterada coberta por colúvio de cor marrom com presença de disjunções predominantemente horizontais, pouco espalhadas na base do talude.



Foto 3: Paredão rochoso expondo uma porça mais maciça localizado na margem esquerda do Arroio do Leite.



Foto 4: Matacões e blocos de rocha formando linhas de pedra característico de depósitos superficiais como colúvio e tálus localizado próximo ao empreendimento.



Foto 5: Afloramento de brecha vulcânica alterada com presença de vesículas e amígdalas. Nas porções de rocha mais sã é possível observar queda de blocos devido a presença de disjunções horizontais e verticais pouco espaçadas.



Foto 6: Lajeado de rocha sã na margem direita do Rio Forqueta, indica porção do derrame onde predominam as disjunções horizontais.



Foto 7: Paredão de rocha exposto em declividade alta em morro na região.



Foto 8: Afloramento em forma de lajeado (indicada pelas linhas amarelas) devido a presença marcante de disjunções horizontais em curso de arroio contribuinte do Rio Forqueta.



Foto 9: Bloco de rocha de grande proporção configurando depósito de tálus.

No ponto do rio onde será instalado o empreendimento, foram realizadas sondagens e investigações no solo. O relatório completo das sondagens pode ser visualizado no Anexo 12. Os perfis realizados a partir dos furos (Anexo 13) mostraram que, no entorno do empreendimento, ocorrem ao menos quatro (04) derrames de basaltos marcados pela presença de rochas vesículo/amígdalares brechadas, que se concentram nas suas porções de topo.

A base da sequência estratigráfica para esta área, considerando o número de sondagens e a profundidade destas e, a margem direita do rio, está localizada entre as cotas de 70 e 75 metros onde ocorre uma zona vesículo/amígdalar brechada que representa o topo de um derrame (aqui denominado de D1).

Sobre o D1 ocorre o derrame D2 cujo topo corresponde as brechas encontradas entre as cotas de 95 a 108 m aproximadamente. O derrame D3 tem seu topo entre as cotas 118 e 128m aproximadamente e, a partir daí, passa a ocorrer o derrame D4 até a superfície, considerando a margem direita do rio e a localização das sondagens. Junto às margens do rio, têm-se os depósitos aluvio/coluvionares e, na meia encosta, os solos saprolíticos, comumente recobertos por colúvios.

As investigações na margem esquerda do barramento mostrou em sua base, na cota aproximada de 70 m, o prolongamento do D1 encontrado na margem oposta, com espessura aproximada de 17 metros. O topo desse derrame está em

contato com o D2 que foi observado por cerca de oito (08) metros tendo em seu topo a brecha vulcânica. Não foi observado na margem esquerda o derrame caracterizado como D3 encontrado na margem oposta. Nesse local, entre o D2 e D4, está presente a brecha vulcânica, sendo que o D4 inicia na cota aproximada de 105m seguindo até a superfície. Recobrimo o D4 por cerca de quatro (04) metros, há uma camada de solo saprolítico e colúvios.

Na margem esquerda, as investigações não detectaram a porção superior da brecha vulcânica encontrada na margem oposta, mas é possível sua ocorrência nessa margem mais afastado do rio, visto que a cota da sondagem na extremidade esquerda do barramento pode estar abaixo da base do prolongamento da brecha superior. Isso é, há possibilidade de ocorrência dessa porção em cotas superiores na ombreira esquerda.

8.1.1.2.3 Coberturas inconsolidadas

Recobrimo as rochas vulcânicas da Formação Serra Geral ocorrem os depósitos superficiais de tálus ao pé dos paredões rochosos e a grandes declividades. Os depósitos de tálus são compostos predominantemente por blocos de rocha de dimensões variadas imersos em uma matriz de materiais mais finos como seixos, grânulos areia argila.

A meia encosta é comum os depósitos de colúvio, estes materiais apresentam cor marrom escura com blocos de rocha imersos na sua matriz (predominante) de material fino como areia, silte e argila.

Junto às margens dos rios ocorrem os depósitos aluvionares (materiais transportados pelos rios) compostos por matações, seixos blocos, de rochas ígneas e materiais finos como areia, silte e argila. Comumente os aluviões estão recobertos por depósitos coluvionares e neste caso, neste relatório são denominados de depósitos alúvio/coluvionares.

Foram observadas quantidade expressiva de blocos e matações de rocha que compõe dos depósitos de tálus e mais comumente de colúvios, nas encostas de declividades altas e/ou baixas, formando linhas de pedra (mostrando movimentos do tipo rastejo) ou como blocos individualizados. O contato dos depósitos coluvionares com os solos saprolítico ou com a rocha alterada mostra

em campo pontos propícios para o acúmulo de água sobre a vegetação rasteira e/ou densa observados principalmente na AII, o que ocorre devido a diferença de permeabilidade entre um material e outro. Por esse motivo, podem apresentar movimentação de massa do tipo rastejos e escorregamentos em determinados locais, principalmente durante elevadas precipitações, onde a saturação do solo acelera esses processos.

Nas campanhas de vistorias a campo foram mapeados diversos cursos d'água, desde as estradas de acesso da BR-386 até o empreendimento, todos contribuintes do Rio Forqueta. O que pode ser verificado e comprovado com moradores locais é que a vazão de todos os corpos hídricos, em geral, tem um escoamento relativamente rápido, com média de três (03) dias para um rebaixamento significativo da lâmina d'água, muito por conta da alta declividade.

Esse regime hídrico, após elevadas precipitações, deposita nas margens dos cursos d'água todo o material transportado das cotas mais elevadas formando os depósitos alúvio colúvionares. A Foto 10 mostra um exemplo dessa ação.



Foto 10: Depósito alúvio-colúvionares na margem direita do Arroio do Leite, caracterizada por solo e blocos de tamanhos variados de rocha, trazidos pelas enxurradas envolto em material fino argiloso.

Foram observadas em talude de corte de estrada na região, camadas inconsolidadas de cor marrom escura, compostas por blocos de rocha envolvidos por material areno siltoso ou silto argiloso (depósitos colúvionares). Estes depósitos ocorrem sobre solos residuais ou saprolíticos e até mesmo diretamente sobre rochas alteradas.

Na AID, por conta da vegetação densa e ambiente mais preservado, quedas e tombamentos são menos comuns e, nas margens dos arroios contribuintes, a presença de colúvio é mais abundante. A Foto 11 traz uma imagem de um ponto em um arroio contribuinte.



Foto 11: Margem de um arroio sem denominação na margem direita do Rio Forqueta, com suas margens compostas por depósitos alúvio/coluvionares.

Foram realizadas 11 sondagens e seis (06) poços de inspeção na região do barramento. O que pode ser verificado nas sondagens na margem direita do rio, nas proximidades das estruturas previstas para o empreendimento, são colúvios com espessura média de até três (03) metros nas cotas mais elevadas dos taludes naturais e gradativamente menores conforme vai ser aproximando do leito do Rio Forqueta.

A caracterização individual de cada sondagem com sua localização e seções geológicas pode ser visualizado no Anexo 12.

8.1.1.2.4 Caracterização tectônica

As estruturas de grande porte mapeadas pela CPRM dentro da bacia do Rio Forqueta estão relativamente distantes do empreendimento, cerca de dez (10) km para leste e para oeste, ambas com direção predominante de NW-SE. Para sul, foi mapeado uma estrutura com direção predominante de NE-SW cerca de 11 km do empreendimento.

De uma forma geral, há um número pequeno de estruturas de grande porte mapeadas na região se comparado ao sul do Estado. Os lineamentos de grande porte na região da PCH Vale do Leite condicionam as estruturas menores e, grande parte da drenagem contribuinte do Rio Forqueta, tem seu curso por esses locais. O ponto da Foto 12 mostra, em planta, um dos locais onde foi medido a orientação e mergulho das disjunções.



Foto 12: Afloramento com linhas amarelas demonstrando sentido e mergulho das disjunções

As medidas de azimute tiveram uma média de 158° e o mergulho das camadas variaram entre 20° e 34° . Esses dados foram coletados em planta nas estradas da região, pela regra da mão esquerda.

Foi realizado um mapeamento das estruturas de menor porte sobre imagem do *software Google Earth* (Figura 2). O *software* traz a opção de exagero na topografia do terreno, e com isso, pode-se inferir fraturas de menor porte associadas às fraturas regionais mapeadas pela CPRM.

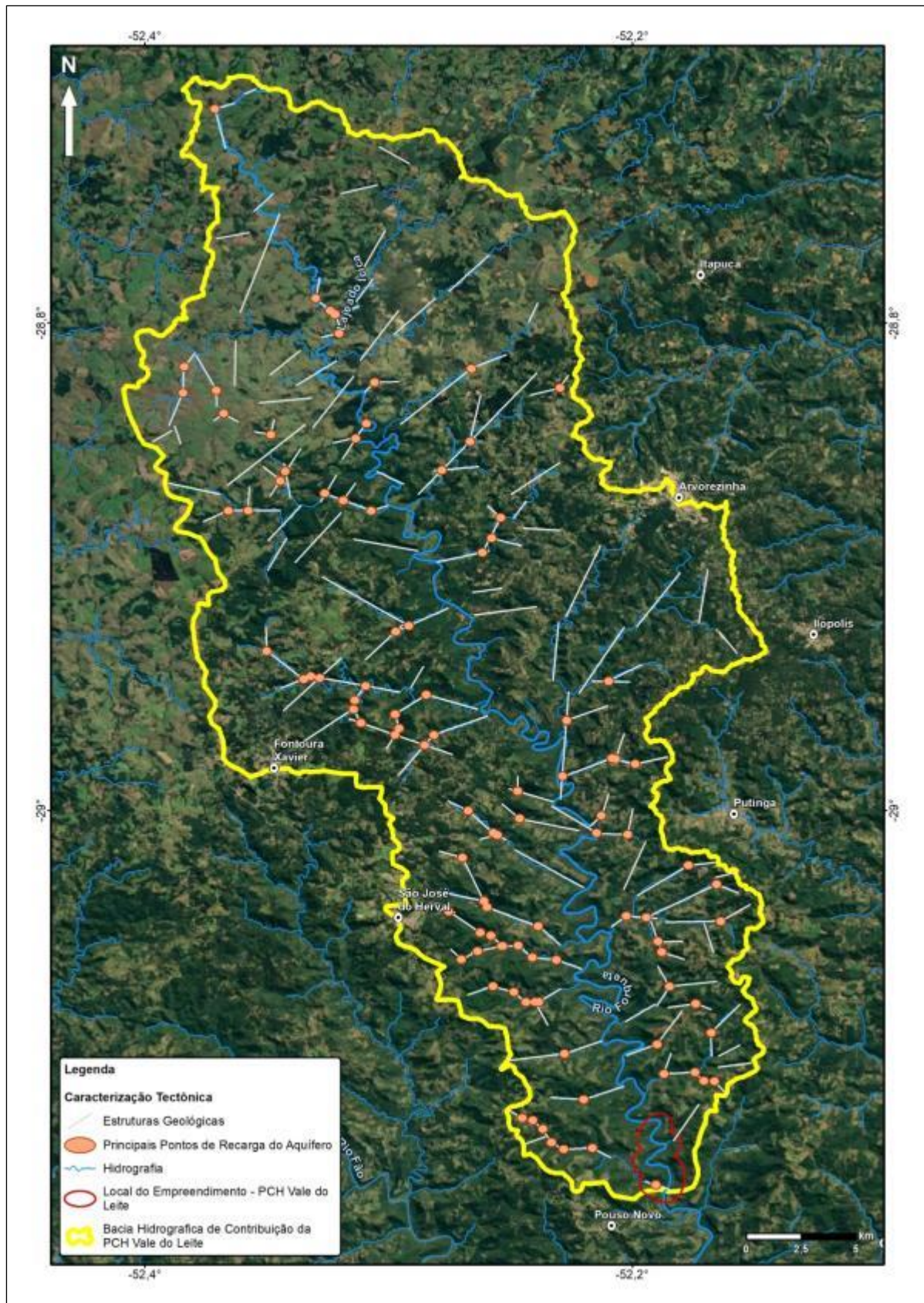


Figura 2: Representação da bacia hidrográfica de contribuição da PCH Vale do Leite com as estruturas geológicas mapeadas.

Essas estruturas foram plotadas no diagrama de rosetas e está apresentada na Figura 3.

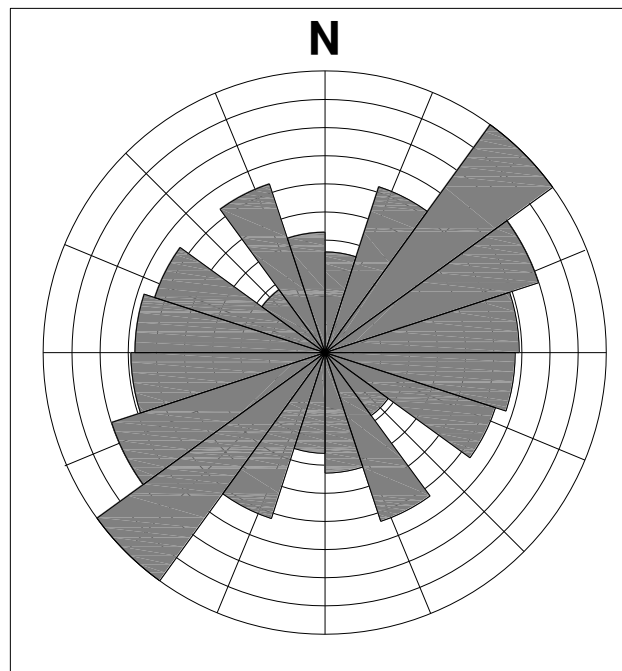


Figura 3: Diagrama de rosetas da bacia da PCH Vale do Leite.

O mapeamento das estruturas locais mostra lineamentos de menor porte com as duas (02) mesmas direções predominantes das estruturas mapeadas pela CPRM, de NE-SW e NW-SE.

Com base no resultado do mapeamento dos lineamentos, foi possível observar que o Rio Forqueta apresenta condicionamento pelas estruturas maiores (NW-SE e NE-SW), e que seu leito possui uma direção predominante desde a nascente a sua foz, de NNW-SSE, resultado desse condicionamento tectônico.

8.1.1.2.5 Fotointerpretação

As estruturas geológicas na região da PCH têm duas (02) direções preferenciais, de NE-SW e NW-SE. O mapa geológico (Anexo 2) mostra a disposição dessas falhas. O Rio Forqueta é bem encaixado na morfologia local, condicionando seus meandros pelos lineamentos locais, de menor porte, que influenciam diretamente na direção predominante de escoamento. A estrutura regional mais próxima ao barramento está cerca de dez (10) km para Oeste.

8.1.1.2.6 Mapeamento geomorfológico

De uma forma geral, o ambiente local possui um relevo moldado sobre derrames basálticos, moderadamente ondulados e com topos cumeados, mas com áreas geralmente planas predominando em uma estreita faixa pelos pontos mais altos. Os vales são em forma de V com encostas com altos declives e/ou paredões rochosos. Nas imediações do rio, na área do empreendimento, há locais íngremes cobertos por depósitos de tálus/colúvio, bem como pequenos terraços aluvionares cobertos por vegetação.

O local da implantação da PCH é bem encaixado em estruturas tectônicas com aproximadamente 15 metros de diferença de cota no leito do rio desde o final do alague até o barramento, e com uma extensão aproximada de 4,7 km de lago. Suas margens são compostas por encostas íngremes com diferença de cota do topo até a lâmina d'água em média de 100 metros. A representação do alague sobre imagem digitalizada é apresentada na Figura 4.

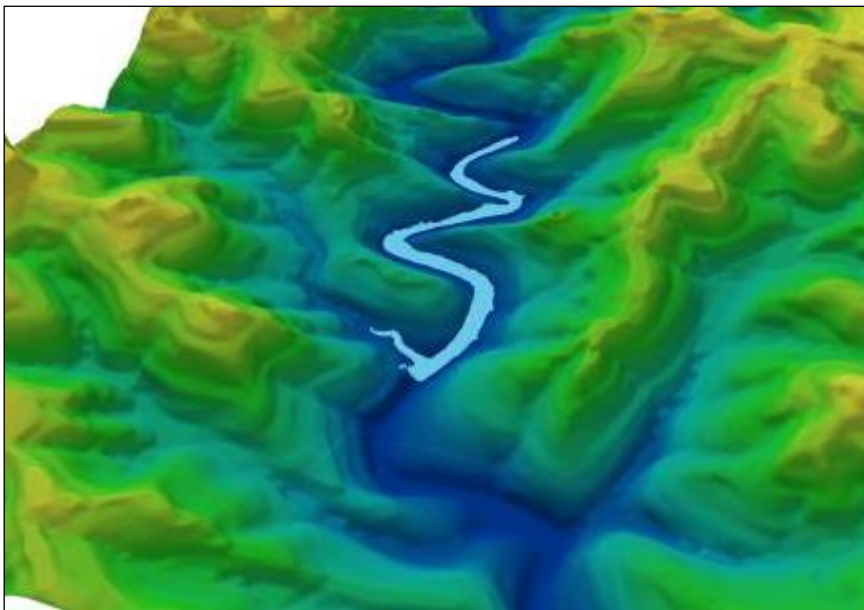


Figura 4: Projeção do lago da PCH Vale do Leite sobre imagem digitalizada do relevo para uma melhor visualização.

O encaixe do trecho do Rio Forqueta nas imediações da PCH se caracteriza por morros com cristas em linhas cumeadas que não acompanham necessariamente o sentido as falhas mapeadas pela CPRM. Dos pontos mais altos das estradas é possível visualizar com mais detalhe a geomorfologia local como, por exemplo, um patamar de dissecação (Foto 13). Este patamar está

relacionado a uma zona de predomínio de disjunções horizontais e, logo abaixo dela, um paredão verticalizado, correspondente as porções mais maciças dos derrames com disjunções verticais



Foto 13: Patamar de dissecação, área plana que difere das feições características dos morros locais.

Fora esse ponto específico, as feições geomorfológicas são basicamente de vales fluviais e associação de morros e morrotes vegetados, com declividades acentuadas. Por conta da vegetação, as quedas e rolamentos de blocos de grandes proporções são menos presentes nesses pontos. Na Foto 14, Foto 15 e Foto 16 é possível ter uma visão geral do local.



Foto 14: Rio Forqueta com o trecho bem encaixado na geomorfologia local.



Foto 15: Feição geomorfológica predominante na região da PCH caracterizada como uma associação de morros e morrotes.



Foto 16: Encostas possuem geralmente uma declividade alta.

A região da PCH tem os morros na sua margem esquerda alinhados preferencialmente na direção N-S, enquanto a margem direita tem os morros alinhados preferencialmente na direção NW-SE desde o Arroio do Leite seguindo além do final do alague projetado. Em ambas as margens os topos são suaves em uma estreita faixa e suas encostas são íngremes.

O Arroio do Leite, na margem direita, e um arroio sem denominação que há na margem esquerda, próximo ao final do reservatório, são os maiores contribuintes do Rio Forqueta no trecho do alague. Esses corpos hídricos têm

seus cursos alinhados a uma estrutura local mapeada. Os talwegues nesses dois pontos são os mais íngremes na área.

8.1.1.2.7 Relevo e intemperismo

O perfil realizado com base nas sondagens no local do barramento mostrou brechas vulcânicas, solos saprolíticos e depósitos de colúvio como material exposto a intempereis do tempo moldando o relevo. Basicamente são essas feições que compõem o material intemperizado na região do empreendimento.

O local do empreendimento e seus arredores imediatos são caracterizados por depósito de colúvios/tálus nas encostas dos corpos hídricos. Não foi observado sinais de grandes movimentações de massa nas campanhas de campo. Os poucos pontos observados nos talwegues dos arroios com vegetação inclinada, um indicativo de movimentação de massa, estavam localizados nas margens dos arroios, sofrendo influência direta do regime hídrico nas variações da vazão em épocas de cheia e seca.

Os processos de movimentação de massa causados pelo intemperismo na região da PCH Vale do Leite são de pequeno porte e podem ser encontrados principalmente nas encostas dos taludes nos cortes das estradas locais e, em menor escala, entre a vegetação, nos locais mais íngremes dos morros.

O intemperismo é observado na rocha, em blocos que estão se desprendendo dos paredões. Nesses locais não foram observadas áreas expressivas de acúmulo de fragmentos de rocha, mesmo mais próximo aos cursos d'água. Na Foto 17, Foto 18 e Foto 19 é possível visualizar o que foi descrito acima.



Foto 17: Talude íngreme em estrada local evidenciando a "cicatriz" de escorregamento circular de bloco de rocha.



Foto 18: Escorregamento planar mostrando um bloco se despreendendo de talude em corte de estrada local.



Foto 19: Quedas e escorregamento planar nos paredões rochosos em afloramento de rocha sã.

Não foram observados pontos com voçorocas, ravinas ou feições erosivas de complicada remediação. Os lajeados presentes nas margens do lago projetado da PCH evidencia um topo maciço rochoso aflorante logo acima da calha vazante do rio. No leito do Rio Forqueta, os blocos de rocha rolados evidencia um regime de alta vazão predominante que transportam esse material desagregado das suas cotas mais altas e de seus contribuintes.

8.1.1.2.8 Grau de fragilidade do relevo

Considerando que a PCH irá alagar uma área de 49,33 ha, que o lago será formado em uma extensão do Rio Forqueta bem encaixado no relevo, também levando em consideração que a várzea nesse local é pequena, onde a margem do lago está muito próxima ao início da porção do terreno com início de uma elevação brusca dos morros, a fragilidade do relevo é amenizada. A Foto 20 ilustra um ponto no final do alaguel onde foi marcado pela topografia o limite do lago que será formado.



Foto 20: Marcação do limite da margem do lago que será formado com a instalação da PCH.

Desde a margem atual do Rio Forqueta até o marco identificado na imagem, a declividade é suave, a diferença de cota é baixa e não deverá haver problemas com processos erosivos no momento que o reservatório estiver formado. Essas feições de margem suave antes das elevações mais íngremes caracterizam praticamente toda a área do lago.

Por conta dessas características, a interação da água com o solo projetada não deverá ocasionar impactos indesejados ao empreendimento. Isso porque quando formado o reservatório não haverá o fluxo de água corrente com velocidade suficiente para o carreamento excessivo de partículas de solo e blocos de rocha.

Em porções semelhantes de terrenos na PCH Rastro de Auto, localizada à montante da área de estudo e em atividade desde 2013, nas áreas com camadas de solos sobre a rocha que foi alagada, quando o reservatório não está com sua capacidade máxima, é possível observar que nas áreas de interação água e solo, uma camada de lama de espessura pouco menor do que quando emersa é formada. Isso mostra que o assoreamento lento é causado por esse material além do aporte que recebe das cotas mais altas. Não foi observado nenhum ponto de sensibilidade mais elevada para impactar significativamente o modelado do relevo local.

8.1.1.2.9 Áreas de risco geotécnico

Áreas de risco geotécnico na região podem ocorrer nas interações entre solo e rocha, onde há um contraste entre resistências e que aliado às declividades e precipitações, podem sofrer processos de queda/tombamento dos blocos e escorregamento de massa. No entanto, a conformação local para instalação do barramento irá contar com taludes de contenção para que essa possibilidade de risco seja anulada. Cabe salientar que as estruturas do barramento serão assentadas sobre o maciço rochoso.

Os perfis representativos realizados com base nas sondagens mostram a camada composta por colúvios e solos saprolíticos com até 5 metros de espessura. Esse material, oriundo das cotas mais elevadas, geralmente é mais espesso em vales côncavos, diminuindo sua espessura conforme se aproxima do curso hídrico. Nesse ponto há a presença de depósitos de cascalhos e sedimentos argilo arenoso além dos afloramentos de rocha em lajeados ao longo da área do reservatório.

Os pontos de instabilidade geotécnica da região da PCH estão ligados às declividades altas e em blocos que por ação das intempereis do clima e do intemperismo, podem se soltar dos paredões. Essas situações foram observadas em taludes de estrada na AID e na AII. O talude na margem direita do barramento será reconformado para dar estabilidade necessária para suportar o acréscimo de peso com a deposição do volume de material do bota-fora projetado para o local. Na margem esquerda haverá um talude para amenizar os riscos geotécnicos, porém, nessa margem não haverá sobreposição significativa de material.

As áreas de bota fora à jusante do barramento, próximo à margem direita do Rio Forqueta, serão reconformadas e estabilizadas para atender os parâmetros de segurança nos acessos até a casa de força, barramento e subestação da PCH Vale do Leite. Esses acessos serão utilizados durante a instalação e, com menor frequência, na fase de operação. As obras para dar estabilidade no local foram projetadas levando em consideração todas as alterações no ambiente, desde a instalação das estradas locais até o acréscimo de peso e volume com o bota fora dessa área.

A configuração final projetada do local conta com uma estrada de acesso entre a área de bota-fora e o talude, e esse espaço atenua uma possível instabilidade por conta do acréscimo de peso. Todas as áreas úteis da PCH serão constantemente vistoriadas na fase de instalação e operação. As vistorias deverão se ater a qualquer sinal de movimentação de massa nessas áreas para que se possam remediar focos erosivos, se houver, assim que detectados.

Cabe salientar que os locais projetados de bota-fora são utilizados há muitos anos pela atividade agrícola em local de declividade suave, se levar em consideração a área de influência direta. Também que esses locais serão auxiliares e foram dimensionados com uma margem de segurança quanto a espaços de deposição de material rochoso que não serão utilizados na obra. Isso é, pode ocorrer dessas áreas não receberem todo o peso e volume calculados para o local.

A Figura 5 representa a região do barramento com as estruturas segundo levantamento planialtimétrico local. Os locais mais íngremes estão presentes na margem esquerda do lago, próximo ao barramento e logo após a barragem, na calha do Rio Forqueta, em local com mata presente na encosta do morro. Parte desses locais que se sobrepõem as estruturas a serem instaladas serão reconformados para dar estabilidade garantindo a segurança do empreendimento e dos trabalhadores.

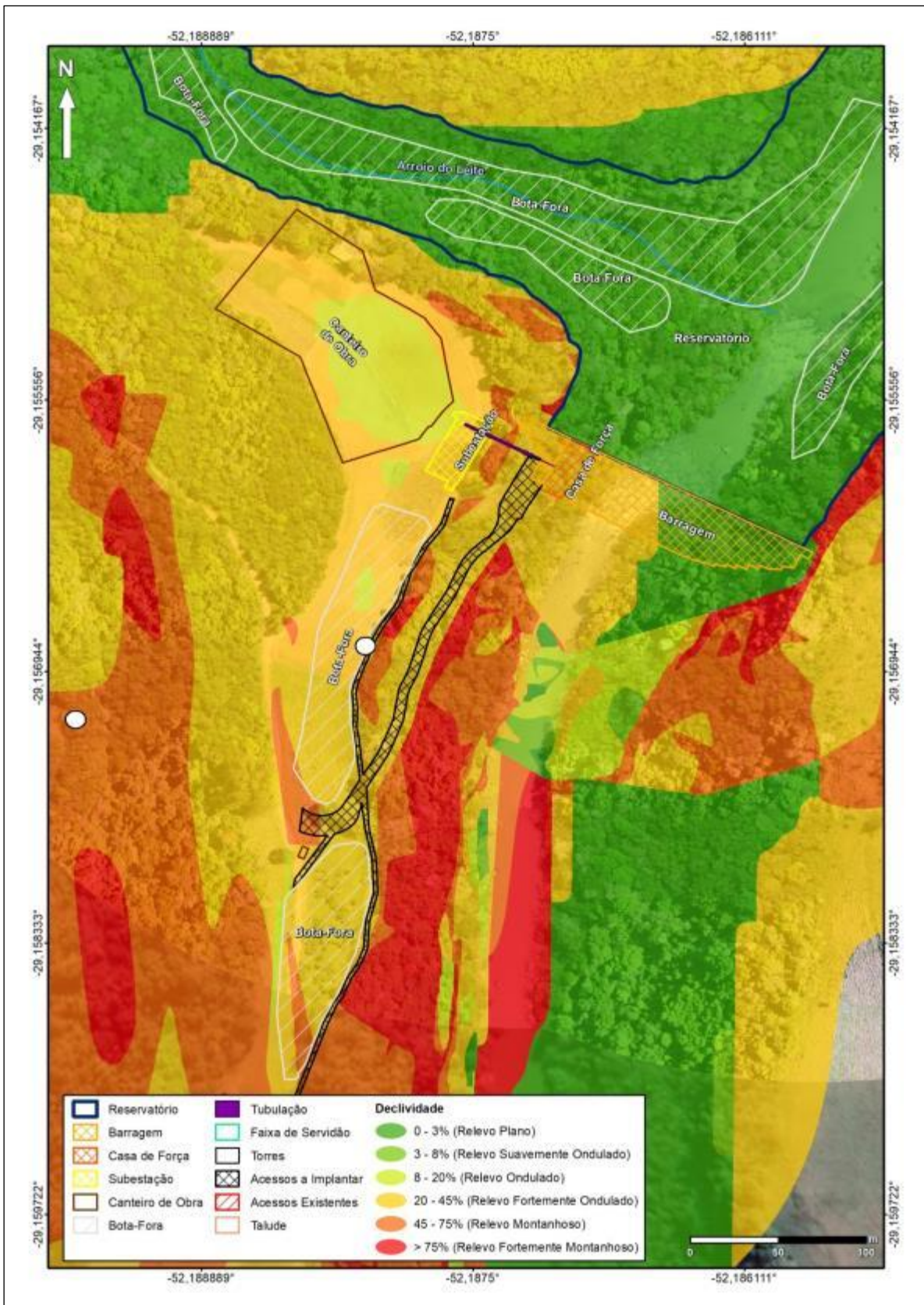


Figura 5: Declividade da região do barramento sobre projeção das estruturas da PCH Vale do Leite.

Haverá bota-fora à montante do barramento e próximo às margens do Arroio do Leite e do Rio Forqueta, onde será descartado apenas material rochoso que não poderá ser utilizado na construção das estruturas. Esses locais ficarão submersos após a formação do lago, em áreas próximas as calhas dos recursos hídricos, em terreno que sofrerá a supressão da vegetação conforme. A Linha de Transmissão (LT) será instalada com postes de base única, com cinco estruturas fazendo a ligação até outra linha de transmissão já existente conforme mostra o mapa no Anexo 14.

8.1.1.2.10 Estruturas da barragem e geodiversidade

As condições geológicas para um melhor aproveitamento de uma PCH para geração de energia incluem, entre outras coisas, uma geomorfologia adequada, ou seja, bem encaixada do rio com os morros locais para o melhor aproveitamento do alague, e uma queda d'água que pode ser de pequeno ou médio porte. Essas condições estão presentes no local previsto para a instalação da PCH Vale do Leite.

A geologia local é homogênea, com rocha vulcânica predominando em toda a região. Essas formações não registram sítios paleontológicos. O barramento está previsto para ser instalado em um trecho do rio onde o seu entorno imediato é composto por campos cultiváveis e vegetação. Não há nesse local, tampouco na área de alague, formações geológicas que possam ser caracterizadas e aproveitadas com o conceito de geodiversidade.

8.1.1.2.11 Geomorfologia – fase do terreno

A geomorfologia regional da bacia do Rio Forqueta mostra as áreas do extremo norte, oeste e extremo sul com relevo menos acidentado. Dessa forma, temos as áreas do Norte com um patamar mais plano nas cotas mais altas, o Oeste com áreas planas e cotas em suave decréscimo para sentido Leste, enquanto o Sul tem a área mais plana em cotas baixas da bacia.

O modelado de dissecação é descrito como uma superfície com formas de relevo de topos estreitos e alongados, esculpidos em rochas cristalinas, em geral denotando um controle estrutural, definidas por vales encaixados. Os topos de

aparência aguçados são resultantes da interceptação de vertentes de declividade acentuada. Possuem fina densidade fluvial e aprofundamento das incisões muito forte, com predisposição à erosão muito forte.

A PCH Vale do Leite está inserida aproximadamente na área central da bacia, no rebordo do Planalto, onde estão concentradas as maiores declividades e maiores comprimentos de encostas, com paredões rochosos expostos em vários pontos, porém, a maioria dos locais apresentam encostas vegetadas sobre uma camada de solos e colúvios/tálus de pequena a média profundidade. Na região do alague, o prolongamento dessas encostas chegam até cinco (05) km de extensão, com variação de cotas em até 200 metros, geralmente associado a algum corpo hídrico afluente do Rio Forqueta.

8.1.1.2.12 Potencial metalogenético

Para descrever esse item, foi consultado o mapa metalogenético do Estado elaborado pela CPRM, e o banco de dados da ANM para localizar os processos minerários da região.

Segundo o mapa da CPRM, a bacia do Rio Forqueta tem potencial para gemas e bens imediatos na construção civil em sua maior parte, e em menor número, minerais industriais não metálicos e pesquisas para água mineral, conforme mostra a Figura 6.

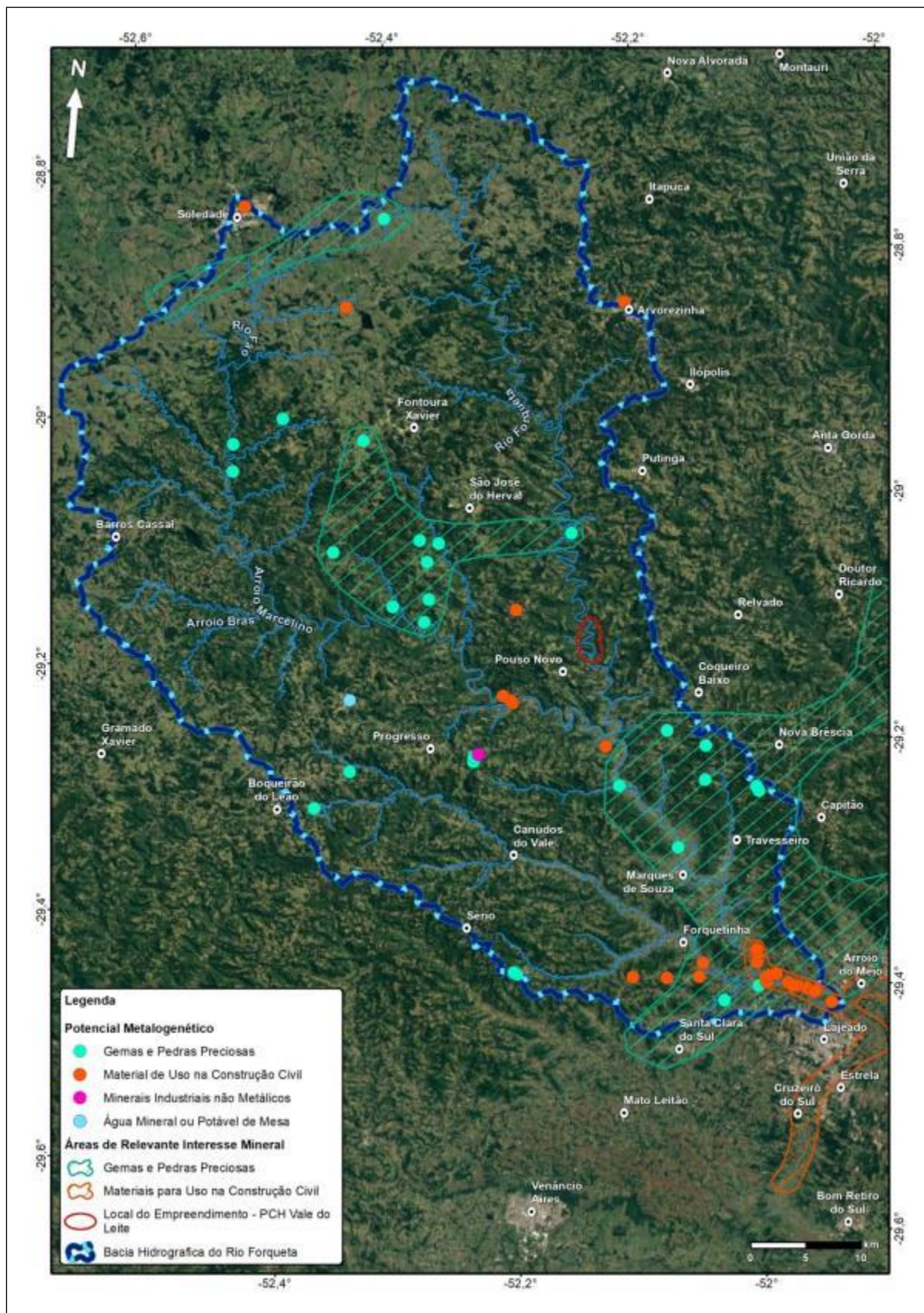


Figura 6: Potencial metalogenético. Adaptado de CPRM

O cruzamento de dados da CPRM com a base de dados da ANM mostra que nas imediações da PCH há áreas de pesquisas de ametista e basalto além de extrações de bens imediatos para a construção civil, como argila, saibro e brita. Os detalhes dessas áreas requeridas foram expostos mais detalhadamente no item de situação das jazidas.

Os bens imediatos para uso na construção civil requeridos na região são, de uma forma geral, localizados em encostas de morro e obedecem a um certo padrão de acesso viário e caracterização do material. Há muitos locais não requeridos na ANM com essas premissas próximo ao empreendimento.

Na primeira fase dos estudos para elaboração do projeto básico foram destacadas algumas áreas com potencial para extração e utilização do material na instalação das estruturas. Essas áreas estão livres na ANM para extração e será iniciado o processo de licenciamento para a obra no momento da obtenção da Licença Prévia (LP) da PCH. O bem mineral que será mais utilizado na região são os de uso imediato na construção civil, que nesse caso envolve rocha (desde matacão até saibro) e solos argilosos.

8.1.1.2.13 Encostas – contato solo x lago

O lago que será formado com o barramento ocupará espaços estreitos na maior parte do reservatório, ocupada atualmente por encostas vegetadas. Isso se deve a geomorfologia específica desse trecho que se caracteriza pelo alto padrão de encaixe do rio no relevo. As faixas que serão alagadas possuem um solo residual raso nas proximidades da calha do rio, de composição argilosa, com blocos de rocha dispersos em praticamente todo o alague. Esses estreitos espaços são ocupados pelo Rio Forqueta em épocas de cheias. Acima da cota máxima do lago, o terreno tem um aclive abrupto em praticamente toda sua extensão, geralmente caracterizado por paredões com rocha exposta e, em sua maior parte, vegetado.

No trecho que o curso do rio ocupa quando extravasa, embora o solo seja raso e com blocos de rocha espaçados, essa camada é sustentada em parte pelas raízes de vegetação mesmo com alta vazão.

Considerando a supressão da vegetação para a formação do lago, a interação futura entre o solo e a água, tenderá a criar uma camada de lodo, onde nos primeiros meses de operação da PCH, esse material irá contribuir para o aumento do nível de sedimentos suspensos e de fundo.

Conforme já observado em outras barragens de geração de energia no mesmo rio, principalmente nas áreas do final do reservatório, a oscilação do nível da água cria essa camada de lama que fica assentada independente do volume do fluxo de água. Nos períodos de baixa vazão, esse solo exposto tende a ficar rígido e formar gretas de contração devido à exposição ao tempo. No momento em que o volume do reservatório cobre esse solo exposto, as gretas são gradualmente preenchidas por sedimentos provenientes de cotas superiores. Essas mudanças no nível de água do lago formam um ciclo na interação água-solo, onde o aporte de sedimentos oriundos de montante da barragem se deposita por toda a área do reservatório sem causar danos ao funcionamento do empreendimento.

Diante dessa dinâmica natural de escoamento de água e sedimentos, é natural o aporte de sedimentos no local, mas não se faz necessárias atividades de desassoreamento devido à previsão de vida útil do empreendimento, maior que mil anos, calculada pela equipe de engenharia de projeto.

8.1.1.2.14 Potencial erosivo

Quanto à erosão que irá influenciar o empreendimento na AID, além da erosão natural e lenta proveniente das cotas mais altas dos morros locais, essa está presente também no contato da água com o solo. Por se tratar de uma PCH bem encaixada na geomorfologia, esse contato tem uma área relativamente pequena, e conseqüentemente, uma baixa taxa de sedimentação e assoreamento.

O leito do Rio Forqueta no trecho da PCH escoia sobre blocos de rocha e os sedimentos se apresentam abaixo dos blocos e também suspensos. O contato do solo com a água após o corte da vegetação irá acelerar o desagregamento das partículas de solo aumentando a taxa de sedimentação. Não há locais íngremes com cobertura de solo espessa no prolongamento do reservatório, fator esse que

reduz o risco de grades focos erosivos. As obras de implantação das estruturas (taludes) preveem uma contenção nas ombreiras para evitar processos erosivos que possam causar danos às estruturas e ao meio ambiente.

8.1.1.2.15 Relevo cárstico

O relevo cárstico propriamente dito só ocorre em rochas sedimentares do tipo calcários, porém, feições semelhantes a estes, podem ser encontradas em rochas vulcânicas da Serra Geral, associadas principalmente a Fácies Caxias. Essas feições podem ser vistas principalmente em altitudes maiores com a formação de dolinas e uvalas em relevos mais suaves, geralmente em coxilhas, de fácil visualização quando localizada entre a vegetação rasteira.

Estas feições não foram encontradas no entorno do empreendimento, pois nestes locais predominam rochas básicas da Fácies Gramado. Nas rochas básicas, estas feições tendem a ser geomorfologicamente mais evoluídas, se configurando nos cursos de água de primeira e segunda ordem.

No relevo acidentado da região da PCH, essas feições tendem a estarem presentes nas estruturas geológicas mapeadas, principalmente nas zonas de sobreposição dos lineamentos, principais pontos de recarga de água. A única cavidade de grande proporção que caracteriza uma caverna encontrada na região foi a Gruta Nossa Senhora de Lourdes, já mencionada no item 8.1.1.1.5 que trata sobre Cavernas. Inclusive salienta-se que esta se encontra a cerca de dois (02) km ao sul do barramento, fora da AID do empreendimento.

8.1.1.2.16 Potencial para monumentos naturais

As feições geológicas e geomorfológicas da área de estudo estão situadas em um derrame de vulcanismo fissural que abrange uma área aproximada de 1,2 milhões de quilômetros quadrados. Se comparado a outros pontos na mesma formação geológica, as semelhanças irão aparecer desde a declividade nos morros, os encaixes nos recursos hídricos e em várias outras paisagens cênicas. Quando a Mata Atlântica se encontra sobre essa formação, as semelhanças tendem a aumentar consideravelmente.

A necessidade de geração de energia busca atender as demandas de energia elétrica que a população necessita. O local, de fato, possui beleza cênica. E esse cenário está presente em condições semelhantes em vários outros locais da mesma formação geológica, pois trazem as mesmas características de evolução por extensas áreas no Estado. Não há uma característica física singular a esse local, descartando assim, o conceito de monumentos naturais com potencial de exploração com essa finalidade.

8.1.1.2.17 Cavidades naturais

Não foi observada nenhuma cavidade natural nos paredões rochosos na região do empreendimento durante todo o percurso realizado nas campanhas de campo. Foi realizado um sobrevoo com um drone em toda a AID que gerou vídeos e imagens para auxílio no mapeamento tectônico e da vegetação. Esse material serviu de auxílio nesse mapeamento de cavidades. As imagens e os trabalhos de campo não encontraram cavidades naturais senão aquela já descrita anteriormente no item sobre os geossítios e cavernas do Estado

8.1.1.2.18 Solo - gênese e distribuição espacial

A cobertura superficial na AID do empreendimento é constituída de solo residual oriundo das rochas basálticas da formação geológica em que está inserida. Esses solos são geralmente de coloração marrom e avermelhado, mais espesso nos topos dos morros e mais raso nas encostas, diminuindo gradativamente até as proximidades da calha do rio.

É comum os perfis de solos serem recobertos por depósitos de colúvios que se configuram em uma mistura de material fino como areias, silte e argila com blocos de rocha de variadas dimensões, principalmente nas porções mais baixas das encostas. Próximo à calha do rio, sedimentos argilo arenosos podem ser visualizados em uma camada rasa, sempre retrabalhada pelo regime hídrico local.

As sondagens realizadas na região do barramento e da casa de força mostraram uma espessura média de 1,8 metros de colúvio com as mesmas características nas duas margens do rio. Foram realizadas 11 sondagens e seis

(06) poços de inspeção na região do barramento. A localização desses pontos pode ser visualizada na Figura 7.

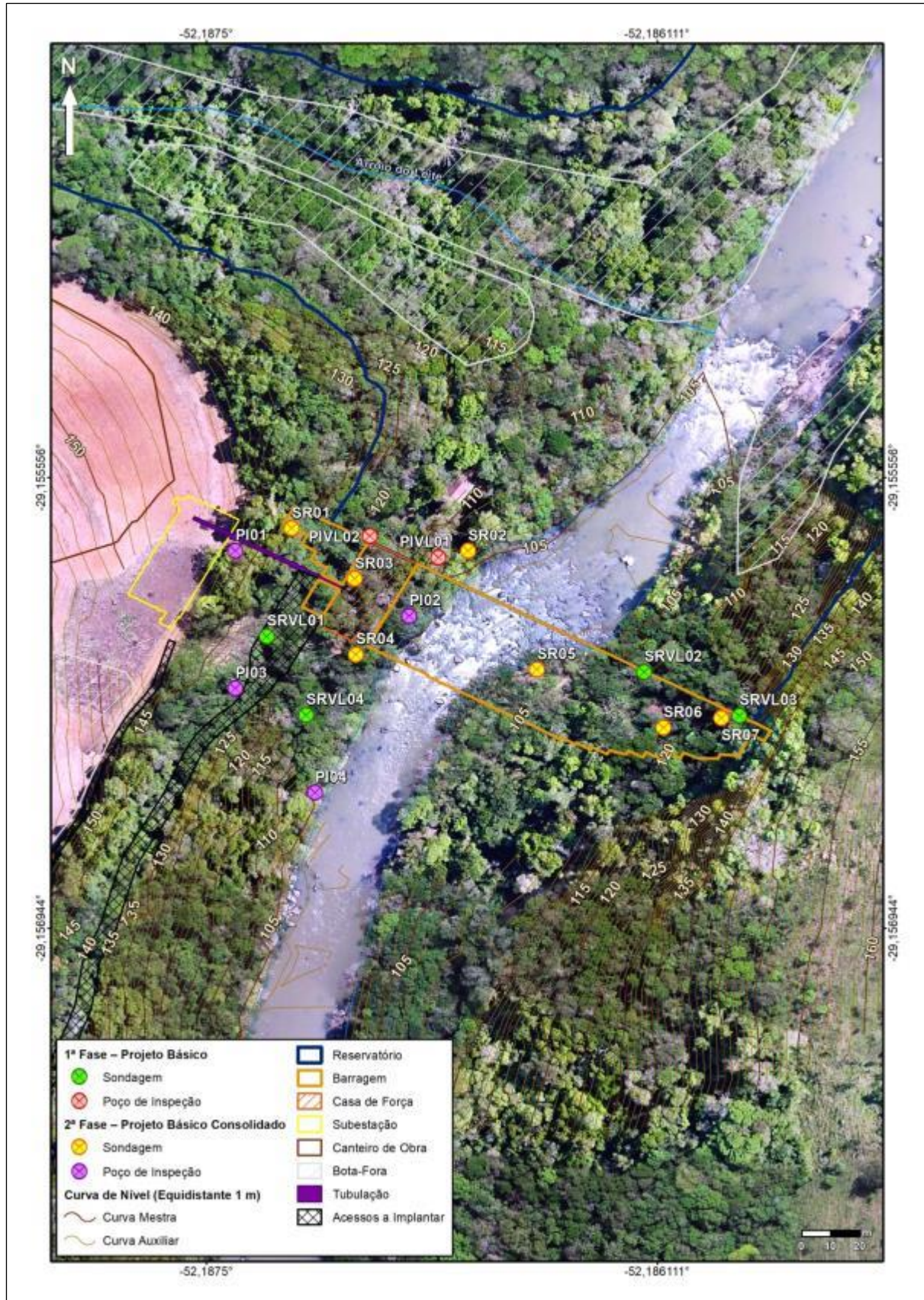


Figura 7: Localização das sondagens com projeção do barramento.

As descrições das sondagens podem ser visualizadas no Anexo 12, junto com os perfis ilustrativos. O que foi observado nos pontos investigados é que a disposição do solo argiloso entre blocos de rocha é característica predominante em toda a região da PCH, sendo observada também nos perfis em cortes de estrada e talvegues dos cursos hídricos.

8.1.1.2.19 Solo - suscetibilidade à erosão

A erosão pode acontecer tanto em declividades altas quanto em baixas, tendo as intempéries do tempo como um dos principais fatores para sua ocorrência. Mesmo em terreno com baixa declividade, um sulco erosivo pode evoluir para ravina e posteriormente para voçoroca. Alguns fatores amenizam o processo erosivo, entre eles, a cobertura vegetal.

Na vistoria de campo, eram raros os solos expostos. A região é utilizada quase que integralmente para lavouras e pastagens quando não coberta por vegetação nativa. Os solos expostos que foram observados estavam sendo preparado para o cultivo de alguma atividade agrícola, portanto, não apresentava suas características originais. As encostas são representadas, na sua grande maioria por colúvios de coloração marrom avermelhada e marrom escura, de composição argilosa com blocos de rocha de tamanhos variados.

Os focos erosivos na AID são raros e de pequenas dimensões. O que foi observado em muitos pontos foram os movimentos de massa nos taludes em corte de estrada, geralmente íngremes, com o topo coberto por algum tipo de vegetação e sua face desnuda. Os principais fatores que desencadeiam esses processos são à força da gravidade, a exposição da sua face ao sol, chuva e temperaturas variadas. Essa dinâmica acarreta o desagregamento do solo. A Foto 21 mostra um ponto onde o ocorre esse processo de escorregamento.



Foto 21: Escorregamento em talude nas estradas locais.

Em diversos pontos os cursos d'água intermitente atravessam as estradas em períodos chuvosos sem canalização. Esses locais possuem o solo em constante contato com o fluxo d'água, sofrendo assim, uma ação direta e lenta de desagregamento de partículas enquanto houver vazão. A Foto 22 ilustra um ponto citado com essas características.



Foto 22: Ponto de passagem sobre estrada local com queda d'água causando uma remoção lenta do solo e de pequenos blocos de rocha na área da queda.

Esses pontos foram observados principalmente na margem direita do Rio Forqueta, distante da área de alague e de escoamento relativamente rápido. No terceiro dia da vistoria em campo, foi observado situações de curso d'água que

parou de fluir após três (03) dias sem precipitação, evidenciando um escoamento rápido.

8.1.1.2.20 Solo - compactação, cisalhamento e permeabilidade

O solo característico da área tem uma composição argilosa e está em sua maior parte envolto entre raízes e blocos de rocha de variados tamanhos abaixo da vegetação nativa. Nesses locais vegetados, observa-se que as cicatrizes de escorregamento nos pontos íngremes são praticamente nulas e, quando observadas, eram de pequenas dimensões.

No local da PCH, as instabilidades têm como principal agente causador de deslizamentos a declividade alta. Porém, o espaço que o lago irá abranger quando formado, se comparado com a geomorfologia geral da área, tem declividades menores que seu entorno imediato na estreita área que irá ocupar devido ao alto padrão de encaixe na geomorfologia local.

Não são esperados eventos de deslizamentos e/ou escorregamentos nas encostas adjacentes ao futuro lago, porém, com a elevação do nível de água proveniente do enchimento do lago, em alguns casos, pode favorecer a ocorrência destes eventos. Isso por conta da declividade suavizada no espaço que o reservatório irá ocupar. No local destinado ao barramento, a casa de força e a subestação, por se tratar de um trecho mais íngreme e de maior trânsito de pessoas e maquinários desde a fase de instalação até a operação, serão dadas atenção especial nas ombreiras com contenção das massas com taludes. As descrições das sondagens anexas a esse relatório caracterizam os solos quanto ao grau de fraturamento e permeabilidade da rocha.

8.1.2 HIDROGEOLOGIA

A caracterização desse item foi realizada através de reconhecimento de campo com auxílio de bibliografias sobre o local

8.1.2.1 Hidrogeologia local

Regionalmente, a PCH Vale do Leite está inserida no Sistema Aquífero Serra Geral II. Segundo a CPRM, este sistema aquífero ocupa a parte oeste do Estado, os limites das rochas vulcânicas com o rio Uruguai e as litologias gonduânicas além da extensa área nordeste do planalto associada com os derrames da Unidade Hidroestratigráfica Serra Geral. Suas litologias são predominantemente riolitos, riodacitos e em menor proporção, basaltos fraturados. A capacidade específica é inferior a $0,5 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$, entretanto, excepcionalmente em áreas mais fraturadas ou com arenitos na base do sistema, podem ser encontrados valores superiores a $2 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$. As salinidades apresentam valores baixos, geralmente inferiores a $250 \text{ mg}/\text{l}$. Valores maiores de pH, salinidade e teores de sódio podem ser encontrados nas áreas influenciadas por descargas ascendentes do Sistema Aquífero Guarani.

Os poços de captação de água outorgados e disponíveis para consulta no Sistema de Informação de Águas Subterrâneas - SIAGAS foram selecionados em toda a área da bacia do Rio Forqueta. Com as informações cadastradas no arquivo, foi gerado um mapa hidrogeológico que está anexo a esse relatório. Não foram evidenciados poços para captação subterrânea dentro da AID do empreendimento. A Figura 8 apresenta a disposição dos poços com disposição dos poços e a tabela informativa de cada poço pode ser visualizada no Anexo 15.

Estão cadastrados no SIAGAS 873 poços na bacia do Rio Forqueta (Figura 8). Para uma melhor visualização do comportamento do aquífero, foi confeccionado um mapa com os dados do nível estático desses poços em relação à cota em que estão instalados. O resultado pode ser observado no Anexo 16.

Esse cruzamento de dados mostrou um sistema aquífero heterogêneo, com nível estático de 20 metros na maior parte da bacia, com áreas circulares esparsas de profundidades maiores, com máximas 140 metros.

As isolinhas geradas sugerem uma disposição de áreas de rochas com menor permeabilidade nos pontos de maior profundidade, onde o nível estático do aquífero sofre um aprofundamento gradual identificado em mapa, provavelmente direcionando suas águas por zonas de brechas, zonas de cisalhamento e de fraturas até as áreas mais profundas do aquífero.

Na região da PCH, de acordo com os dados utilizados para visualização do comportamento das águas subterrâneas, esses indicam um aprofundamento de nível estático do aquífero na AID com sentido de Sul para Norte. Porém, devido ao espaçamento entre os poços e a característica heterogênea dos aquíferos fraturados, pode haver uma discrepância com a realidade devido aos dados coletados do SIAGAS. Esses dados por vezes são incompletos e/ou estão locados em zonas de fraturas, pontos propícios à recarga do aquífero. Como exemplo, pode se apontar o poço nº 4300014963 que consta no Anexo 15 com nível estático de 8 metros e nível dinâmico de 112 metros, considerado uma variação elevada.

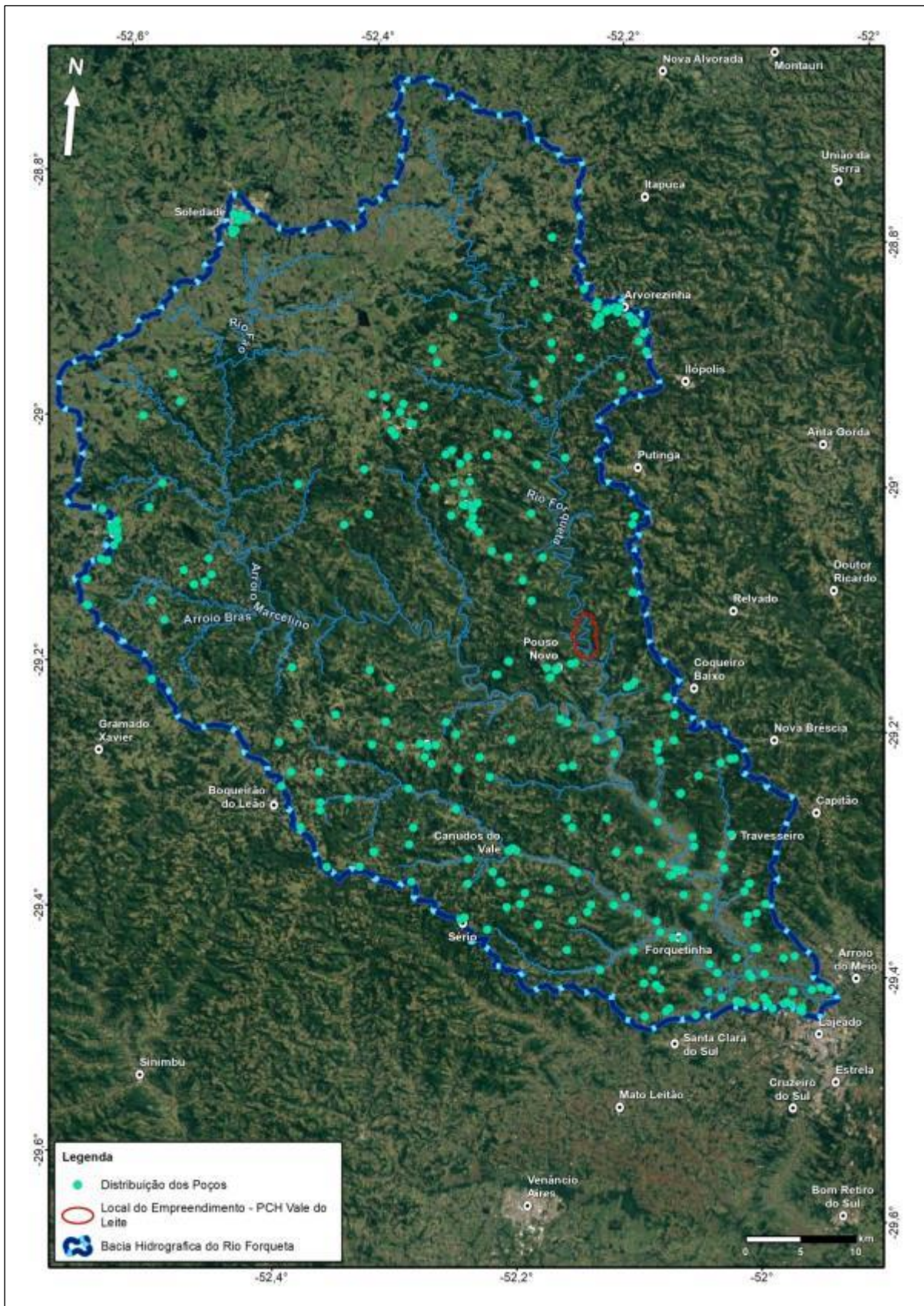


Figura 8: Localização dos poços cadastrados no Sistema de Informações de Águas Subterrâneas - SIAGAS na Bacia do Rio Forqueta.

Foi realizado um resumo do uso da água dos poços cadastrados. Essas informações estão expostas na Tabela 4.

Tabela 4: Resumo das informações dos dados dos poços cadastrados no SIAGAS

USO DA ÁGUA	Nº OCORRÊNCIAS	% NA BACIA
Abastecimento doméstico	68	7,8
Abastecimento doméstico / animal	213	24,4
Abastecimento doméstico / irrigação	30	3,4
Abastecimento industrial	29	3,3
Abastecimento múltiplo	47	5,4
Abastecimento urbano	197	22,6
Doméstico / irrigação / animal	2	0,2
Irrigação	5	0,6
Não informado	251	28,8
Outros (lazer, etc.)	17	1,9
Pecuária	3	0,3
Sem uso	11	1,3

A tabela mostra um número expressivo de poços sem a informação da sua utilização. Desconsiderando esses cadastros incompletos, a bacia mostra um maior número de poços utilizados para abastecimento doméstico e animal, seguido por abastecimento urbano. Esses usos da água representam 47% da água subterrânea cadastrados na bacia. A tabela completa pode ser visualizada no Anexo15.

8.1.2.2 Caracterização dos recursos hídricos superficiais

A PCH Vale do Leite está inserida na Bacia Hidrográfica G040, Taquari-Antas. Essa bacia está localizada a nordeste do Estado do Rio Grande do Sul, entre as coordenadas geográficas de 28°10' a 29°57' de latitude Sul e 49°56' a 52°38' de longitude Oeste. Abrange as províncias geomorfológicas do Planalto Meridional e Depressão Central. Possui área de 26.491,82 km², abrangendo municípios como Antônio Prado, Veranópolis, Bento Gonçalves, Cambará do Sul, Carlos Barbosa, Caxias do Sul, Estrela e Triunfo, com população estimada de 1.207.640 habitantes.

Os principais cursos de água são o Rio das Antas, Rio Tainhas, Rio Lajeado Grande, Rio Humatã, Rio Carreiro, Rio Guaporé, Rio Forqueta, Rio Forquetinha e o Rio Taquari. O Rio Taquari-Antas tem suas nascentes em São José dos Ausentes e desembocadura no Rio Jacuí. A captação de água na bacia destina-se a irrigação, o abastecimento público, a agroindústria e a dessedentação de animais. A Bacia do Taquari-Antas abrange parte dos campos de cima da serra e região do Vale do Taquari, com predomínio de agropecuária, e a região colonial da Serra Gaúcha, caracterizada por intensa atividade industrial. A Figura 9 mostra a bacia com seus principais recursos hídricos representados.

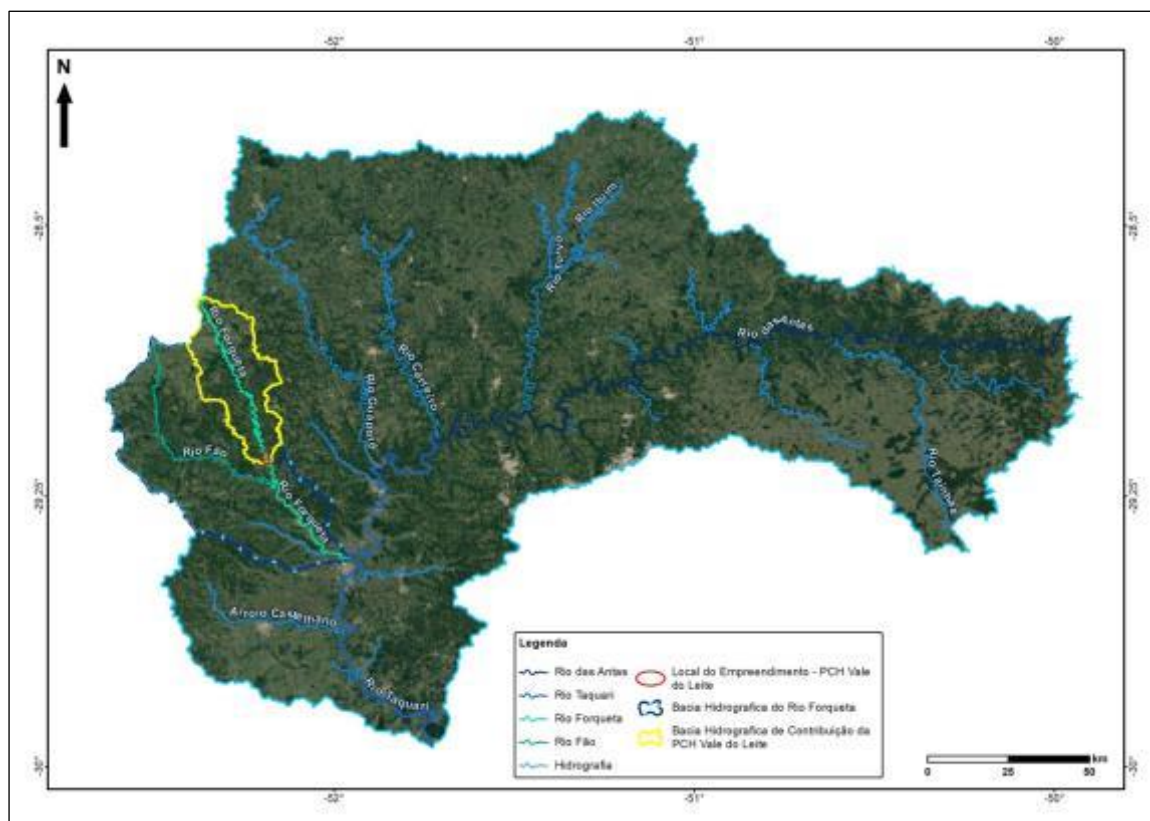


Figura 9: Projeção da Bacia G040, Taquari-Antas, com indicação da Bacia Hidrográfica do Rio Forqueta e Bacia Hidrográfica da PCH Vale do Leite. Fonte: Adaptado de Secretaria Estadual do Meio Ambiente – SEMA.

A bacia do Rio Forqueta tem aproximadamente 2.840 km² (284 mil hectares) e tem o Rio Fão e o Arroio Forquetinha como os principais contribuintes. A bacia do empreendimento tem um tamanho aproximado de 730 km² (72 mil hectares) com padrão de drenagem retangular conforme apresentado na Figura 10.

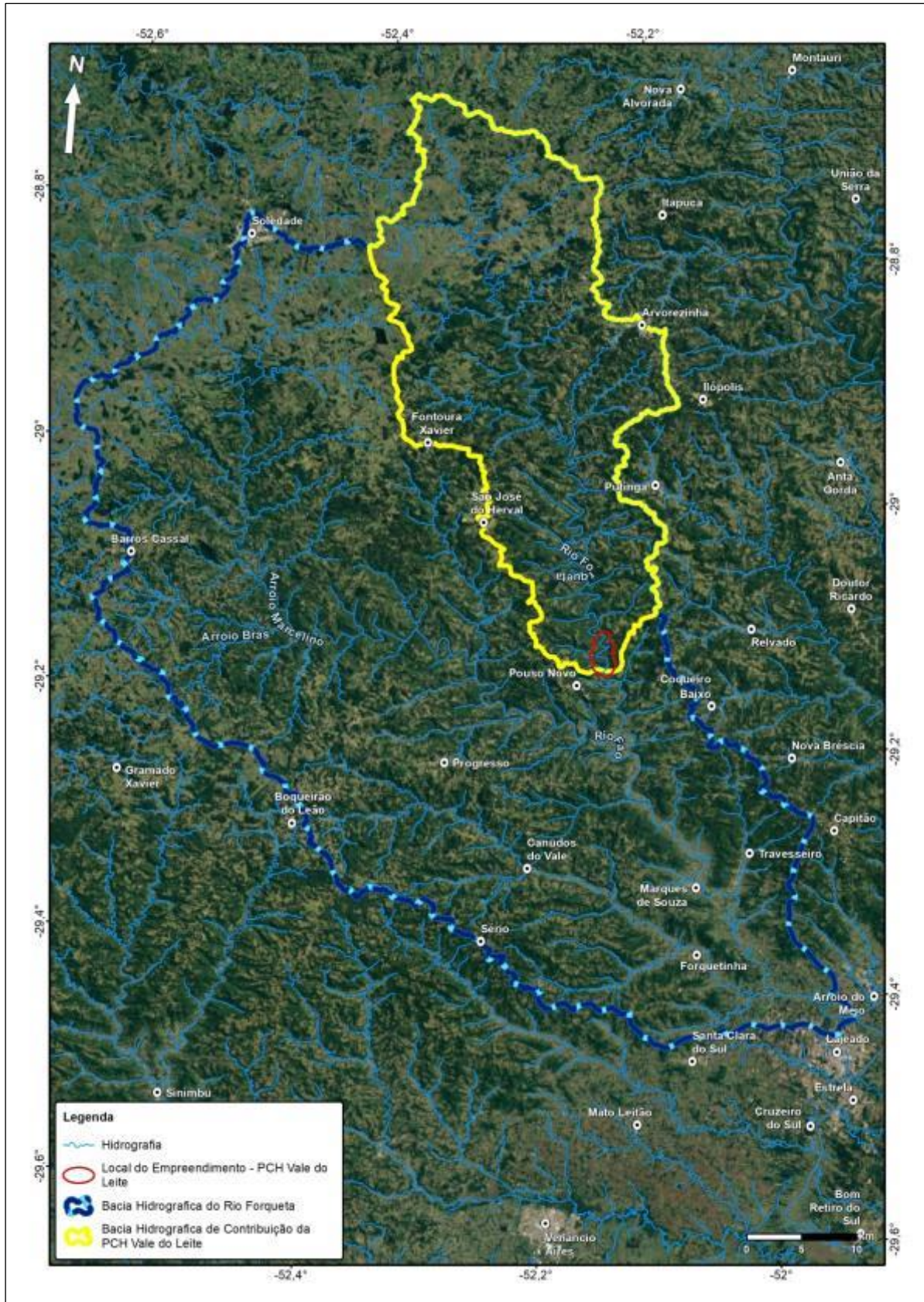


Figura 10: Bacia do Rio Forqueta mostrando o padrão retangular da hidrografia.

O padrão retangular dos rios da região se desenvolve sobre rocha vulcânica com resistência relativamente alta. A bacia hidrográfica da PCH Vale do Leite tem em sua parte norte um número levemente maior de drenagens, com áreas de declividades menos acentuadas. A porção sul da bacia tem um relevo mais abrupto e, nessa região há menos corpos hídricos por área, com menos contribuintes. A Figura 11 apresenta a bacia hidrográfica que irá abastecer a PCH.

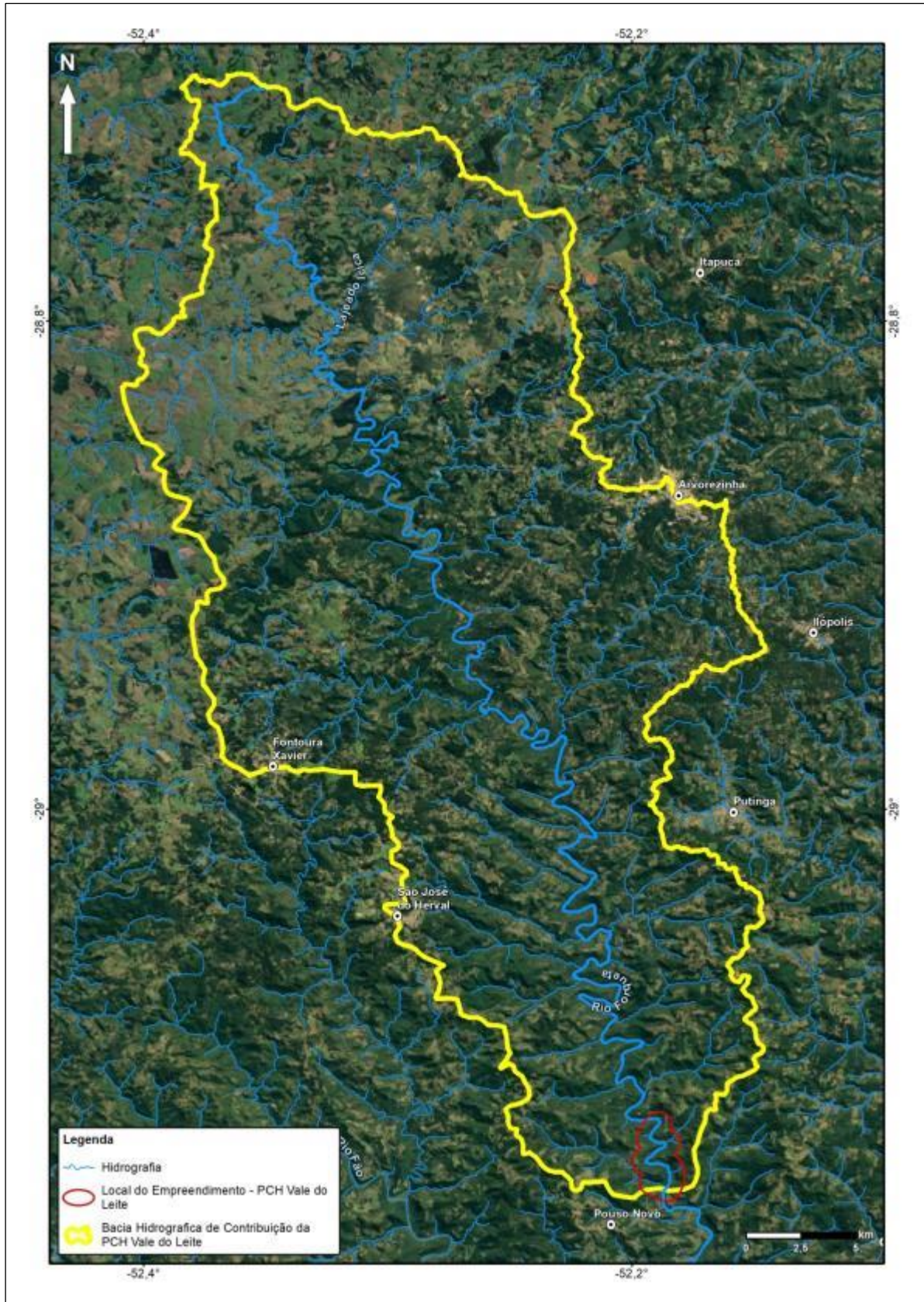


Figura 11: Bacia de contribuição do Rio Forqueta até o ponto previsto para o barramento da PCH Vale do Leite.

O barramento da PCH Vale do Leite foi projetado com a casa de força no “pé” da barragem. Dessa forma, não haverá alça de vazão reduzida. Uma projeção sobre a imagem do Google Earth da casa de força, barramento e da linha do alague mostra a configuração do empreendimento na Figura 12.

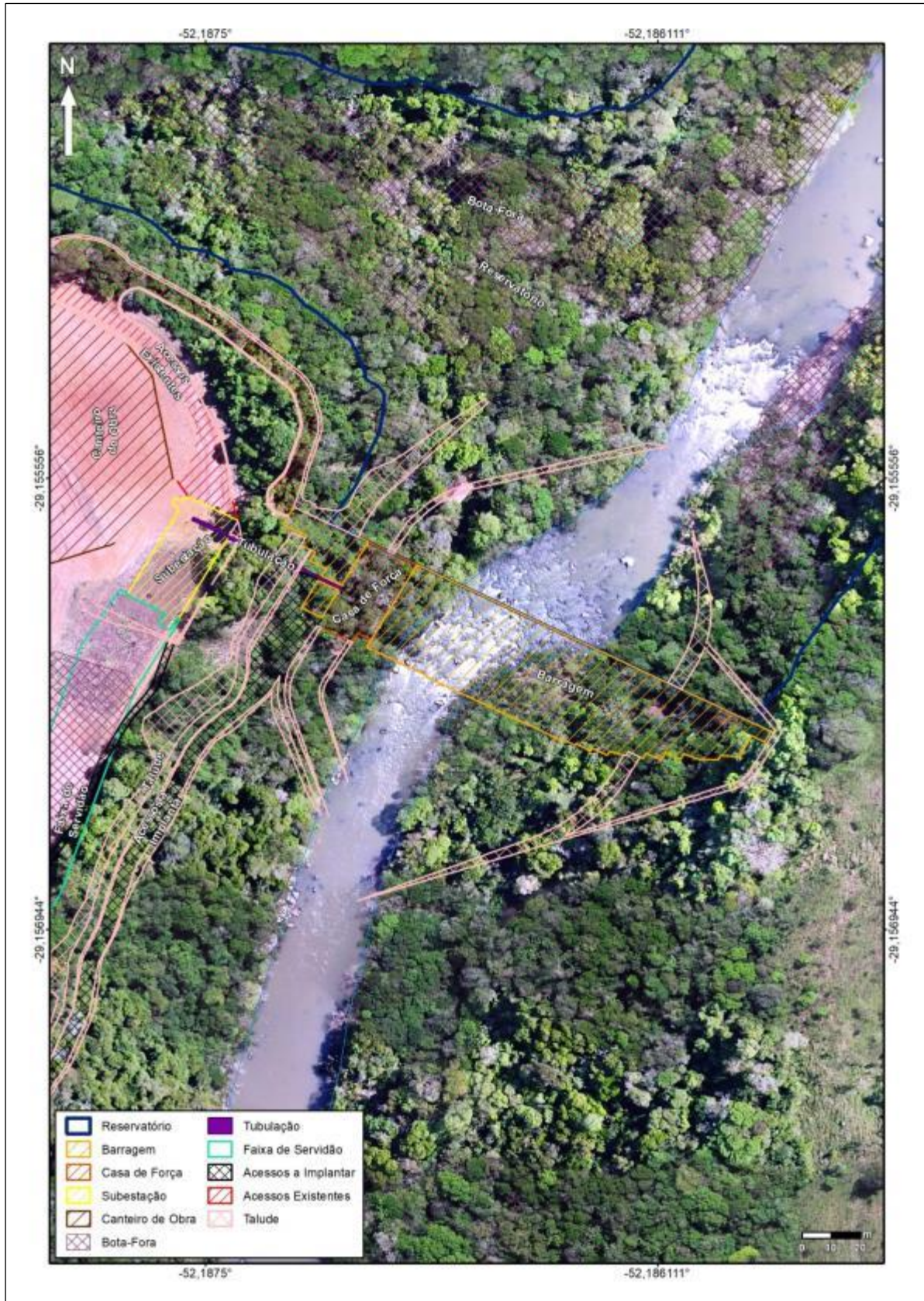


Figura 12: Projeção das estruturas do barramento sobre imagem aérea.

De uma forma geral, o número levemente menor de ocorrência dos recursos hídricos no setor Sul da bacia de contribuição da PCH Vale do Leite está relacionada à geomorfologia, onde nesse setor se dá o estreitamento da linha divisora de águas da bacia de contribuição. Os vales mais aprofundados nessa região direcionam todo o volume de água captado por precipitação ou por vertentes por esses espaços por conta das declividades elevadas, o escoamento se dá de maneira mais rápida nas porções ao sul.

8.1.2.3 Caracterização da rede hidrográfica e aspectos fisiográficos

O rio em questão é um dos tributários da bacia hidrográfica do Atlântico trecho Sudeste. Pertence a sub-bacia 86, que tem como principais rios: o Taquari, Antas, Guaporé, da Prata, Turvo, dentre outros menos expressivos. O rio Forqueta tem sua nascente no planalto próximo ao município de Soledade. Seu divisor d'água no flanco noroeste/oeste se dá contíguo à sub-bacia 85, próximo as nascentes dos rios Jacuí e Pardo. Pelo flanco nordeste, a bacia do Forqueta é adjacente a bacia do rio Guaporé, e rumando mais ao sul, ocorre limite com a bacia do rio Putinga. O principal afluente do Rio Forqueta é o Rio Fão, que ocorre pela margem direita (Figura 13). Próximo à foz, e também pela margem direita, há o arroio Forquetinha, porém de menor expressividade.

O curso do Rio Forqueta desenvolve-se no sentido noroeste-sudeste até a cidade de Lajeado, onde atinge sua foz no Rio Taquari, desaguando neste por sua margem direita. Em geral o rio não apresenta concentração de queda acentuada, nota-se baixa declividade intercalada por inúmeras corredeiras e remansos naturais. O substrato geológico é de origem basáltica.

A bacia hidrográfica está inserida em uma região de elevado índice pluviométrico. O rio se desenvolve numa configuração regional de relevo acidentado, sendo o vale bastante encaixado e com forte e constante declividade. Ao todo a bacia do Rio Forqueta remonta área de drenagem total de 2840 km² e 127 km de extensão, podendo ser considerado um rio de médio porte.

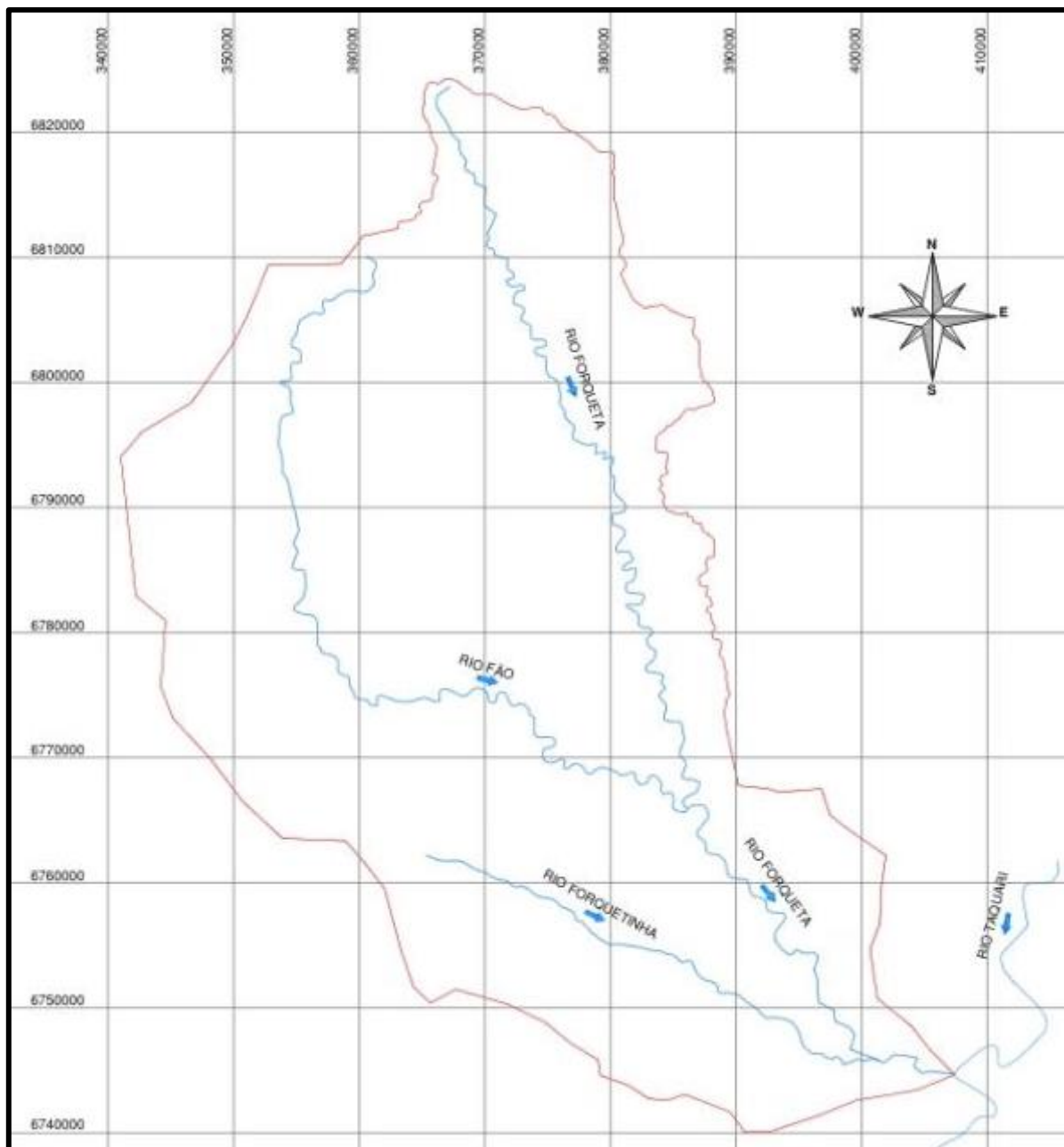


Figura 13: Rio Forqueta e principais afluentes.

8.1.2.3.1 Área de drenagem

Buscou-se reconstituir a série de vazões médias mensais, visando à análise energética das usinas e definindo o regime do Rio Forqueta, junto ao posto localizado na mesma calha do rio. O posto utilizado como base nos estudos foi o Passo do Coimbra (cód. 86745000).

Visando conferir e consolidar os dados, as áreas de drenagem da estação base e do eixo do aproveitamento PCH Vale do Leite foram replanimetradas das

cartas do IBGE (escala de 1:50.000) que cobrem toda a bacia, utilizando o software AUTOCAD. Seguem as áreas obtidas:

- Área do posto base Passo do Coimbra (replanimetrada das cartas): 793,80 km²;
- Área do posto base Passo do Coimbra (dados oficiais ANA): 791,00 km²;
- Área de drenagem da PCH Vale do Leite: 730,00 km².

Como a diferença encontrada entre a área replanimetrada e a oficial do posto base é da ordem de 2,80 km², isto é, a área encontrada é 0,35% maior do que a área oficial, diferença considerada muito pequena. Sendo assim, adotamos como área de drenagem do posto base a área oficial constante na monografia da estação Passo do Coimbra da ANA.

Para a caracterização da forma de uma bacia, são utilizados índices que buscam associá-la com formas geométricas conhecidas, conforme pode ser visto a seguir.

8.1.2.3.2 Índice de compacidade

O índice ou coeficiente de compacidade, K_c , é a relação entre o perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de área igual à da bacia, ou seja:

$$K_c = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Onde:

P: perímetro da bacia, em km;

A: área de drenagem da bacia, em km²;

$$K_{c(\text{PCH Vale do Leite})} = \frac{0,28 \times 152,71}{(730,00)^{0,5}} = 1,583$$

O índice de compacidade é uma medida do grau de irregularidade da bacia, já que para uma bacia circular ideal ele é igual a 1,0. Desde que outros fatores não interfiram, quanto mais próximo da unidade for o índice de compacidade,

maior será a potencialidade de ocorrência de picos elevados de enchentes. (fonte: diretrizes de projeto básico).

8.1.2.3.3 Índice de conformação ou fator de forma

O índice de conformação ou fator de forma, K_f , é a relação entre a área da bacia hidrográfica e o quadrado de seu comprimento axial, medido ao longo do curso d'água principal, desde a foz até a cabeceira mais distante, próxima do divisor de águas da bacia.

Então:

$$K_f = \frac{A}{L^2}$$

Onde:

L: comprimento axial da bacia, ou comprimento total do curso d'água principal, em km;

A: área de drenagem da bacia, em km².

$$K_{f(\text{PCH Vale do Leite})} = \frac{730,00}{(75,28)^2} = 0,129$$

O índice de conformação relaciona a forma da bacia com um retângulo. Numa bacia estreita e longa, a possibilidade de ocorrência de chuvas intensas cobrindo, ao mesmo tempo, toda sua extensão é menor que em bacias largas e curtas. Desta forma, para bacias de mesmo tamanho, será menos sujeita a enchentes aquela que possuir menor fator de forma. (fonte: diretrizes de projeto básico).

8.1.2.3.4 Densidade de drenagem

A densidade de drenagem, D_d , é a relação entre o comprimento total dos cursos d'água de uma bacia e a sua área total. Este índice fornece uma indicação da eficiência da drenagem, ou seja, da maior ou menor velocidade com que a água deixa a bacia hidrográfica. Este índice não considera a capacidade de vazão

dos cursos d'água que, no caso de ser insuficiente, pode vir a provocar um efeito de represamento, reduzindo a eficiência de drenagem.

$$D_d = \frac{L_r}{A}$$

Onde:

LT: comprimento total dos cursos d'água da bacia, em km;

A: área de drenagem da bacia, em km².

$$D_{d(\text{PCH Vale do Leite})} = \frac{800,21}{730,00} = 1,096 \text{ km/km}^2$$

Desde que outros fatores não interfiram, se numa bacia houver um número grande de tributários, tal que a densidade de drenagem seja superior a 3,5 km/km², o deflúvio atingirá rapidamente o curso d'água principal e haverá, provavelmente picos de enchentes altos e deflúvios de estiagem baixos. Diz-se que essas bacias são bem drenadas. Quando este índice for da ordem de 0,5 km/km², a drenagem é considerada pobre. (fonte: diretrizes de projeto básico).

8.1.2.3.5 Declividade do rio

A velocidade de escoamento de um rio depende da declividade dos canais fluviais. Quanto maior a declividade, maior será a velocidade de escoamento e mais pronunciados e estreitos serão os hidrogramas das enchentes. Foi considerada para este estudo a declividade média, obtida dividindo-se o desnível entre a nascente e a foz pela extensão total do curso d'água principal. (fonte: diretrizes de projeto básico).

$$S = \frac{H}{L}$$

Onde:

S: declividade média, em m/km;

H: diferença entre cotas do ponto mais afastado e o considerado (m);

L: comprimento total do curso d'água principal, em km.

$$S_{\text{(PCH Vale do Leite)}} = \frac{198,10}{75,28} = 2,631 \text{ m/km}$$

8.1.2.3.6 Tempo de concentração

O tempo de concentração mede o tempo necessário para que toda a bacia contribua para o escoamento superficial numa seção considerada, ou seja, é o tempo em que a gota que se precipita no ponto mais distante da seção transversal considerada de uma bacia leva para atingir essa seção. Para o cálculo do tempo de concentração da bacia envoltória ao empreendimento, recomenda-se a adoção da fórmula do *Soil Conservation Service* (fonte: diretrizes de projeto básico).

$$t_c = 0,95 \cdot \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0,385}$$

Onde:

Tc: tempo de concentração, em horas;

H: diferença entre cotas do ponto mais afastado e o considerado, em m;

L: comprimento axial da bacia, em km.

$$t_{c(\text{PCH Vale do Leite})} = 0,95 \times \left(\frac{75,28^3}{198,10} \right)^{0,385} = 18,238 \text{ horas}$$

O resumo das principais características da Bacia pode ser visualizado na Tabela 5.

Tabela 5: Resumo da Caracterização Fisiográfica da Bacia Hidrográfica da PCH Vale do Leite.

BACIA	K _c	K _f	D _d (km/km ²)	S (m/km)	t _c (horas)
PCH Vale do Leite	1,583	0,129	1,096	2,361	18,238

8.1.2.3.7 Circulação atmosférica

O conhecimento do comportamento climático da região em que está inserida a bacia hidrográfica é de suma importância para se efetuar uma avaliação hídrica consistente, por ser o elemento motor de todo o ciclo hidrológico.

Assim como toda a Região Sul do Brasil, o território sul-rio-grandense situa-se em zona climaticamente de transição e, por isso, as principais características climáticas da área de estudo refletem a participação tanto dos Sistemas Atmosféricos Extratropicais (massas e frentes polares) quanto dos Intertropicais (massas tropicais e Correntes Perturbadas), embora os primeiros exerçam o controle dos tipos de tempo.

Assim, a posição subtropical faz com que a região seja área de confronto periódico entre forças opostas, provocado pelo avanço sistemático dos Sistemas Atmosféricos de origem polar em direção aos polares tropicalizados (Massa Polar Velha - MPV) ou aos sistemas de origem tropical (Massa Tropical Atlântica ou Continental), proporcionando a distribuição das chuvas durante todo o ano, motivada pelas sucessivas passagens frontais, sem ocorrência de estação seca no regime pluviométrico. Entretanto, ocorre evidente variabilidade têmporo-espacial das precipitações, ocasionando episódios de longas estiagens ou de enchentes, que podem acontecer em qualquer época do ano e que refletem alterações na habitualidade da circulação atmosférica nas escalas regional e zonal, em parte provocadas pelos, hoje conhecidos, fenômenos de "El Niño" e "La Niña".

8.1.2.3.8 Clima local

Segundo o sistema de Köppen, o Rio Grande do Sul se enquadra na zona fundamental temperada, ou "C", e no tipo fundamental "Cf", ou temperado úmido. No Estado este tipo "Cf" se subdivide em duas variedades específicas, ou seja, "Cfa" e "Cfb" (Figura 14). A variedade "Cfa" se caracteriza por apresentar chuvas durante todos os meses do ano e possuir a temperatura do mês mais quente superior a 22°C, e a do mês mais frio superior a 3°C. A variedade "Cfb", também apresenta chuvas durante todos os meses do ano, tendo a temperatura do mês mais quente inferior a 22°C e a do mês mais frio superior a 3°C. Desta

forma, de acordo com a classificação de Köppen, o Estado fica dividido em duas áreas climáticas: "Cfa" e "Cfb", sendo que a variedade "b" se restringe ao planalto basáltico superior e ao escudo Sul-Rio-Grandense, enquanto que as demais áreas pertencem à variedade "a", conforme o mapa.

A temperatura média anual do Estado não é superior a 18°C. Desta forma, as isotermas anuais são típicas da Zona Temperada e sua distribuição no Rio Grande do Sul está estreitamente condicionada à latitude, maritimidade (posição) e, principalmente, ao relevo (fator geográfico, por excelência; Figura 15). A temperatura em torno de 18°C está compreendida, no Rio Grande do Sul, entre 300 m e o nível do mar no litoral e entre 500 e 200 m no interior. A temperatura anual de 16°C abarca as áreas mais elevadas do Planalto das Araucárias, entre 750 e 700 m de altitude. A temperatura de cerca de 14°C compreende os locais muito elevados sobre o planalto, principalmente, sobre a superfície de Vacaria, acima de 1.000 m.

Pontualmente, observa-se temperaturas mínimas extremas, com invernos rigorosos e recorrentemente ocorrem geadas e o congelamento da água nas encostas.

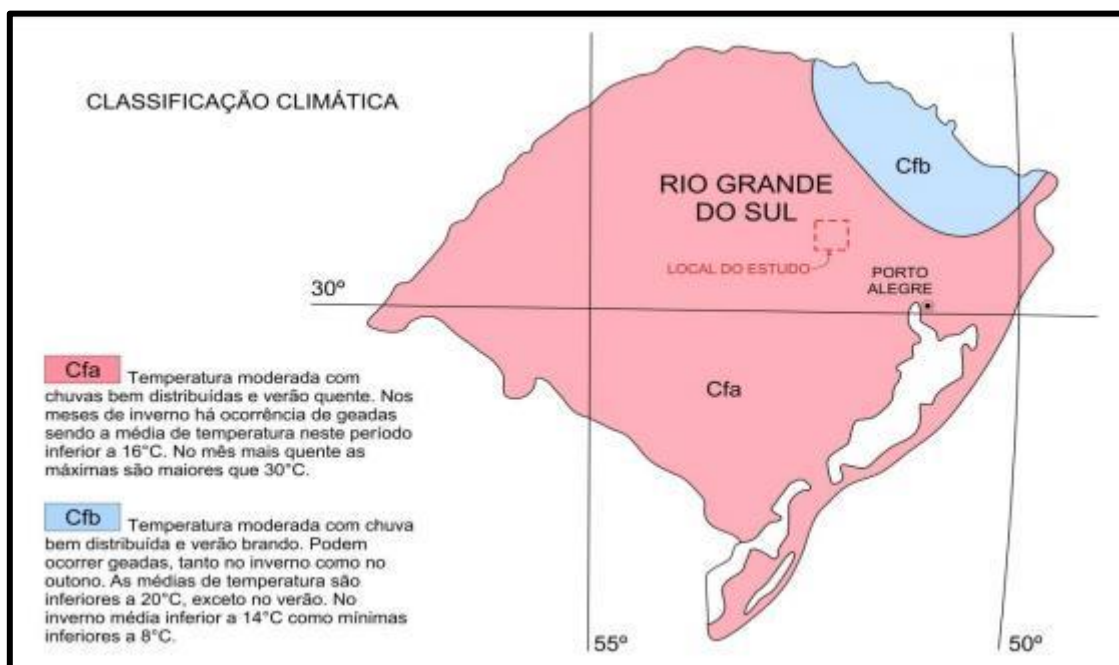


Figura 14: Divisão climática do estado segundo a classificação de Köppen.

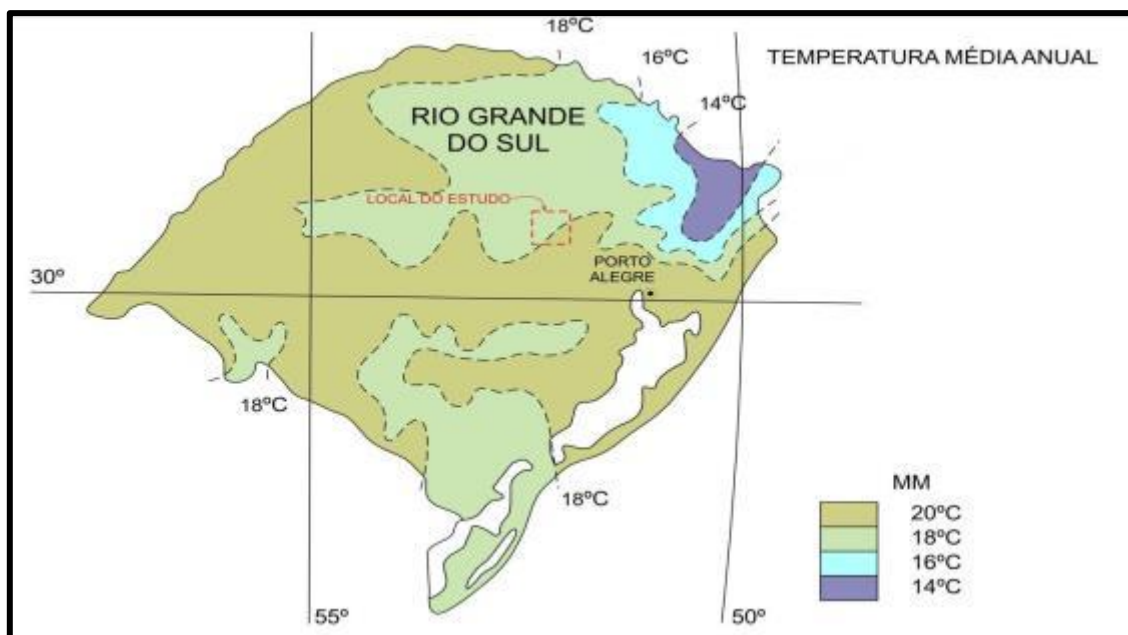


Figura 15: Principais isotermas, com a distribuição da temperatura média anual.

8.1.2.3.9 Temperatura e umidade relativa do ar

Para efeito da caracterização climatológica da bacia do Rio Forqueta, foi efetuada uma pesquisa no boletim de inventário de estações meteorológicas divulgado pela Agência Nacional das Águas. Constatou-se que dentro da bacia de interesse não há estações que definam tais características.

Portanto, o subterfúgio foi pesquisar no entorno da bacia. Assim conseguiu-se apreciar a estação Guaporé (2851011), que se localiza vizinho a bacia do Rio Forqueta e caracteriza bem a região. Esta estação apresenta período de observações de março de 1961 até novembro de 1978. Na Figura 16 são apresentados os dados representativos do regime de temperaturas do ar regional. Nota-se que os dados revelam que a região apresenta invernos severos e verões quentes.

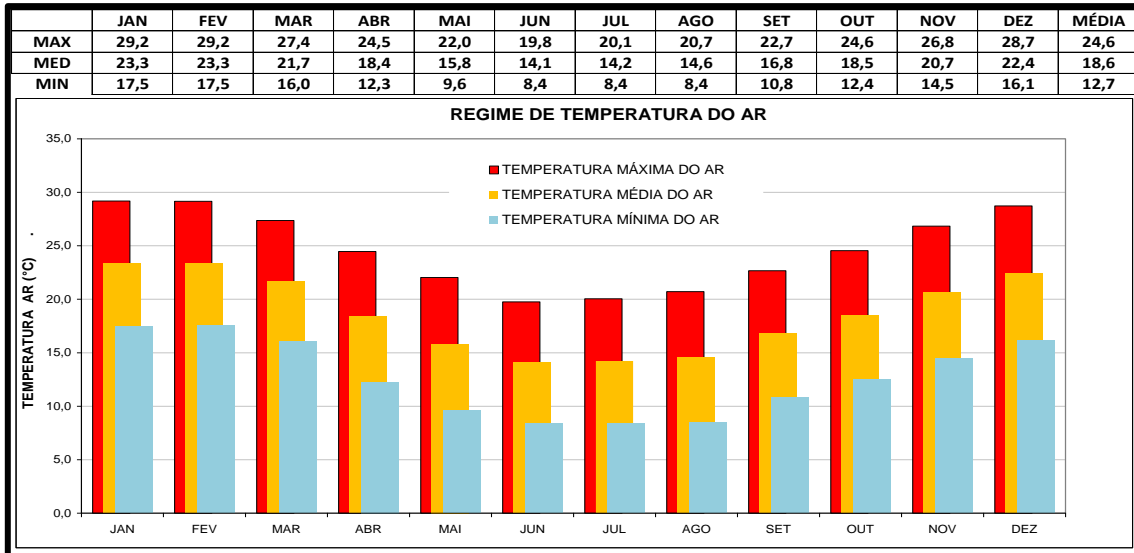


Figura 16: Regime de temperatura do ar baseado na estação climatológica Guaporé (2851011).

Na sequência tem-se o regime de umidade relativa do ar, apresentando pequena variação em relação à média (Figura 17). Há uma suave diminuição na umidade relativa do ar nas épocas mais quentes do ano.

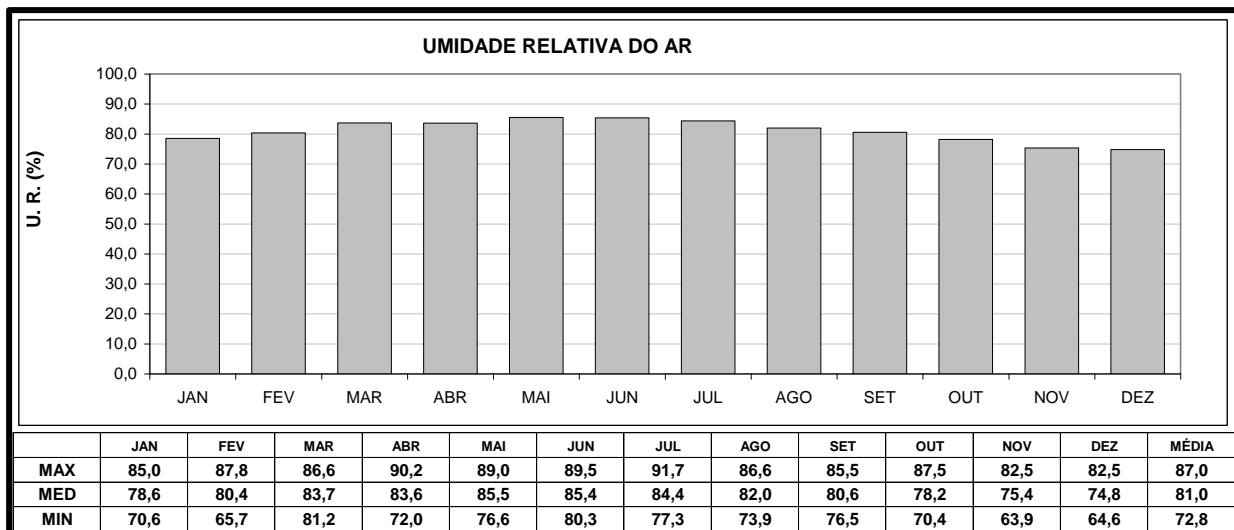


Figura 17: Regime de umidade relativa do ar baseado na estação climatológica Guaporé (2851011).

Também foi possível compilar o regime de evaporação do ar medido em tanque de evaporação (Figura 18). Há um perceptível acréscimo da evaporação nas épocas mais quentes do ano.

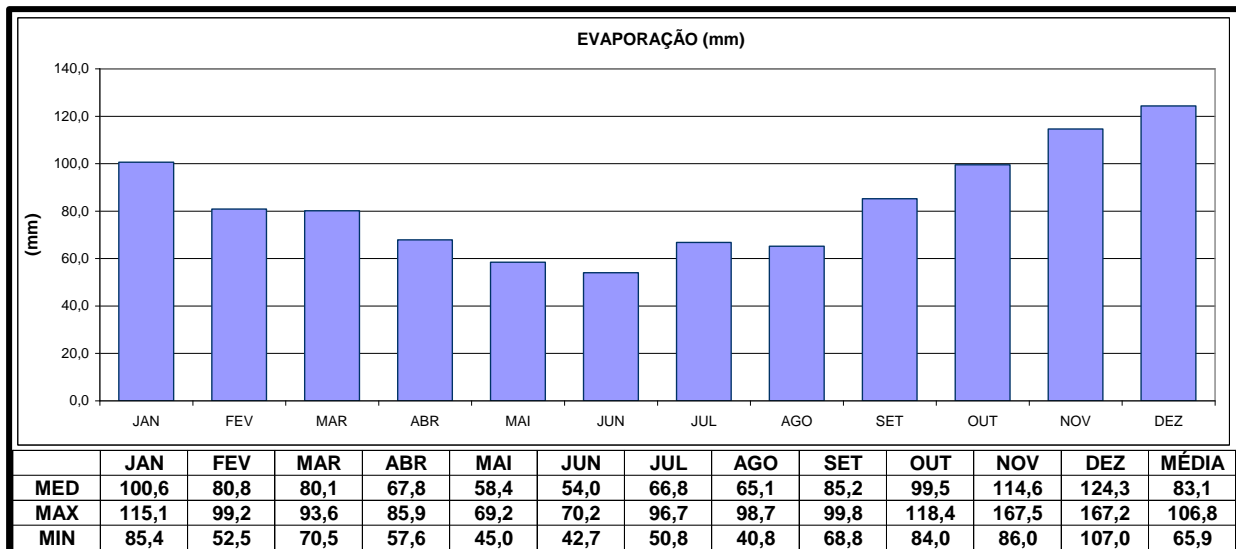


Figura 18: Regime de evaporação do ar baseado na estação climatológica Guaporé (2851011).

8.1.2.3.10 Precipitação e umidade

Das regiões geográficas do Globo bem regadas por chuvas, o Sul do Brasil é a que apresenta distribuição espacial mais uniforme. Ao longo de quase todo seu território a altura média da precipitação anual varia de 1.250 a 2.000mm (Figura 19).

Portanto, não há no Rio Grande do Sul nenhum lugar caracterizado por carência de chuva. O relevo regional, caracterizado por superfícies e formas simples, não interfere a ponto de criar diferenciações muito importantes na pluviometria anual.

Poucas áreas estão fora do balizamento de 1.250 a 2.000 mm. Em restrita área em torno de São Francisco de Paula, situada acima de 900m de altitude, na borda da escarpa do Planalto das Araucárias, a barlavento das correntes perturbadoras de origem polar, chove 2.500mm, aproximadamente o mais alto índice pluviométrico da Região Sul.

A região menos chuvosa, com isoietas de precipitação de 1.200 e 1.300 mm, localiza-se no litoral e no Sul do Estado, na divisa com a República Oriental do Uruguai, sendo Santa Vitória do Palmar a estação menos chuvosa, com 1.186 mm anuais.

As chuvas ocorrem bem distribuídas durante todos os meses do ano, a amplitude de variação entre os meses de máxima e mínima não chega a ser significativa para caracterizar o clima como tendo um período chuvoso e outro seco.

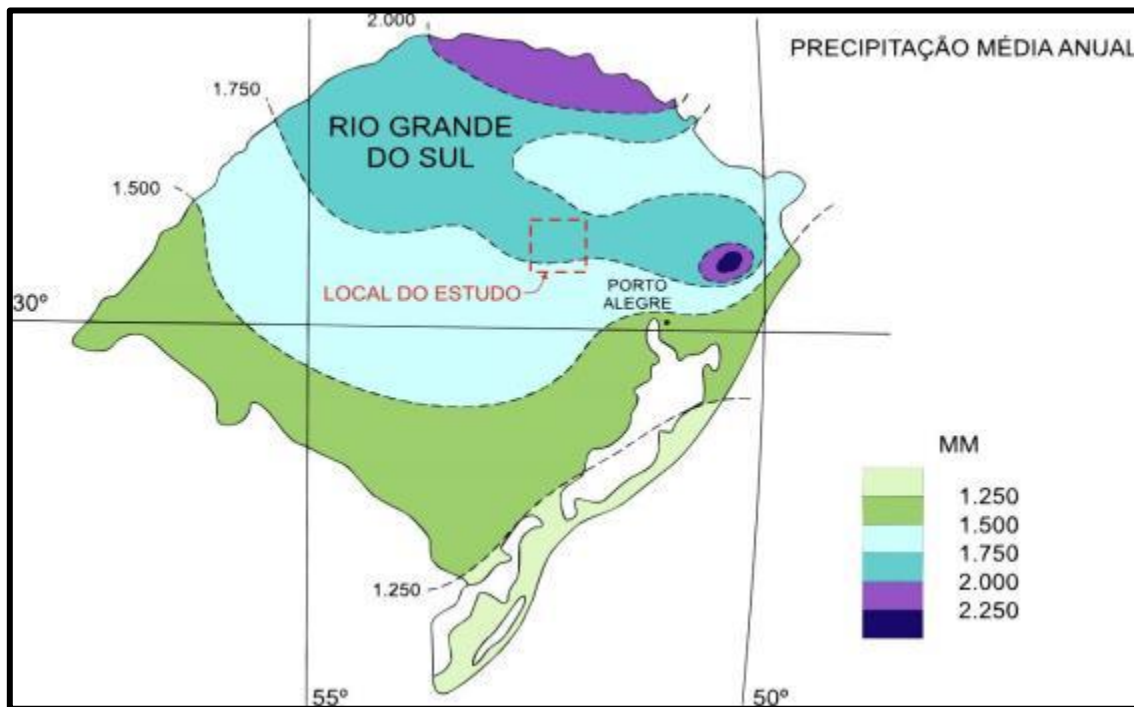


Figura 19: Principais isoietas, com a distribuição da precipitação média anual.

Visando a caracterização regional da precipitação, foi efetuada pesquisa junto ao site Hidroweb, da Agência Nacional das Águas (ANA), e localizou-se na região da bacia do Rio Forqueta 13 estações pluviométricas (Figura 20).

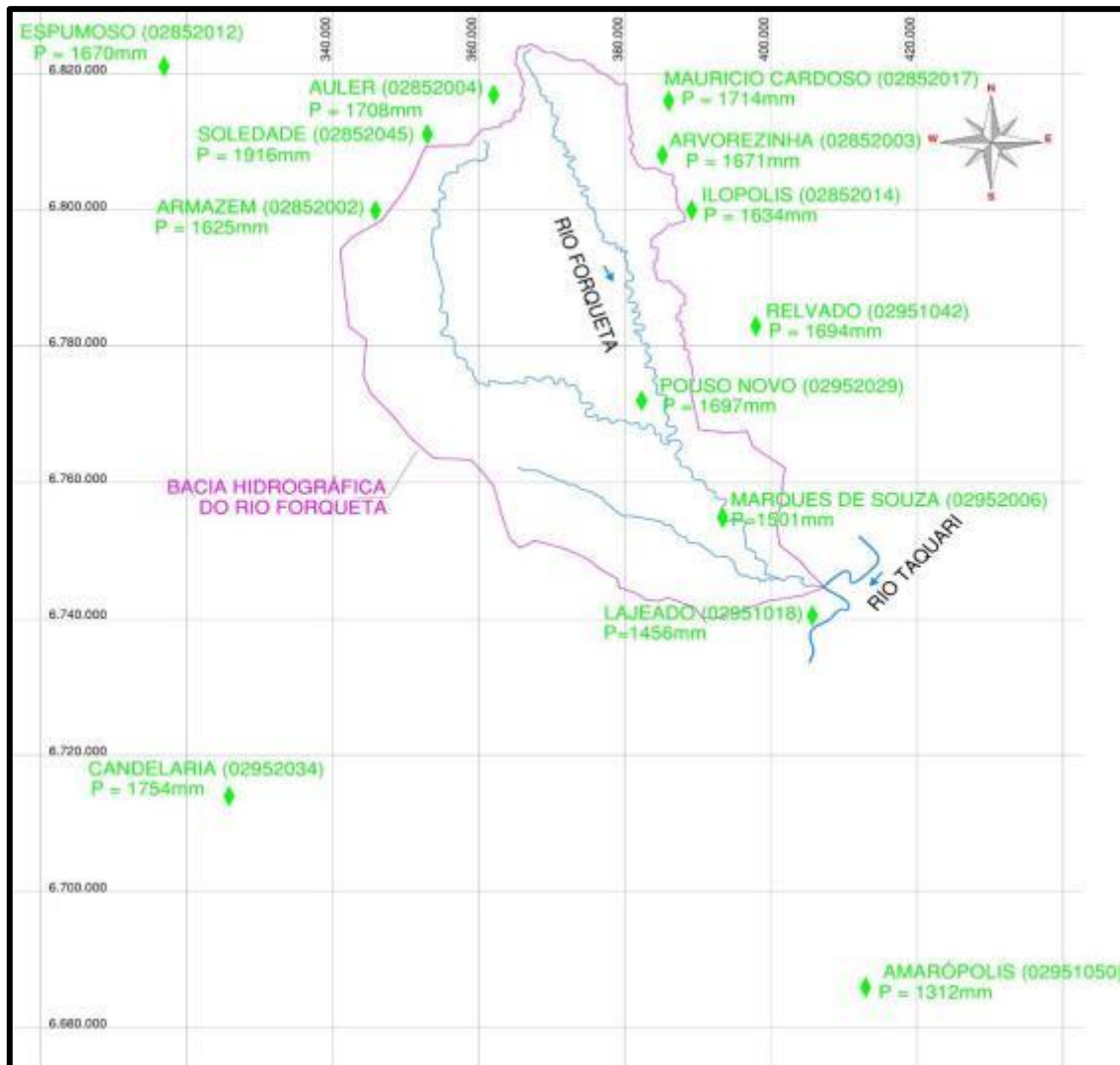


Figura 20: Localização das estações pluviométricas no entorno da bacia do rio Forqueta.

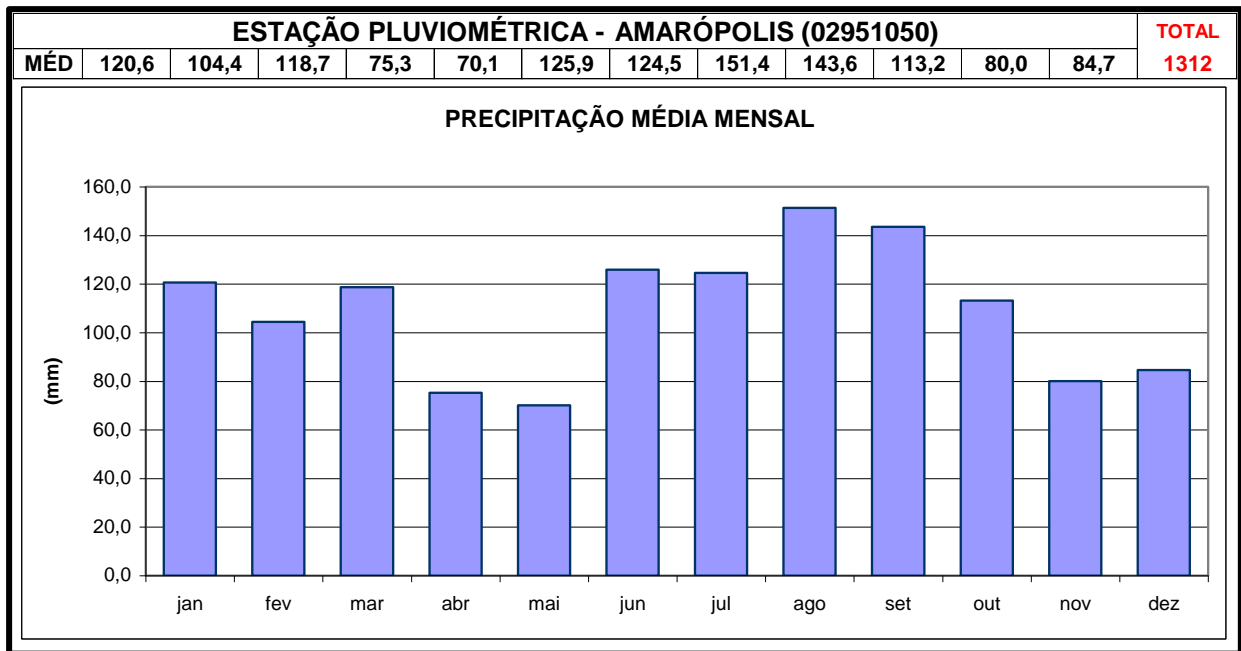


Figura 21: Índice pluviométrico estação Amarópolis (02951050) (Fonte: ANA).

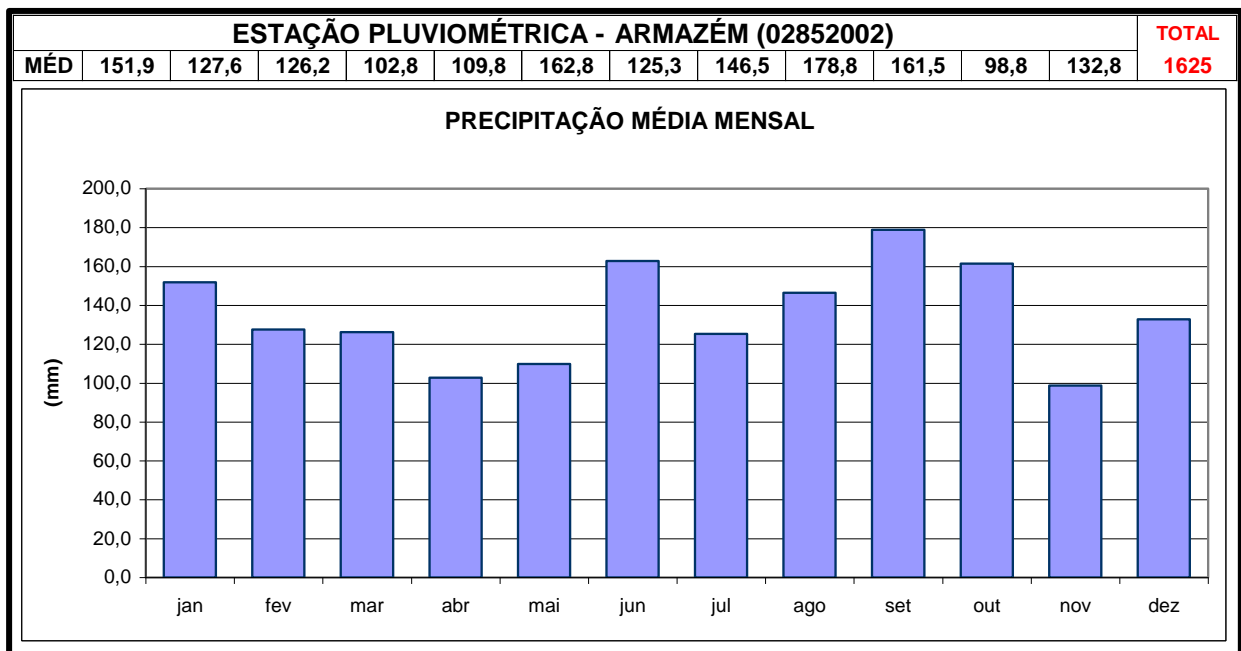


Figura 22: Índice pluviométrico estação Armazém (02852002) (Fonte: ANA).

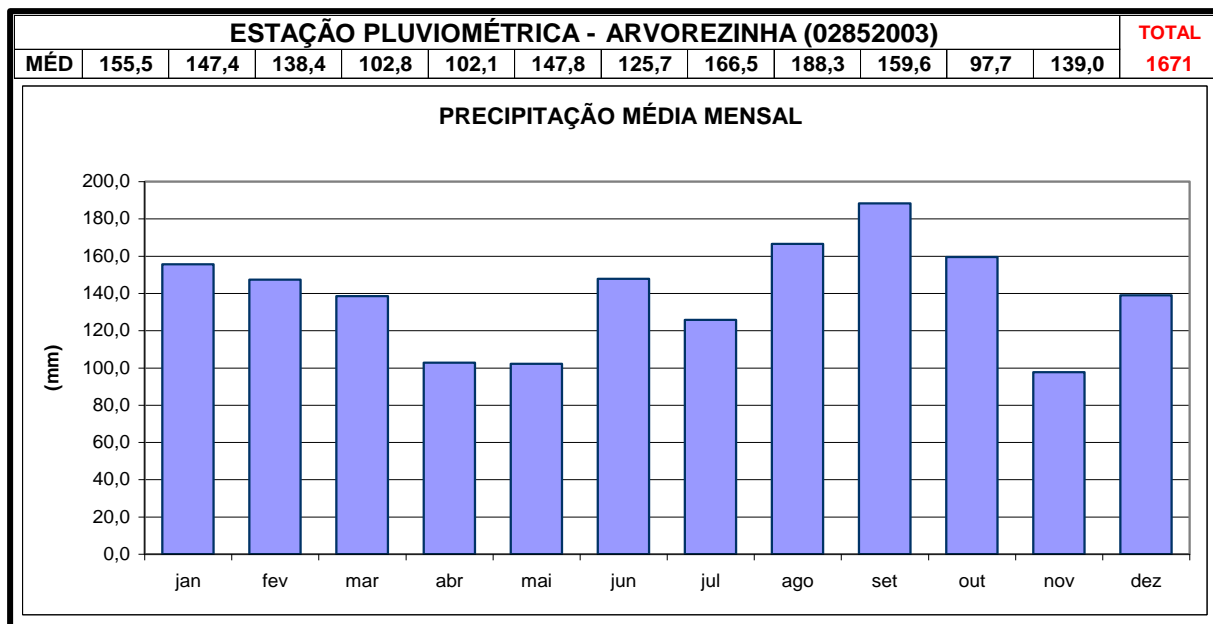


Figura 23: Índice pluviométrico estação Arvorezinha (02852003) (Fonte: ANA).

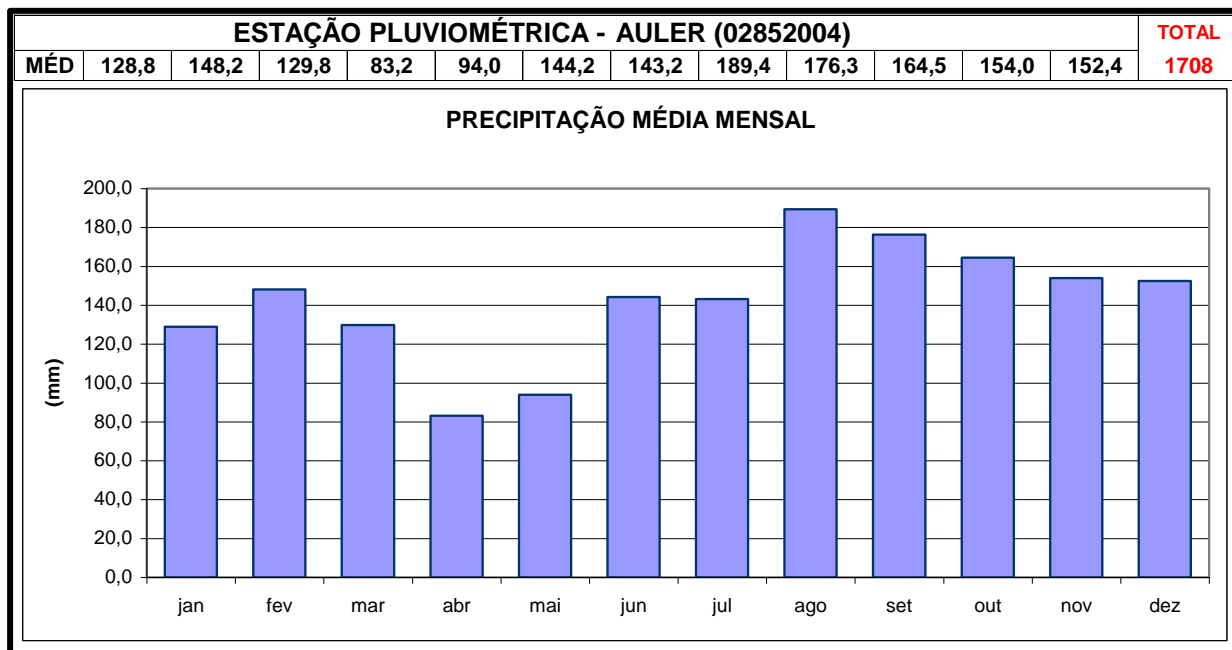


Figura 24: Índice pluviométrico estação Auler (02852004) (Fonte: ANA).

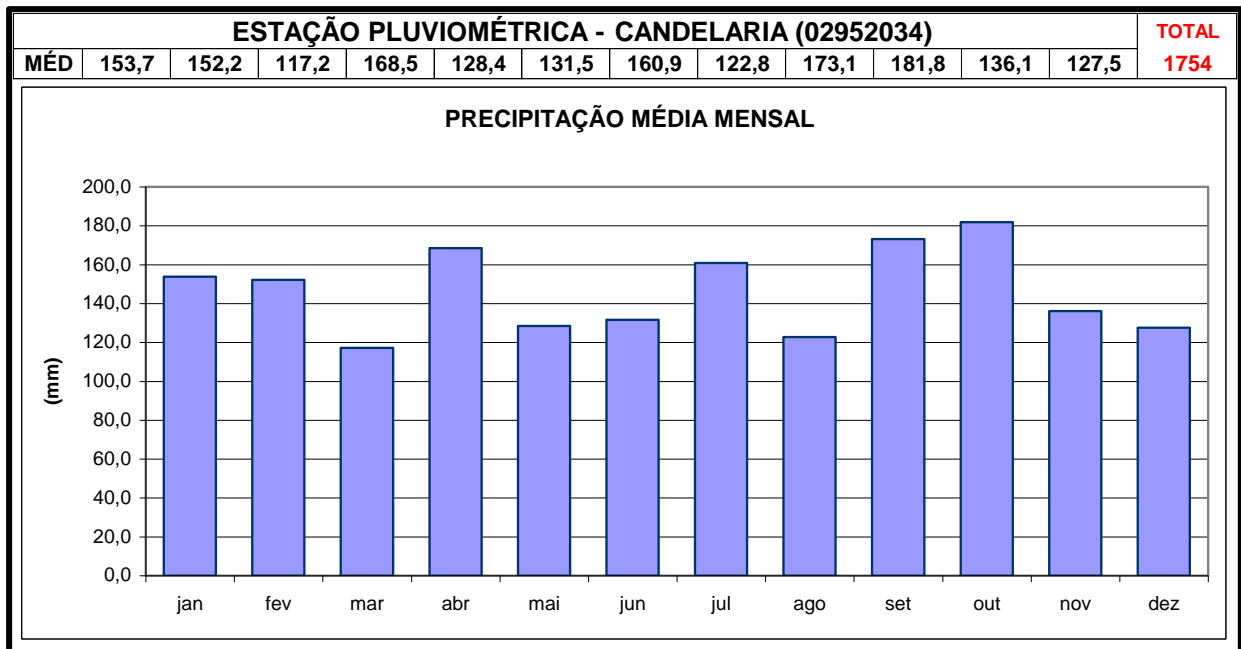


Figura 25: Índice pluviométrico estação Candelária (02952034) (Fonte: ANA).

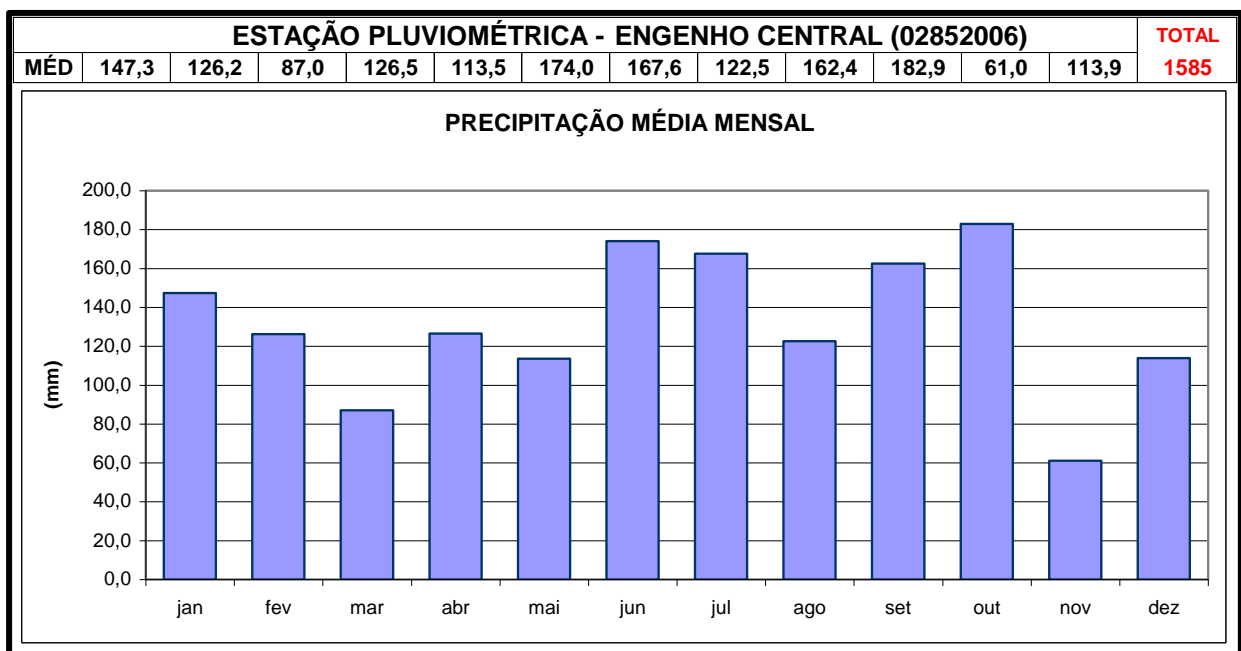


Figura 26: Índice pluviométrico estação Engenho Central (02852006) (Fonte: ANA).

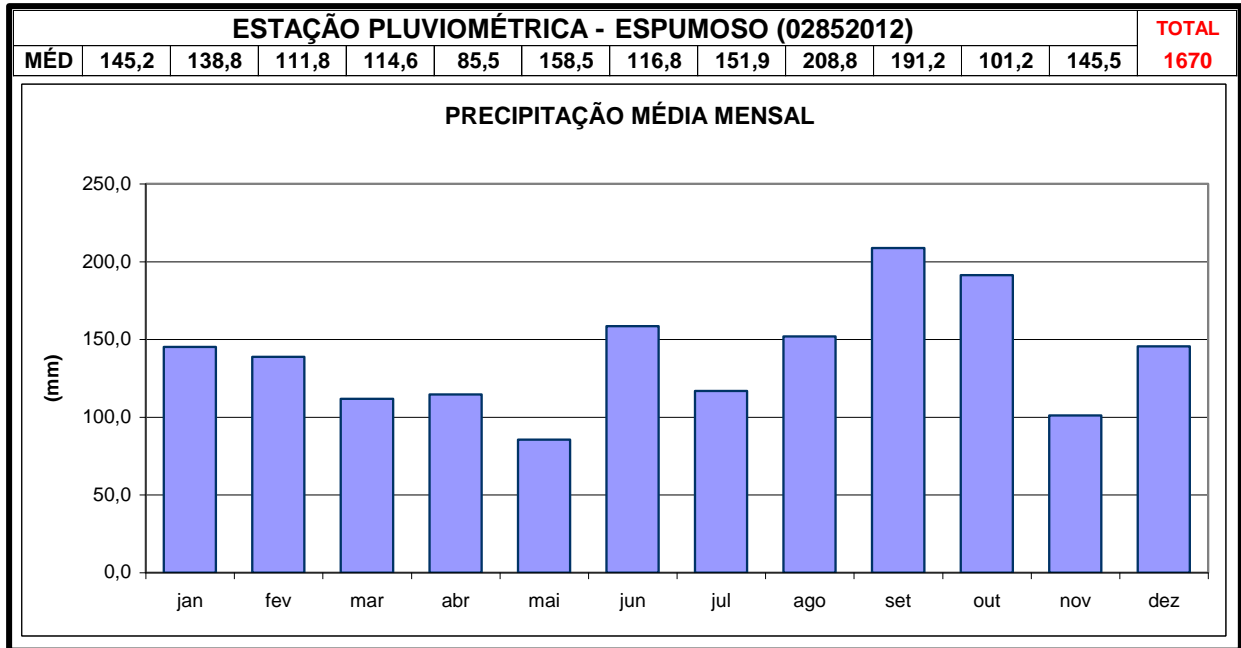


Figura 27: Índice pluviométrico estação Espumoso (02852012) (Fonte: ANA).

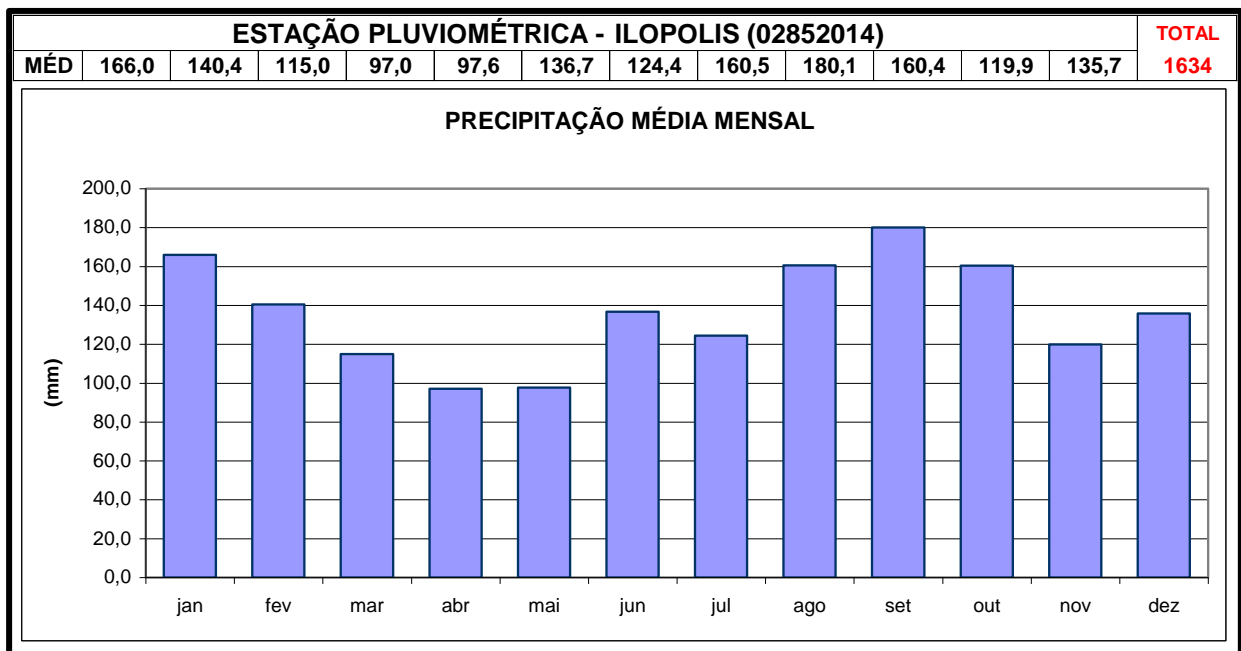


Figura 28: Índice pluviométrico estação Ilópolis (02852014) (Fonte: ANA).

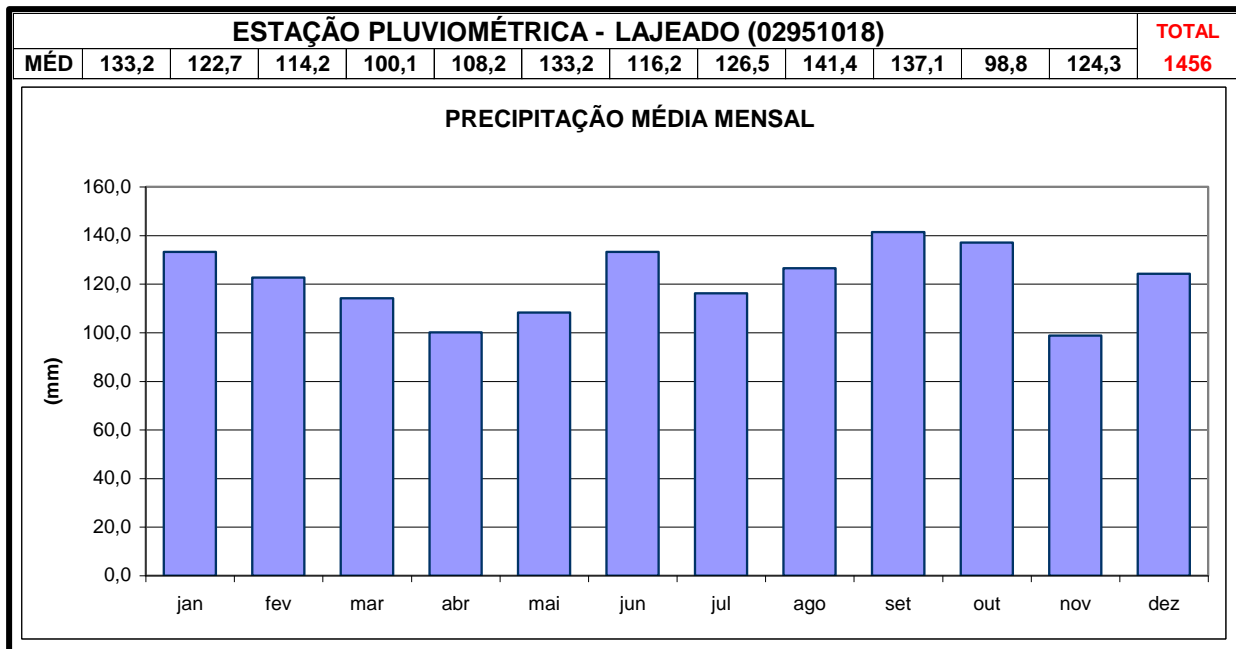


Figura 30: Índice pluviométrico estação Lajeado (02951018) (Fonte: ANA).

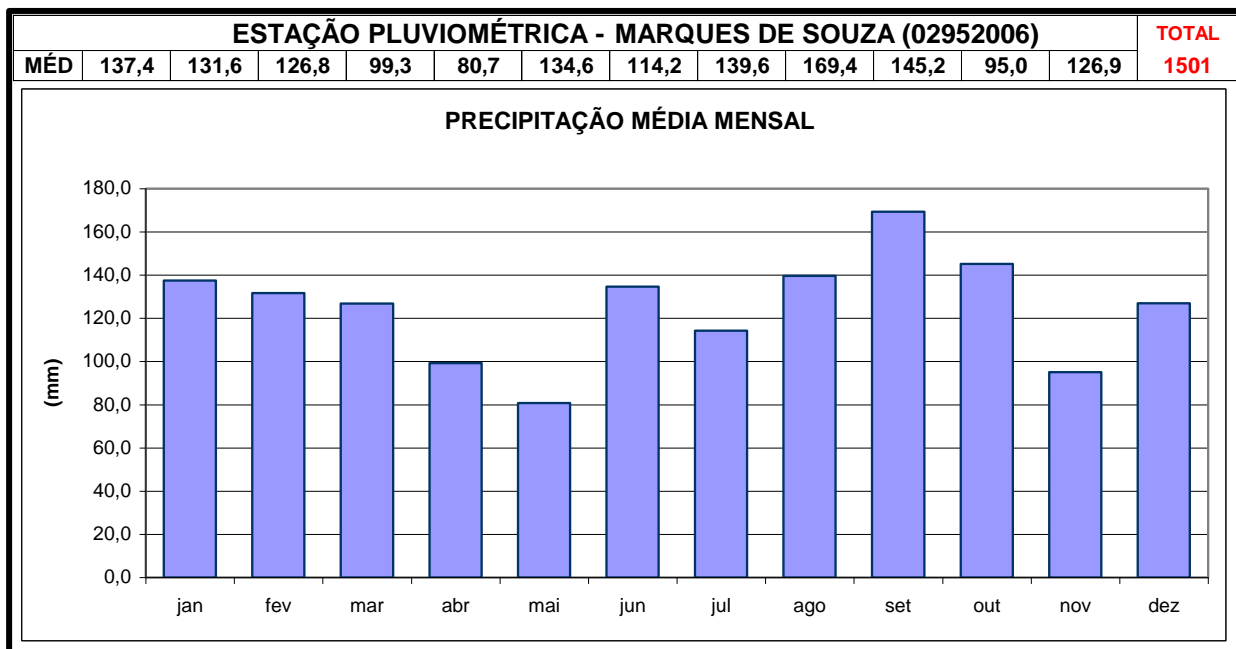


Figura 29: Índice pluviométrico estação Marques de Souza (02952006)(Fonte: ANA).

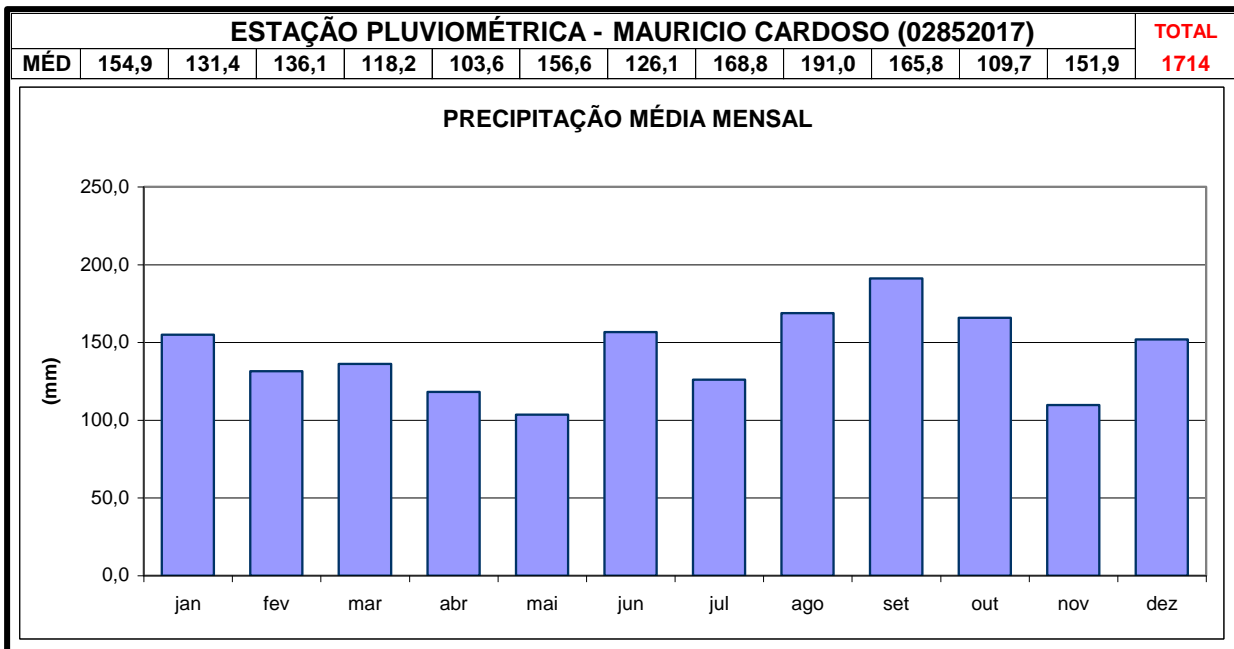


Figura 30: Índice pluviométrico estação Cardoso (02852017) (Fonte: ANA).

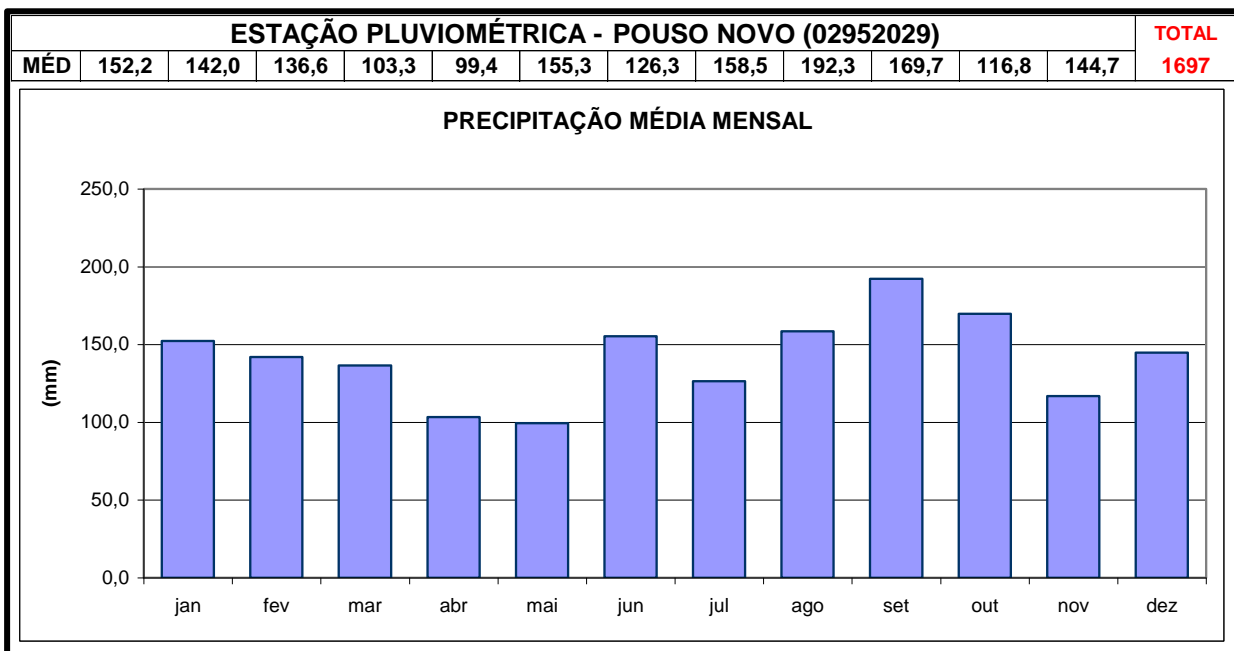


Figura 31: Índice pluviométrico estação Pouso Novo (02852029) (Fonte: ANA).

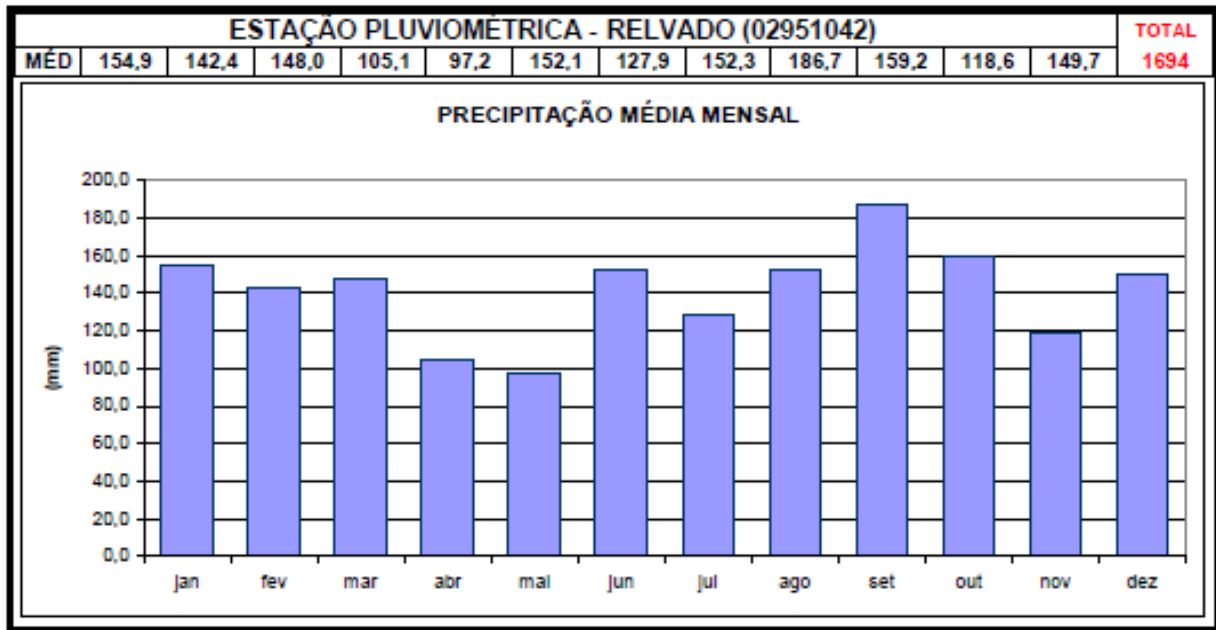


Figura 32: Índice pluviométrico estação Relvado (02951042) (Fonte: ANA).

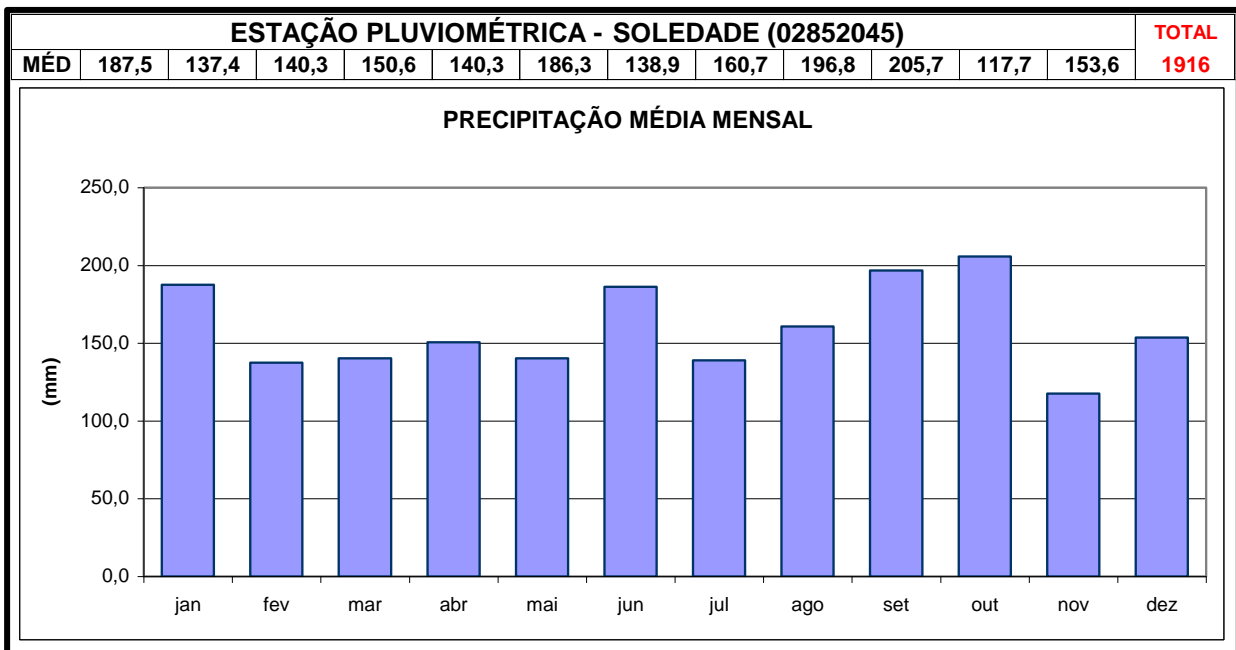


Figura 33: Índice pluviométrico estação Soledade (02852045) (Fonte: ANA).

Os dados coletados na região inferem uma precipitação média na bacia em torno de 1600 mm, sendo que não há uma sazonalidade bem definida. Portanto, não há qualquer garantia de que em determinado mês a precipitação e o regime hídrico obedeça a um valor esperado devido a configuração climática com significativas variações dentro do próprio mês.

Convém observar que os dados de chuva foram coletados e organizados a título de caracterização, entretanto não foram efetuados estudos de modelagem chuva-vazão para a configuração da série de vazões médias mensais, tendo em vista haver adequada disponibilidade de dados fluviométricos na bacia.

8.1.2.3.11 Postos fluviométricos

Os estudos hidrológicos foram desenvolvidos com base nas informações disponíveis, sendo as entidades identificadas a seguir:

- ANEEL – Inventários das estações fluviométricas;
- ANEEL – Inventários das estações pluviométricas;
- ANA - Agência Nacional de Águas.

Após consulta aos postos constantes do boletim fluviométrico, foram selecionadas inicialmente várias estações fluviométricas com base em critérios de:

- Proximidade do aproveitamento em estudo;
- Preferência estação na mesma calha do rio;
- Período disponível (maior quantidade de dados consistidos);
- Área de drenagem compatível com as recomendações do manual Eletrobrás;
- Características físicas – geologia, relevo, declividade, cobertura vegetal;
- Qualidade e consistência dos dados informados.

Os dados básicos utilizados nos estudos foram obtidos junto ao banco de dados da ANA e são de caráter consistido para todos os postos selecionados. A seleção dos postos visou definir o posto base do estudo e também outros postos que possibilitaram o preenchimento das falhas de observação, caso necessário. A figura a seguir ilustra a localização das estações fluviométricas selecionada nas proximidades da bacia do Rio Forqueta (Figura 34).

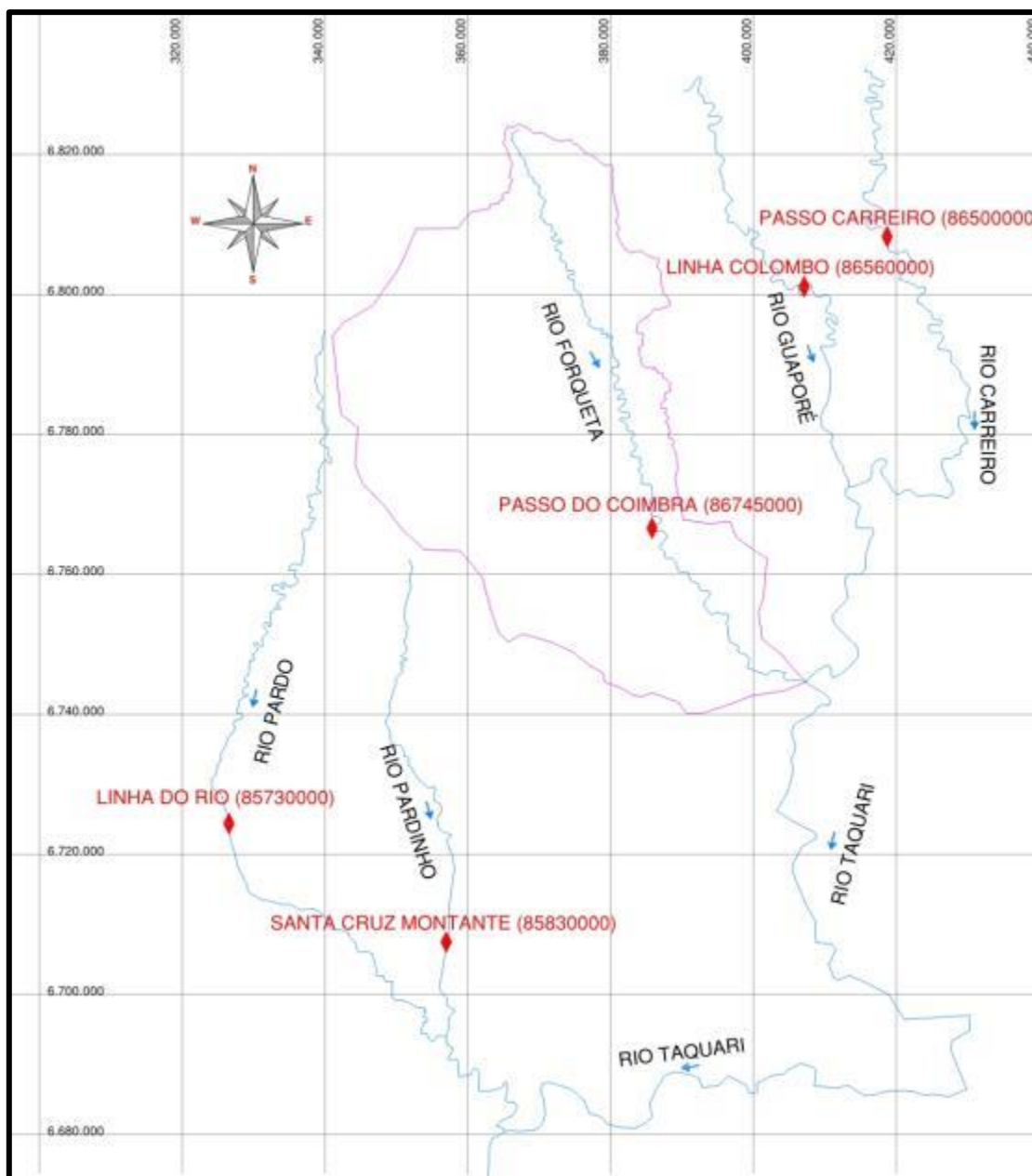


Figura 34: Estações fluviométricas selecionadas.

A Tabela 6 apresenta os dados das estações fluviométricas selecionadas:

Tabela 6: Estações fluviométricas selecionadas para o estudo.

CÓDIGO	NOME DO POSTO	ENTIDADE	RIO	ÁREA DE DRENAGEM (km²)	PERÍODO DADOS CONSISTIDOS
85730000	Passo Linha do Rio	Ana	Pardo	1.220,00	11/1969 a 03/1986

CÓDIGO	NOME DO POSTO	ENTIDADE	RIO	ÁREA DE DRENAGEM (km²)	PERÍODO DADOS CONSISTIDOS
85830000	Santa Cruz-Montante	ANA	Pardinho	805,00	01/1979 a 12/2014
86500000	Passo Carreiro	ANA	Carreiro	1.820,00	11/1939 a 12/2014
86560000	Linha Colombo	ANA	Guaporé	2.030,00	11/1939 a 12/2014
86745000	Passo do Coimbra	ANA	Forqueta	791,00	08/1957 a 12/2014

A série histórica de vazões médias diárias registradas na estação fluviométrica Passo do Coimbra (86745000), entre 1957 e 2014, é a mais adequada devido à proximidade do aproveitamento, mesma calha do rio, maior similaridade climática, geomorfologia e área de drenagem compatível, sendo assim selecionado como posto base no estudo do Rio Forqueta, de acordo com os critérios citados anteriormente, por ser o posto base aprovado no estudo de inventário e também por possuir amplo histórico de dados observados.

Os dados de vazões médias mensais e monografia dos postos fluviométricos, adotados no presente estudo, foram obtidos dos dados oficiais e disponíveis do hidroweb/ANA. A Figura 35 apresenta a localização geográfica dos postos fluviométricos, e na Tabela 7 estão descritas as características dos postos.

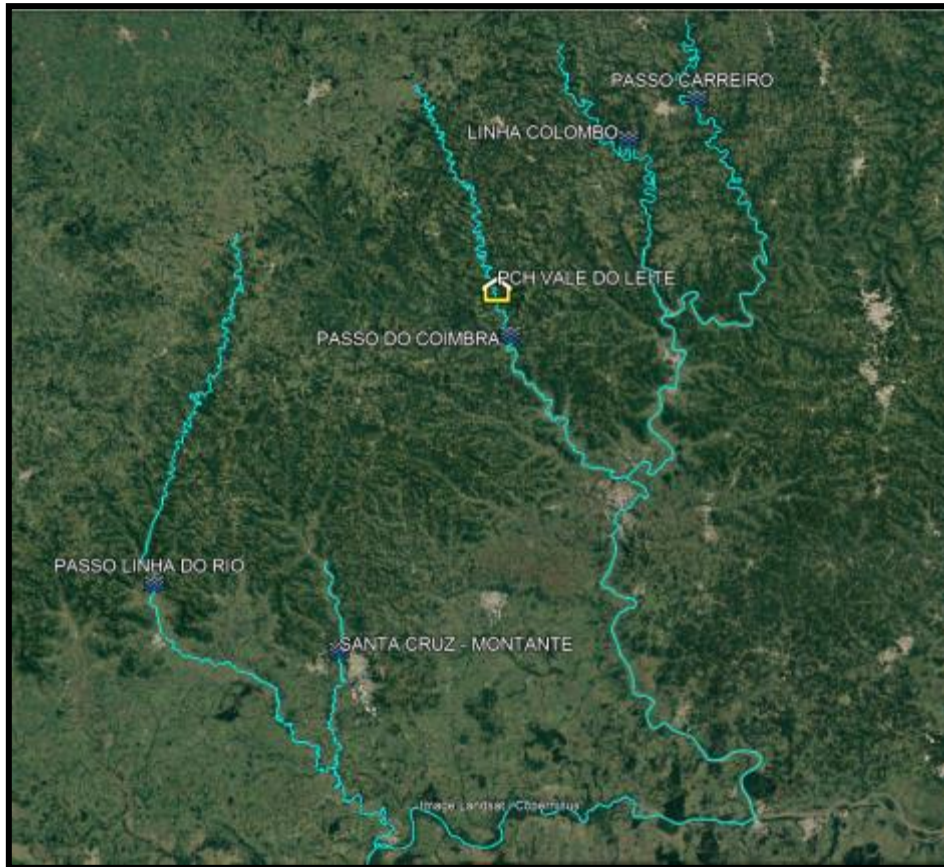


Figura 35: Localização geográfica das estações selecionadas para caracterização hidrológica em relação a PCH Vale do Leite.

Tabela 7: Descrição das características dos postos fluviométricos.

NOME ESTAÇÃO	86745000	85830000	86500000	86560000
CÓDIGO ADICIONAL	Passo Do Coimbra	Santa Cruz - Montante	Passo Carreiro	Linha Colombo
BACIA	8 - Atlântico, Trecho Sudeste	8 - Atlântico, Trecho Sudeste	8 - Atlântico, Trecho Sudeste	8 - Atlântico, Trecho Sudeste
SUBBACIA	86 - Rio Taquari	85 - Rio Jacuí	86 - Rio Taquari	86 - Rio Taquari
RIO	Rio Forqueta	Rio Pardinho	Rio Carreiro	Rio Guaporé
ESTADO	Rio Grande do Sul	Rio Grande do Sul	Rio Grande do Sul	Rio Grande do Sul
MUNICÍPIO	Pouso Novo	Santa Cruz do Sul	Guaporé	Guaporé
RESPONSÁVEL	ANA	ANA	ANA	ANA
OPERADORA	CPRM	CPRM	CPRM	CPRM
LATITUDE	-29.2161	-29.7061	-28.8489	-28.9122
LONGITUDE	-52.1622	-52.4681	-51.8325	-51.9531
ALTITUDE (M)	80	23.97	260	192
ÁREA DE DRENAGEM (KM²)	791	805	1820	2030

A seguir são apresentados os dados de vazões médias mensais dos postos fluviométricos disponíveis no hidroweb (www.ana.gov.br).

Tabela 8: Série de vazões estação fluviométrica Passo do Coimbra (86745000). Consistido, Média Diária, 08/1957 - 12/2014.

POSTO PASSO DO COIMBRA 86745000 - SÉRIE DE VAZÕES MÉDIAS MENSAIS (m ³ /s)													
ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA
1957	-	-	-	-	-	-	-	29,3	53,8	13,6	23	15,9	27,12
1958	6,16	2,57	12,8	3,23	2,29	28,7	5,27	42,2	25	64,8	10,4	41,9	20,44
1959	4,43	16,7	27,1	54,3	17,8	74,9	16,4	49,6	59,9	19,6	4,81	4,3*	29,15
1960	2,56*	4,18*	4,82*	4,81*	4,23*	19,1*	7,93	36,2	49	25,8	9,41*	4,71*	14,40
1961	5,61*	2,83*	13,7*	13,6*	6,88*	25,8*	17,7*	15,4*	104	72,3	12,6	5,96	24,70
1962	6,58	1,88	1,55	2,44	4,61	3,71	9,98	8,87	15,3	6,1	4,05	2,89	5,66
1963	11,9	9,11	7,25	5,22	3,67	11	12,8	22	63	126	20,8	16,4	25,76
1964	2,06	1,91	0,891	2,78	3,76	0,97	8,82	28,3	53	8,84	5,44	7,6	10,36
1965	5,22	1,93	2,93	2,44	4,25	6,09	7,73	42,7*	51,8*	22,5*	12,4*	31,4*	15,95
1966	10,8	45	29,9	4,59	2,47	33,5	51,6	141	145	52,6	30,9	42,3	49,14
1967	5,07	4,34	6,29	3,58	3,68	8,14	19,3	24,4	187	24,9	5,84	18,9*	25,95
1968	2,58*	2,14*	3,15*	4,25	3,41	6,74	23,7	2,53	15,4	8,00	64,4	2,2	11,54
1969	28,3	54,7	10,3	6,24	9,09	14,9	9,54	9,32	8,63	4,88	11,4	4,84	14,35
1970	3,43	6,27	10,5	2,72	65,2	58,7	29,7	16,7	7,43	17,6	3,06	18,7	20,00
1971	12,6	16,4	92,4	8,22	17	42,2	36	46,1	6,48	7,02	1,56	1,15	23,93
1972	6,49	11,6	5,91	27,8	6,63	78,3	41,9	92,9	78,8	31,7	31,3	22,4	36,31
1973	11,4	21,3	8,64	7,35	46,8	19,7	48,1	57,2	57,8	24,3	12,7	24,3	28,30
1974	16	21	19,2	4,08	13,8	72,5	10,2	10,3	8,34	3,98	6,71	15,5	16,80
1975	16,8	18,4	7,87	5,89	5,05	20	9,55	54,9	53,1	18,6	24,3	11,3	20,48

POSTO PASSO DO COIMBRA 86745000 - SÉRIE DE VAZÕES MÉDIAS MENSAIS (m³/s)

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA
1976	14,8	8,55	12,5	5,81	20,7	21,7	27,2	45,5	18,9	13,9	22,8	16	19,03
1977	9,12	8,46	14,5	17,8	5,65	14	55,4	49,5	37,1	5,62	11,7	6,87	19,64
1978	4,29	3,45	0,942	0,226	0,279	1,69	24,1	22,5	21,7	6,27	30,8	14	10,85
1979	0,88	0,899	1,22	5,97	10,2	10,8	26,3	26,1	8,26	67,5	39,4	17,4	17,91
1980	3,81	3,48	6,22	2,74	10,7	5,21	32,8	35,9	15,1	34,4	38,4	18,8	17,30
1981	9,51	21,9	9,32	3,57	1,98	11,2	6,14	4,45	46,3	19,4	22,6	8,11	13,71
1982	2,77	3,19	1,4	0,629	2,66	43,5	39,4	36,8	29,6	63,7	89,5	8,46	26,80
1983	4,06	30,2	35,3	31,3	78,3	53,7*	76,9*	47,1*	9,53*	16,6*	13,3*	4,57*	33,41
1984	10,1*	16,9	4,31	40,5	72,1	70,5	50,9	37,4	21,7	27,6	9,08	4,02	30,43
1985	2,32*	4,03*	10,4	54,9	21,5	16,2	22,6	49,9*	28	5,93	1,67	0,793	18,19
1986	0,337	0,393	4,57	19,5	13,8	20,3	34,5	48,5	18,5	24,8	77,4	14,4*	23,08
1987	11,6*	7,87	2,01	30,5	31,2	23,4	80	24,4	33,5	33,4	19	3,76	25,05
1988	8,08	6,97	1,9	8,37	8,13	23,6	12,9	3,2	95,2*	26,6*	19,0*	6,42*	18,36
1989	13,4	7,83	6,86	10,8	9,86	4,03	46,3	18,4	92,6	13,6	9,27	4,01	19,75
1990	23,2	10,8	13,1	27,1*	48,4	44,6	25	6,63	63,8	50,9*	32,4*	7,03	29,41
1991	3,00	3,00	0,685	4,27*	1,79	36,5	15,5	7,18	7,1	9,99	5,6	28,9	10,29
1992	11,7	12,7*	18,0*	26,2*	35,6*	48,6*	20	18,1	26,5*	11,1*	14,5*	9,77*	21,06
1993	9,63	12,1	9,72	6,09	15,6	41,9	23,7	5,08	7,88*	4,11	32,2	25,4	16,12
1994	6,94	7,91	8,18	32,8	82,6	48,6	41,8	22,2	13,7	47,2	17,9	13,2	28,59
1995	17,2	11,4	11,8	3,75	3,02	28,6	42,1	17,8	20,5	35,7*	3,36	1,58	16,40

POSTO PASSO DO COIMBRA 86745000 - SÉRIE DE VAZÕES MÉDIAS MENSAIS (m³/s)

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA
1996	29,1*	42,7	7,89	26,4	3,15	11,9	18,3	27,5	28,2	49	12	2,92	21,59
1997	1,99	8,32	5,15	0,993	1,35	9,35	14,6	51,6	7,48	111	85,6	16,7	26,18
1998	25,3*	35,0*	15,4	20,4	21,2	19,7	32,9	53,1	42,4	13,7	4,8	3,68	23,97
1999	1,7*	3,51	1,32	12,1	6,35	25	27,5	9,09	17,7	32,3	9,66*	3,95	12,52
2000	6,96	9,43	27,4	12,3*	9,08	31	37,3	15,8	58,3*	57,4	18,5*	5,48	24,08
2001	17,5	20,2	11,8	21,3	19,3	14	71,1	6,81	43,7	51,5	9,31	10,7	24,77
2002	4,61	4,44	5,21	20,6	34,8	74,5	54,7	45,7*	29	65,8	63	45,8	37,35
2003	18	9,21	12	9,58	15,9	21,9	55,7	6,18	4,17	45,9	20,4	50,1	22,42
2004	9,34	8,85*	1,63	2,1	15,1	9,69	25,9	8,45	15,6	14,7*	25,2*	4,7	11,77
2005	5,41	0,724	0,968	12,5	38,7*	46,6	25,3	25,4*	32,9	81,8	11,1	5,53	23,91
2006	2,8	2,18	2,36	2,04	2,61	16,7*	40,9*	15,8*	10,0*	5,19	24,8*	4,25	10,80
2007	2,35	5,47	10,9	7,00	24,6	8,50*	37,5*	16,7*	33,4*	22,1	25,6	4,35	16,54
2008	2,26	1,67	1,82	0,956	11,1	23,3	13,4	46	13,5	81,7	24,2	1,38	18,44
2009	10,8	10,9	8,82	2,97	3,68	6,17	16,4*	74,2	123	39,9	98,4	55,1	37,53
2010	79,6	21	6,37	21,00	24,5	18,7	45,8	10,3	81,1	10	10,6	11,2	28,35
2011	7,96	23,4	36,6	39,3	13,7	24,5	65,6	53,1*	15,1	10,4	4,66	1,15	24,62
2012	1,57	2,32	4,64	1,32	0,572	2,39	21,7	11,1	52,5	18,0*	4,82	22,6	11,96
2013	15,1	14,6*	31,9	11,5	15,3	17,2	21	50,6	34,9	16	38	6,7	22,73
2014	8,04*	10,4	24,3	16,4	13,9	78,1	42,4	8,32	43,6	52,5	7,53	8,05*	26,13
Média	10,09	11,55	11,48	12,93	17,01	27,24	30,49	30,90	40,43	31,90	22,47	13,28	21,69

POSTO PASSO DO COIMBRA 86745000 - SÉRIE DE VAZÕES MÉDIAS MENSAIS (m³/s)

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA
------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	--------------

Legenda: * - estimado; ? - duvidoso; # - régua seca.

Tabela 9: Série de vazões estação fluviométrica Linha do Rio (85730000), Consistido, Média Diária, 11/1969 - 03/1986.

POSTO LINHA DO RIO 85730000 - SÉRIE DE VAZÕES MÉDIAS MENSAIS (M3/S)													
ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA
1969	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	27	9,21	18,11
1970	25	4,94	11,8	3,46	45,9	63,6	51	30,6	4,34	31,2	3,55	24,7	25,01
1971	11,8	16,1	57,7	26	17	73,9	35,8	51,5	4,81	5,03	1,4	1,3	25,20
1972	6	3,33	7,15	18,9	9,16	56,9	83,6	115	97,5	45,2	62,4	27	44,35
1973	9,03	33,7	12,1	14,9	74,7	23,8	88,4	67,8	53,5	16,9	22,1	21,9	36,57
1974	33	22,3	29,2	7,14	13,3	-	21,8	31,1	5,98	5,39	8,86	16,3	17,67
1975	19,2	18,9	5,54	5,15	6,93	36,5	13,5	83,6	82,8	14,5	18	12,9	26,46
1976	10	8,32	21,9	24,1	-	35,9	50,2	33,9	22,5	19,3	31,8	15,2	24,83
1977	19,8	7,59	21,4	32,4	5,91	30,2	60,8	65,6	28,8	6,93	13,2	8,06	25,06
1978	7,05	3,35	2,36	1,6	1,32	7,81	38,1	34,1	26,3	5,01	66,8	20,6	17,87
1979	-	4,19	6,4	10,1	44,6	6,66	41	76,5	40,2	108	37,4	31,6	36,97
1980	4,58	1,63	4,72	17,3	13,9	9,74	32,7	30,6	14	56,3	41	22,7	20,76
1981	16,6	34,4	8,44	1,11	1,01	11,7	5,46	3,27	80	21,1	29,3	3,23	17,97
1982	1,01	3,91	3,46	0,798	1,47	103	87	85,8	61,5	68,6	119	11,8	45,61
1983	5	37,5	54,9	53,5	126	73,6	129	71,4	10,8	-	26	1,88	53,60
1984	34	34,3	1,69	69,1	124	144	82,8	36,6	29,3	31,2	16,1	5,44	50,71
1985	5,09	10,7	22,1	59,2	62,5	43,7	53,2	102	70,7	5,49	2,37	0,436	36,46
1986	0,169	0,603	29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9,92

POSTO LINHA DO RIO 85730000 - SÉRIE DE VAZÕES MÉDIAS MENSAIS (M3/S)

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA
Média	12,96	14,46	17,64	21,55	36,51	48,07	54,65	57,46	39,56	29,34	30,96	13,78	31,06

Legenda: * - estimado; ? - duvidoso; # - régua seca.

Tabela 10: Série de vazões estação fluviométrica Santa Cruz-Montante (85830000), Consistido, Média Diária, 01/1979 - 12/2014.

POSTO SANTA CRUZ-MONTANTE 85830000 - SÉRIE DE VAZÕES MÉDIAS MENSAIS (m ³ /s)													
ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA
1979	1,03	1,08	5,53	11,4	28,6*	9,36	23,1	36,9	21	54,1	38,7	33,9	22,06
1980	5,05	3,05	5,59	17,7	12,6	6,73	20,8	23,6	7,97	27,3	31,1	27,6	15,76
1981	13,1	51,6	5,59	1,51	1,46	10,5	3,5	1,58	47	10,2	19,6	2,03	13,97
1982	0,599	1,95*	0,55	0,274	0,838	43,4	39,4	36,6	33,8	27,9	52,5	11	20,73
1983	4,45	22,8	35,8	16,8	65	35,1	69	42,2	6,49	20,9	16,9	2,72	28,18
1984	19,8	21,1	1,74	31,8	51,6	71,2	42,7	24,7	13,3	19,6	11,1	3,5	26,01
1985	1,14	13,2	21,6	31,4	33	26,4	32,4	56,7	35,7	3,99	1,09	0,62	21,44
1986	0,604	1,71	19	39,1	32,8	28,6	27,4	34,3	38,2	25,5	49,3	13,8*	25,86
1987	26,3*	10,7*	3,07	26,7	37,4	21,8	76,5*	53,1*	35,4*	34,3*	15,2*	5,95*	28,87
1988	6,45*	10,5*	5,53*	4,82	4,95	25,2*	7,76	0,768	66,6	22,6	23,6	3,97	15,23
1989	23,5	10,6	4,56	24,2	10,9	3,07	20,9	16,7	57,6	12,1	12,5	2,8	16,62
1990	14,6	20,6	9,13	36,2	22	32,7	16,1	1,5	37,4	54,3	63,4	8,96	26,41
1991	0,02	1,42	3,03	33,2	10,3*	12,5*	19,6*	18,6*	10,6*	5,78*	6,80*	5,09*	10,58
1992	6,50*	13,0*	8,96*	48,9*	20,2*	42,1*	30,2*	22,4*	24,8	10,7	11	7,47	20,52
1993	22,5	11,8	8,13	1,68	24,9	28,8	42,3	6,19	14,9	20,3	31,6	33,4	20,54
1994	2,62	27	13,2	31,9*	46,1	39,8*	44,9*	31,4	12,5	32,7	10,3	6,06*	24,87
1995	10,7	35,7	27,6	5,88	3,37	16,8	48,1	37,3*	14	15,9	1,06*	4,75*	18,43
1996	32,3	25,5	7,04*	22,2*	8,59*	10,5*	11	23,7*	27,8*	38,9*	7,81*	6,02*	18,45

POSTO SANTA CRUZ-MONTANTE 85830000 - SÉRIE DE VAZÕES MÉDIAS MENSAIS (m³/s)

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA
1997	4,44*	11,8	3,16	0,789	1,44	17	16,6*	44,7	13	76,2	55,8	22,9	22,32
1998	29,6	42,1	31,1	17,6	25,9	15,9*	49,5	38,4	40,7	11	2,61	4,46	25,74
1999	2,26	6,17*	1,81*	24,5*	18,9*	21,4*	42,6*	8,97*	24,5*	35,6*	12,0*	5,10*	16,98
2000	3,51*	1,86*	24,3*	15,6*	5,23	29,6	23,9	11,5	35,3*	45,4	14,7	8,40*	18,28
2001	33,0*	22,7	21,8	45,3	14,3	11,9	38,3	3,61	29,4	24,4	14,6	4,43	21,98
2002	1,65	4,41	7,14	19,1	27,1	42,1	37,8	44,1	33,7	73,6	41,4	31,8	30,33
2003	9,13	33,9*	20,7*	15,6*	16,8*	21,7*	20,7*	4,25	9,28	37,2	28,6	47,2	22,09
2004	5,07	8,75	0,808	1,03	11,4	17,6	21,5*	15,2*	24,1	16,7	20,9	1,36	12,03
2005	0,393	0,014	0,731	10,5	31,7	16,6	9,61	23,7	39,7	61,1	7,49	5,13	17,22
2006	6,66*	1,65	4,55	2,93	6,69	11,1	18,9*	7,56*	18,2	13,2	27,6	2,67	10,14
2007	0,966	20,6	15	5,09	20,7	5,09	33	-	-	-	13,7	2,63	12,98
2008	1,16	0,371	1,63	2,65	17,1	21,4	15,8	31	21,2	41,2	10,6	2,31	13,87
2009	4,89	5,76	6,57*	9,27*	0,809	1,97	7,19	35,4	65,7	-	62,6	21,8	20,18
2010	42,1	7,99	7,59*	10,5*	21,8	21	35,6	7,16	37,2*	11,0*	1,95	3,74	17,30
2011	4,83	12,4	13,3	34,2	4,72	16,5	38,9	40,3	14,9	19,9	3,37	0,62	17,00
2012	1,72	3,24	1,2	1,15	0,274	1,56	13,2	8,72*	30,9	22,2	2,84	8,20*	7,93
2013	15,1*	4,95	13,3	10,8	8,05	25,4	22,7	40,8	19,2	30,5	33,8	8,74	19,45
2014	11	9,59	17,2	12,3	9,91	23,8*	20,2*	9,69*	20,3*	33,2*	12,6	26,2	17,17
Média	10,24	13,38	10,49	17,35	18,26	21,84	28,94	24,09	28,07	29,10	21,41	10,76	19,42

POSTO SANTA CRUZ-MONTANTE 85830000 - SÉRIE DE VAZÕES MÉDIAS MENSAIS (m3/s)

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA
------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	--------------

Legenda: * - estimado; ? - duvidoso; # - régua seca.

Tabela 11: Série de vazões estação fluviométrica Passo Carreiro (86500000), Consistido, Média Diária, 11/1939 - 12/2014.

POSTO PASSO CARREIRO 86500000 - SÉRIE DE VAZÕES MÉDIAS MENCIAIS (m ³ /s)													
ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA
1939	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	114	67	90,50
1940	41,9	24,5	23,4	75,6	50,6	44,1	102	87,1	30,3	83,8	35,3	47,3	53,83
1941	18,7	24,3	13,9	134	262	93,1	83,3	77,6	65,9	56,6	77,5	21,8	77,39
1942	7,99	17	45,2	32,4	117	44,9	23,3	47,7	36,1	62,1	9,43	4,98	37,34
1943	1,83	4,02	2,52	2,25	11,9	62,1*	40,3	53,6	64,1	20,1	6,49	4,23	22,79
1944	37,4	26,3	24,4	9,21	4,24	50,7	29,3	6,61	12,4	36,4	14,8	2,64	21,20
1945	0,929	1,49	2,95	1,03	2,32	5,29	33,2	58,7	40	19,7	13,3	16,6	16,29
1946	149	65,2	16,5	3,66	13,7	50,8	47,2	16,9	14,7	36,4	25,2	41,1	40,03
1947	29,1	15,9	8,72	2,83	27,4	37,2	21	9,5	63	37,8	8,1	47,3	25,65
1948	9,79	16,9	22	50,3	95	43,3	70,4	64,7	23	31,5	22,4	4,55	37,82
1949	16,1	6,68	22	22	15,9	48,9	69,5	25,7	91,6	45,3	7,57	3,96	31,27
1950	1,9	2,19	2,82	4,48	26,1	22,2	16,3	92,8	44,7	141	14,7	17,3	32,21
1951	22,9	60,4	40,5	10,8	6,53	9,08	4,56	1,68	16,6	102	28,2	8,19	25,95
1952	4,45	4,78	1,33	1,38	0,35	53,5	56,6	17,7	32,3	37,7	41	14,8	22,16
1953	11,7	16,1	15	22,5	18,4	53,1	49,7	36	137	123	29,3	7,33	43,26
1954	53,5	28,5	41	25,7	21,8	150	153	23,6	191	143	11,3	14,3	71,39
1955	21,3	20	12,5	51,2	122	61,7	64,6	32,6	45,9	69,8	6,76	2,69	42,59
1956	32,2	15,8	3,95	133	40,6	20,9	21,8	73,1	61,2	27,3	7,39	6,55	36,98
1957	36,6	12,3	5,87	21,4	16,5	22,4	39,2	101	100	36,8	24,5	20,5	36,42

POSTO PASSO CARREIRO 86500000 - SÉRIE DE VAZÕES MÉDIAS MENSAIS (m³/s)

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA
1958	6,66	20,5	35,1	18,6	10,7	106	14,9	81	66,8	92,2	27,4	85,6	47,12
1959	13,4	34,4	28,6	110	65,5*	88,5	27	76,5	95,8	62,3	11,4	10,4	51,98
1960	4,69	8,77	7,36	5,11	6,88	36,8	15,1	89,4	94,5	37,8	31,8	16,2	29,53
1961	40,6	7,59	49,9	43,2	13,8	89,9	45,7	23,1	240	97,9	29	16,5	58,10
1962	9,94	3,45	2,16	6,04*	15,4	7,27	20,4	15,4	24,7	7,99	7,17	2,69	10,22
1963	21,4	28,1	32,9	13,5	6,75	8,16	5,82	84,8	111	181	58,1	36,3	48,99
1964	6,95	5,07	4,49	22	15,9	6,65	21,1	66	69,6	26,3	11,9	13,7	22,47
1965	8,2	4,98	2,88	5,16	9,42	6,08	16	221	163	75	33,4	77,7	51,90
1966	41,6	84,8	50,1	8,44	4,61	78,8	110	119	154	101	40,4	78,9	72,64
1967	16,80*	12,3	19,6	13,1	5,25	15	56,1	103	240	39	21,3	40,9	48,53
1968	8,59	5,93	8,4	14,6	12	10,9	37,7	5,84	38,4	17,9	64,2	8,89	19,45
1969	35,2	56,3	8,84	8,89	11,8	43,1	14,6	12,6	56,5	12,4	36,3	9,78	25,53
1970	6,8	11,3	23,1	5,64	42,3	58,4	80,8	49	17,4	35,4	9,15	105	37,02
1971	43,5	54,2	51,6	39,7	41,4	85,3	78,8	143	18,3	8,45	4,23	4,22	47,73
1972	11,7	35,6	32,2	55,9	14	153	95,1	219	129	51,5	117	65	81,58
1973	45,5	25,5	16,1	9,66	76,8	77,5	98,2	150	114	54	42,7	24,9	61,24
1974	32,7	35,1	39,9	12,5	57,3	77,4	19,3	14,1	28,2	8,6	25,8	43,9	32,90
1975	17,2	35,4	22,4	14,7	9,38	45,1	21,7	111	131	55,5	43,6	42,2	45,77
1976	51,2	24,8	17,4	11,7	30,5	29,1	35	104	33,2	32,8	70,9	52,3	41,08
1977	64,1	29,6	29,5	23,7	5,8	52,5	91,6	150	45,1	19,3	33,8	34,8	48,32

POSTO PASSO CARREIRO 86500000 - SÉRIE DE VAZÕES MÉDIAS MENSAIS (m³/s)

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA
1978	28,10*	11,2*	13,8*	5,87*	4,18*	6,13*	42,4*	42	74,1*	27,1*	96,5	24	31,28
1979	5,2*	4,24*	8,08*	6,13*	25,3*	17,2	64,3	66,7	20,1	208*	111	127	55,27
1980	16,3*	10,0*	14,4*	10,8	57,30*	12,4	65,6	124	102	86,1*	134*	58,4*	57,61
1981	28,0*	129*	18,4*	11,7*	10,4*	36,1*	12,4*	11,8	86	53,2	51,7	23,9	39,38
1982	8,19	9,7	4,6	2,44	3,32	53,3	112	62,9	43,7	177	180	39,3	58,04
1983	39,8	73,9	101	70,3	161	84,1	276	157	38,4	65	33,2	15,3	92,92
1984	19,7	23,2	7,44	41,8	148*	90,6	119	130	74,8	97,5	47,7	21,1	68,40
1985	8,61	28,4	49,5	67,7	79,9	28,6	40,8	115	87,4	15,4	7,74*	7,92*	44,75
1986	5,82*	4,72*	8,77	79	33,2	37,4	50,1	63,4	54,4	67,9	68,7	23,6	41,42
1987	31,2	20	5,47	93,5*	196*	51,9	117*	108*	54,2*	88,90*	31,2*	14,2*	67,63
1988	23,6*	47,2*	7,35*	32,3*	39,8*	64,0*	19,9*	7,95*	212*	39,40*	60,1*	17,8*	47,62
1989	29,8*	24,4*	41,9	22,8	31,8*	7,37	101*	50*	299*	65,5	27,7	9,46	59,23
1990	61,7	25,2	28,6	124	170	132	48,8*	18,3*	132*	154*	54,70*	31,9	81,77
1991	11,7*	10,2*	3,57*	4,99*	5,28*	62,2*	42,4	39	10,3	32,4*	36,3*	59,6*	26,50
1992	31,0*	47,4*	55,8*	36,4*	151*	73,6*	110*	85,0*	83,4*	18,4*	33,5*	8,1*	61,13
1993	22,7*	28,9*	20,6*	23,7*	39,1*	66,7*	153*	16,7*	49,0*	42,5*	27,9*	69,8	46,72
1994	12,6	86,5	20,1*	66,9	88,1	89,6	115	26,8	33,2	148	46,1	54	65,58
1995	102	16,3	14,2	8,96	8,87*	42,8*	75,9	49,1	23,5*	60,6	8,05*	10,7*	35,08
1996	113*	54,2	23,7	21,7	5,74	41	58,3	68,9	82,6	62,7*	28,7	10,7	47,60
1997	6,37	47,6	18,1	4,09	4,95	41,2	50,7	154	21,7	251	171	44	67,89

POSTO PASSO CARREIRO 86500000 - SÉRIE DE VAZÕES MÉDIAS MENSAIS (m³/s)

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA
1998	101	202	66,1*	75,3*	95,7*	57,3	78,6	142	93,6	38,7	13,8	7,67	80,98
1999	5,21*	8,18*	2,62	42,8	17,6	36	80,3	22,4	34,7	66	27	41,6*	32,03
2000	20,8*	11,3	20,9*	16,5	21,5*	54,6	84,5	23,7	118	186	52,2*	19,4*	52,45
2001	65,4*	75,5	25,4*	52,6*	77,5	43,8	112	16,7	106	149	30,1	37,6	65,97
2002	19,1	16,6	11,0*	23,1	72,9	153*	86,4*	82,5	98,3	108	86,2	119*	73,01
2003	36	60,2	35,6	18,3	44,1	47,6	67,1	14,6	9,9	65,2	33,5	115	45,59
2004	24,9*	15,0*	4,84	5,98	39,6	35,8*	49,1*	14	60,5*	58,5*	52,6	9,14	30,83
2005	4,48	1,21	2,17*	65,0*	89,7	115	48,1	43,8	87,8	239	34,7	11,7	61,89
2006	11,2*	7,99*	8,49	5,57*	7,91*	36,0*	45,3*	49,2*	25,7	9,53	52,7	23,4	23,58
2007	12,2	17,6	31,6	30,2	99,9	16,3	179*	47,3	148	68,4	64	19,2	61,14
2008	14,4	7,83	4,66	7,05	30,2	48,2	34,9	44,6	30,8	147	96,8	9,65	39,67
2009	17,3	11,3	7,64	2,46	7,7	21,2	99	124	287*	86,2*	92,4	56,1	67,69
2010	116	93,8	15	78,8	61,3	71,2	67,4	53,4	167	59,3	53,3	56,5	74,42
2011	22,6	32,9	77,6	53,2*	39,3*	90,8	310	167	48,6	20,9	9,16	4,38	73,04
2012	5,4	3,96	10,6	2,87	1,9	12,9	50,9	17,3	64,2	43,4	5,21	22,1	20,06
2013	19,7	5,35	32,8	7,78	17,9	28,8	12,6	192	95,4	37,2	24,7	5,52*	39,98
2014	27	10,2	44,6	36,2	81	147	54,7	34	122	165	27,4	59	67,34
Média	28,16	28,92	22,05	30,73	45,02	53,37	66,20	68,66	81,59	72,46	42,48	31,72	47,59

Legenda: * - estimado; ? - duvidoso; # - régua seca.

Tabela 12: Série de vazões estação fluviométrica Linha Colombo (86560000), Consistido, Média Diária, 11/1939 - 12/2014.

POSTO LINHA COLOMBO 86560000 - SÉRIE DE VAZÕES MÉDIAS MENSAIS (m3/s)

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA
1939	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	104	86	95,00
1940	73,3	36,3	44,1	106	64,1	56,2	107	86,2	34,4	94,5	38,9	83,1	68,68
1941	18,7	41,1	14	137	305	144	130	120	101	92,1	81,4	21,7	100,50
1942	9,00	9,00	35,3	24	105	46,8	17,8	50,3	37	58,9	9,79	7,35	34,19
1943	3,97	4,39	4,48	4,98	14	50,7	33,3	37,7	60,1	14,2	11	10,2	20,75
1944	15,8	16,3	18	8,51	6,7	70	37,8	16,8	20,6	44,8	16,4	6,95	23,22
1945	6,27	6,29	5,38	4,71	6,51	8,24	32,8	57	37,6	15,6	10,9	16,8	17,34
1946	158	68,5	17,4	7,65	13,7	59,5	50,5	20,3	17,4	53,8	30,5	57,6	46,24
1947	36,4	20,5	7,97	5,67	28,2	36,7	16,7	14,7	71,7	33,7	10,1	56,5	28,24
1948	19,6	18	16,1	42,8	79,5	75	74,7	64,7	27,4	36,1	25,2	8,09	40,60
1949	14,8	7,51	19,1	19,4	13,5	47,8	63,1	26,3	72,8	43,2	9,65	6,48	28,64
1950	5,78	5,05	5,82	6,4	20,3	22,2	18,6	86	42,7	108	21,2	27,6	30,80
1951	18,2	55,6	36,2	10,7	9,05	10,9	9,11*	5,47*	9,21*	84,3	28,2	11,6	24,05
1952	6,8	7,42*	4,17*	4,12*	3,38*	54,60*	61,8	19,8	28,5	47,5	39,3	11,8	24,10
1953	15,3	22,7	32,2	27,2	30	65,8	53,6	42,6	176	173	31,2	10,6	56,68
1954	56,8	36,4	40,2	43,6	26,9	172	155	27,5	235	124	20,3	20,8	79,88
1955	29,4	23,1	14,8	51,8	86,2	63,2	63,4	33,7	50,4	74,5	16,1	8,2	42,90
1956	31,1	15,9	7,9	95,6	16,7*	16,5*	19,7	75,4	46,3	25,2	8,47	8,36	30,59
1957	38,3*	12,1	7,68	9,12	12,3	13,8	40,7	74,2	91	33,5	30,9	22,7	32,19

POSTO LINHA COLOMBO 86560000 - SÉRIE DE VAZÕES MÉDIAS MENSAIS (m3/s)

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA
1958	12,7*	7,8*	23,6	12,4	8,15	78,7	13,3	86,7	57,8	82	28,4	89,7	41,77
1959	15,2	32,7	42,1	105	57,2	94,6	34,7	57,2	98,9	67,4	17,1	18,3*	53,37
1960	9,36*	9,81*	10,4	10,7	12,4	42,4	15,1	71,4	135*	41,7*	22,9*	18,8*	33,33
1961	32,6*	9,76	34,8	36,9	16,5	90,9	43,7	32	179	117	33,4	20,4	53,91
1962	14,7	8,78	8,4	11,1	16	12	17,4	19,7	21,1	14,3	7,52	5,55	13,05
1963	23,9	31,5	17,6	16,8	8,36	11,4	10,8	129	108	149	74,2	49,2	52,48
1964	10,1	9,68	6,93	15,4	14,8	9,04	20,1	66,3	77,5	30,4	14,1	13,3	23,97
1965	11,5	16,9	9,66	9,78	10,2	10,1	19	175	146	124	44,5	75,7	54,36
1966	46,3	65,9	47,3	18,8	11,8	72,4	112	120	144	124	36,3	84,9	73,64
1967	18,2	11,1	22	9,65	7,91	17,9	57,5	82,1	215	54	21,9	30	45,61
1968	11,9	10,1	11,5	19	15,3	22,8	41,8	8,89	32,2	16	55,7	11	21,35
1969	36,5	80,5	15	17,2	26,2	42,6	20,8	12,8	40,9	10,8	36,2	15,1	29,55
1970	9,21	11,8	17,2	8,23	48,7	61,7	72,9	51,7	21,6	32,1	10,7	98,1	37,00
1971	45,1	35,2	52,9	46,2	41,4	86,9	84,8	127	23,3	13,4	8,51	9,86	47,88
1972	11,9	21,6	23,2	64,3	22,7	163	130	219	146	65,4	122	67,1	88,02
1973	44	46,8	26,1	18,8	83,3	87,3	119	136	105	50,2	48,6	38,4	66,96
1974	42,4	64	36	15,2	34,3	85,5	23,5	20,4	22,4	10,4	23,1	42,9	35,01
1975	30,7	59,5	25	22	17	51,8	30,5	100	137	65,5	57,7	38,7	52,95
1976	41,8	25,2	18,9	12,7	40,6	35,5*	47,0*	94,2	33,80*	29,4*	50,0*	42,3	39,28
1977	37	29,6	22,9	29	15,3	52	90,3	142	69,3	27,8	52,8	36,9	50,41

POSTO LINHA COLOMBO 86560000 - SÉRIE DE VAZÕES MÉDIAS MENSAIS (m3/s)

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA
1978	16,8	7,48	11,9*	3,28*	4,67*	6,66*	74,9	46	46,1	14,3	88,4	35,7	29,68
1979	6,14	5,76	5,5	7,36	24	21,1	55,3	57,7	29,6	164	99,1	83	46,55
1980	18,6	15,4	16,5	8,05	36,5	16,1	51,3	98,1	57	61,8	100	77,9	46,44
1981	32,7	74,3	17,3	8,97	8,15	32,9	15,3	12,9	85,4	49,9	52,6	25,8	34,69
1982	9,51	11,4	6,75	3,81	3,95	59,2	98,9	71,4	53,1	121	181	41,3	55,11
1983	33	61,7	88,6	68,8	171*	91,1	278	169	35,7	95,7	57,1	13,9	96,97
1984	18,9	27,4	10,1	60,2	162	119	129	113	84,9	101	41,8	20,4*	73,98
1985	13,0*	24,1	28,5	74,4	75,2	33,8	51,5	126	112*	19,6	8,87*	9,48*	48,04
1986	6,82*	5,30*	10,9*	69,6*	42,3*	39,4	55,1	67,9	49	67,9	108	32,9	46,26
1987	35,9	25,7	11,2*	90,9	155	57,5	151	91,5	80,6	88,4	44,5	12,5	70,39
1988	20,9	28,4*	6,98	37,9	46,3	63,6	21,1	10	198	46,7	62,5	21,6*	47,00
1989	27,2	20,1	23,0*	21,4	18,8*	7,73	43	56,8	261	73,7*	10,3*	7,33*	47,53
1990	69,9*	45,7*	44,3*	78,3*	112*	160*	61,7*	17,0*	137*	188*	93,3*	34,9*	86,84
1991	11,5*	12,5*	6,20*	8,25*	8,57*	71,2*	61,3*	65,9*	17,60*	40,9*	47,3*	86,6*	36,49
1992	46,0*	62,0*	51,8*	30,9*	123*	120*	165*	135*	126*	33,0*	53,0*	24,6	80,86
1993	21,4	12,4	16,5	16,5	43,4	72,9	165*	21,7	37,10*	33,2	57,2	103	50,03
1994	14,3	60,3	20,2	111	101	82,8*	153*	40,3	44,1	145	56,6	37,1	72,14
1995	95,2	27,6	24,8	11,2	13	32,8*	68,4*	43,0*	38,6*	93,4*	10,3	7,23	38,79
1996	96,8	72,8*	20,5*	26,4*	9,64	49,0*	56,8*	104*	88,8*	101	36,7*	12,1	56,21
1997	7,20*	33,4*	9,69	4,68	5,84	36,4	45,3*	202	36,0*	389	342	57,9	97,45

POSTO LINHA COLOMBO 86560000 - SÉRIE DE VAZÕES MÉDIAS MENSAIS (m3/s)

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA
1998	108*	213*	67,3*	84,0*	118*	60,5	92,4*	211	124	44	19,9*	13,6	96,31
1999	7,71	10,9	6,18	50	17,6	47,5	85,6*	25,1	40,3	81,5*	27,3	44	36,97
2000	20,8	11,4	22,4*	20,9*	17,0*	51,0*	105*	30,7	111*	188	48,3*	21,9	54,03
2001	65,9*	84,5	38,1*	72,1*	73,2*	46,5*	114*	18,9*	83,6*	136	40,9*	49,4	68,59
2002	20,2	16,5	16	35,3	91,3	157	83,1	104	109	140	94,4	115	81,82
2003	45,8	58,1*	41,7	27,9	52,7	58,5	88,8	16,6	12,1	70,5	27,2	113	51,08
2004	30,4	30,3	7,55	8,11	46,1	54,9	52,3	16,6	48,6	48,7	51,6	12,2	33,95
2005	8,74	4,12	4,25	48,2*	90,2	117*	48,3*	59,1*	75,8	225	50,9	18,5*	62,51
2006	16,3	9,93	12,4	9,7	8,87	43,8	76,8*	48,5*	31,0*	14,9	50,5	22,4	28,76
2007	13,8	22	28,6	20,4	90,5*	19,8	196*	69,1*	127*	78,0*	83	26,1	64,53
2008	19,2	8,95	8	7,83*	25,5*	71,9	40,5	69,2	40,5	79,9	106	14,2	40,97
2009	19,5	17	11,9	6,06	9,89	18,8	76,4	122	251*	75,8*	138*	90,3	69,72
2010	133	60,3	16,9	27,0*	55,6	64,1	107	31,5	69,3*	27,5	27,1	43	55,19
2011	18	26,1	57,3*	75,1	38	89,2	136*	128*	49,8	27,5	12,2	6,61*	55,32
2012	7,26*	7,31*	10,6*	4,26*	2,99	11,1	61,0*	22,7	88,60*	59,70*	13,2	40,4	27,43
2013	22,7	19,4	49,0*	37,1	29,1	49,6	36,4	166*	119*	53,7	57,3	18,7	54,83
2014	26,5	22	44,2*	56,6*	52,4*	166*	82,7*	49	106*	133*	28,9		69,75
Média	29,98	30,00	22,35	32,55	44,43	59,24	70,31	71,30	81,03	75,91	49,16	35,78	50,17

Legenda: * - estimado; ? - duvidoso; # - régua seca.

8.1.2.3.12 Cálculo das vazões da bacia

A regionalização hidrológica, em geral, caracteriza-se por uma variedade de métodos que utilizam informações regionais para sintetizar dados de vazão. Estas informações podem ser características fisiográficas e hidrometeorológicas da bacia e parâmetros estatísticos calculados a partir de séries de vazões de postos da região.

São exemplos típicos de métodos de regionalização, aqueles que fazem ajuste de uma distribuição estatística a uma variável (ou a um parâmetro ou a uma função hidrológica), combinando a regressão desta mesma variável com características físicas das bacias (a área contribuinte, comprimentos e declividades, entre outros) e características hidrometeorológicas.

A regionalização hidrológica é um instrumento de apoio na definição do zoneamento e compartimentação de regiões com características homogêneas no que se refere ao comportamento das afluências. Ao segmentar as regiões com mesmas características hidrológicas, a regionalização possibilita a formação de núcleos indicativos de estações que guardam estreita relação entre si.

Isto facilita estabelecer as bases de correlação utilizadas para consistir as séries hidrológicas, nas rotinas de preenchimento de falhas, de supressão e substituição de dados duvidosos e, por último, na ampliação temporal das informações.

Selecionaram-se as estações a partir do banco de dados da ANA (Hidroweb), com enfoque no Rio Forqueta utilizando-se estações por critério de proximidade e disponibilidade de dados (Tabela 13). Na Tabela 13 estão descritos os dados mais relevantes para a definição da Reta de Regionalização e um esboço da mesma na Figura 36.

Tabela 13: Características das estações utilizadas no estudo.

CÓDIGO	NOME DO POSTO	ENTIDADE	RIO	ÁREA DE DRENAGEM (km ²)	Q _{MLT} (m ³ /s)	PERÍODO DADOS CONSISTIDOS
85730000	Passo Linha do Rio	ANA	Pardo	1.220,00	31,06	11/1969 a 03/1986
85830000	Santa Cruz-Montante	ANA	Pardinho	805,00	19,42	11/1979 a 12/2014
86500000	Passo Carreiro	ANA	Carreiro	1.820,00	47,59	11/1939 a 12/2014
86560000	Linha Colombo	ANA	Guaporé	2.030,00	50,17	11/1939 a 12/2014
86745000	Passo doCoimbra	ANA	Forqueta	791,00	21,69	08/1957 a 12/2014

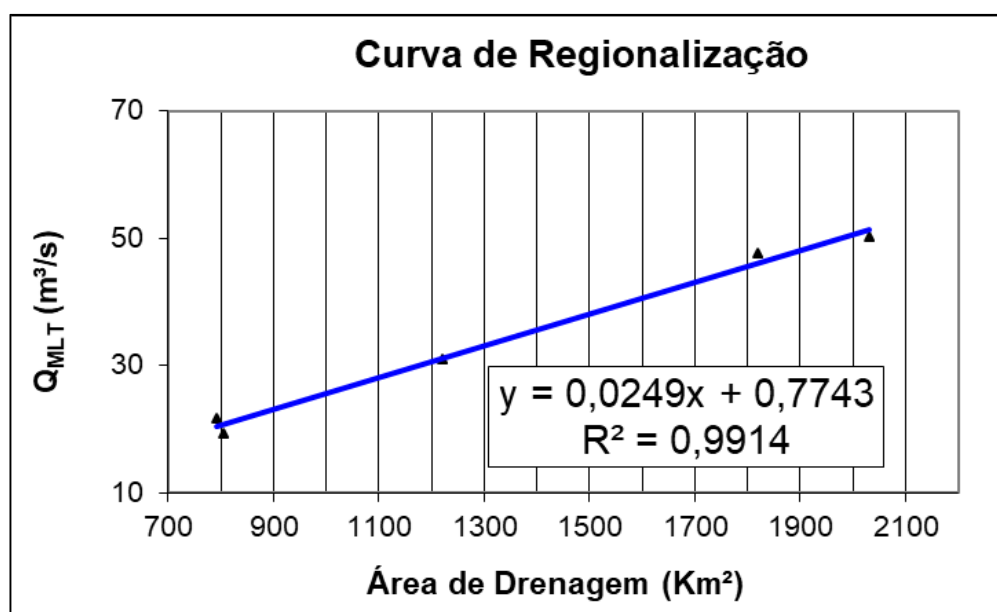


Figura 36: Curva de regionalização das estações utilizadas

A Reta de Regionalização demonstra um excelente grau de alinhamento das variáveis. Isto revela uma tendência marcante de homogeneidade hidrológica e de consistência das vazões médias de longo termo dos postos selecionados.

Correlação direta área de drenagem posto base/PCH Vale do Leite

O manual da Eletrobrás recomenda que: deverá ser estabelecida, para o local do aproveitamento, uma série de vazões médias mensais derivada de uma série

histórica de um posto localizado no mesmo curso d'água ou na mesma bacia, por correlação direta entre áreas de drenagem, limitada à diferença entre áreas de 3 a 4 vezes. A equação de correlação é definida por:

$$Q_1 = A_1/A_2 \cdot Q_2$$

Onde:

A_1 : área de drenagem do local do aproveitamento, em km^2 ;

A_2 : área de drenagem do posto existente, em km^2 ;

Q_1 : vazão do local do aproveitamento, em m^3/s ;

Q_2 : vazão do posto existente, em m^3/s .

Relação entre as áreas de drenagem dos postos base com o local do aproveitamento, considerado:

- PCH Vale do Leite/Posto Passo do Coimbra = $730,00/791,00 = 0,923$.

A relação entre áreas de drenagem atende o recomendado. Sendo assim, foi adotada a correlação direta entre áreas de drenagem para a determinação da série histórica base do estudo.

Geração da série de descargas fluviométricas do posto base

O posto Passo do Coimbra foi consolidado como base para os estudos devido aos principais fatores descritos a seguir:

- Área de drenagem compatível com o indicado nos manuais da Eletrobrás para transposição de vazões por área de drenagem;
- Localizado no Rio Forqueta, mesmo rio do aproveitamento;
- Mesmo posto base do estudo do inventário aprovado;
- Critério de dados disponíveis (quantidade e qualidade) e proximidade da área de estudo (próximo ao aproveitamento e na mesma calha do rio);
- Dados disponíveis e consistidos (1957 a 2014);
- Similaridade climática, geomorfométrica e de variabilidade fluviométrica.

Para finalidade de análise energética do aproveitamento, buscou-se obter a série de vazões médias mensais no período disponível do posto escolhido, a partir da série gerada para o posto base, calculou-se em planilha "excel" a série no eixo do barramento, onde as vazões foram transpostas por simples relação de áreas.

Buscou-se reconstituir a série de vazões médias mensais, visando a análise energética da usina e definindo o regime do rio, junto ao posto Passo do Coimbra- AD = 791 km², localizado na calha do Rio Forqueta.

A série do posto Passo do Coimbra (cód. 86745000) foi adquirida do seguinte banco de dados: ANA (Sistema Hidroweb-outubro/2019) - período de observação de Agosto/1957 a Dezembro/2014 (dados consistidos e atualizados). Informamos que o ANA realizou a revisão geral das séries diárias e mensais do posto em estudo, se comparado ao estudo de inventário e do projeto básico aprovado anteriormente.

Análise de consistência

Através do Hidroweb/ANA, foi possível verificar que na estação fluviométrica Passo do Coimbra, utilizada como base para os estudos hidrológicos do aproveitamento em questão, as vazões foram ajustadas recentemente conforme descrito na Figura 37, com a utilização de diversas curvas e equações de ajustes, que levaram em consideração as cotas máximas e mínimas das réguas e intervalos de variação das mesmas, gerando assim dados atualizados e consistidos.

Estação	Nível de consistência	Validade início	Validade fim	Cota máxima (cm)	Cota mínima (cm)	Tipo de curva	Número da curva	Tipo de equação
86745000	Consistido	01/07/1957	25/09/1963	950	291	Equação	01/02	Potência
86745000	Consistido	01/07/1957	25/09/1963	111	90	Equação	01/03	Potência
86745000	Consistido	01/07/1957	25/09/1963	191	111	Equação	02/03	Potência
86745000	Consistido	01/07/1957	25/09/1963	291	191	Equação	03/03	Potência
86745000	Consistido	26/09/1963	02/09/1967	600	161	Equação	01/03	Potência
86745000	Consistido	26/09/1963	02/09/1967	161	100	Equação	02/02	Potência
86745000	Consistido	03/09/1967	05/12/1978	850	212	Equação	01/03	Potência
86745000	Consistido	03/09/1967	05/12/1978	121	100	Equação	02/03	Potência
86745000	Consistido	03/09/1967	05/12/1978	212	121	Equação	03/03	Potência
86745000	Consistido	06/12/1978	06/05/1984	850	206	Equação	01/03	Potência
86745000	Consistido	06/12/1978	06/05/1984	145	110	Equação	02/03	Potência
86745000	Consistido	06/12/1978	06/05/1984	206	145	Equação	03/03	Potência
86745000	Consistido	07/05/1984	20/07/2001	900	880	Equação	01/03	Potência
86745000	Consistido	07/05/1984	20/07/2001	146	100	Equação	02/03	Potência
86745000	Consistido	07/05/1984	20/07/2001	880	146	Equação	03/03	Potência
86745000	Consistido	21/07/2001	11/01/2009	700	231	Equação	01/03	Potência
86745000	Consistido	21/07/2001	11/01/2009	191	100	Equação	02/03	Potência
86745000	Consistido	21/07/2001	11/01/2009	231	191	Equação	03/03	Potência
86745000	Consistido	12/01/2009	30/08/2011	950	327	Equação	01/03	Potência
86745000	Consistido	12/01/2009	30/08/2011	229	100	Equação	02/03	Potência
86745000	Consistido	12/01/2009	30/08/2011	327	229	Equação	03/03	Potência
86745000	Consistido	31/08/2011	31/12/2014	104	80	Equação	02/03	Potência
86745000	Consistido	31/08/2011	31/12/2014	213	104	Equação	03/03	Potência
86745000	Consistido	31/08/2011	31/12/2014	327	213	Equação	04/03	Potência
86745000	Consistido	31/08/2011	31/12/2014	950	327	Equação	05/03	Potência

Figura 37: Resumo dos ajustes realizados no Posto Passo do Coimbra (86745000) pela ANA

8.1.2.3.13 Metodologia utilizadas nos estudos para preenchimento falhas observação e/ou extensão da série de vazões médias mensais

Regionalização de vazões por correlações fluviométricas

A utilização da modelagem de Regionalização de vazões médias mensais, através da comparação das estações fluviométricas via estudo de correlação direta entre dados de vazões médias mensais, foi o método utilizado para preenchimento das falhas de observação do posto base.

A regionalização hidrológica, em geral, caracteriza-se por uma variedade de métodos que utilizam informações regionais para sintetizar dados de vazão. Estas informações podem ser características fisiográficas e hidrometeorológicas da bacia e parâmetros estatísticos calculados a partir das séries de vazões de postos da região.

A regionalização hidrológica é um instrumento de apoio na definição do zoneamento e compartimentação de regiões com características homogêneas, no que se refere ao comportamento das afluentes. Ao segmentar as regiões com mesmas características hidrológicas, a regionalização possibilita a formação de núcleos indicativos de estações que guardam estreita relação entre si.

Isto facilita estabelecer as bases de correlação utilizadas para consistir as séries hidrológicas, nas rotinas de preenchimento de falhas, e também na ampliação temporal das informações.

Buscou-se no banco de dados da ANA (Hidroweb), estações fluviométricas com enfoque na proximidade entre postos, observando-se alguns critérios, como: atualidade dos dados observados, dados consistidos, menor quantidade de falhas, área de drenagem e proximidade com o local de estudo.

Estudo de correlação entre postos

A série de vazão média mensal é um dos principais elementos de cálculo de geração de energia. Em primeiro lugar, foram atualizados os dados de vazões médias mensais nos postos pré-selecionados para o período disponível.

Sendo geradas as vazões médias mensais dos postos baixados do banco de dados da ANA e processados no Hidroweb/ANA. Sabe-se que quanto mais próximo o coeficiente de determinação (R^2) estiver da unidade, melhor será o ajuste.

Para preenchimento das falhas de observação do posto base, foram consultados os postos pré-selecionados mais próximos a estação base e com características semelhantes na região, sendo determinados assim os coeficientes de correlação com dados disponíveis e consistidos nos períodos de interesse conforme a Tabela 14.

Tabela 14: Estudo de correlação entre o Posto Base e os postos pré-selecionados

ESTUDO DE CORRELAÇÃO ENTRE POSTOS	R² (dados existentes) Período Ago/1957 a Dez/2014	EQUAÇÃO DE TRANSFERÊNCIA (m³/s)
Passo do Coimbra– Passo Linha do Rio	0,7804	$Q_{PDC} = 0,5976 Q_{PLR} + 2,9321$
Passo do Coimbra – Santa Cruz- Montante	0,6828	$Q_{PDC} = 1,0989 Q_{SCM} + 0,5911$
Passo do Coimbra–Linha Colombo	0,6728	$Q_{PDC} = 0,3853 Q_{LC} + 1,2660$
Passo do Coimbra – Passo Carreiro	0,6619	$Q_{PDC} = 0,3792 Q_{PC} +$

**ESTUDO DE CORRELAÇÃO
ENTRE POSTOS**

**R² (dados
existentes)**

Período

**Ago/1957 a
Dez/2014**

**EQUAÇÃO DE
TRANSFERÊNCIA**

(m³/s)

2,4655

Para a geração da equação de correlação, foram tomados os períodos comuns dos postos, sendo consideradas as vazões médias mensais dos respectivos postos. Sendo considerado o período de agosto/1957 a dezembro/2014, contemplando o período com dados consistidos.

Os coeficientes de correlação, as equações de regressão e os índices dos ajustes dos postos selecionados para preenchimento das falhas de observação e/ou extensão da série podem ser visualizados na Figura 38, Figura 39, Figura 40 e Figura 41.

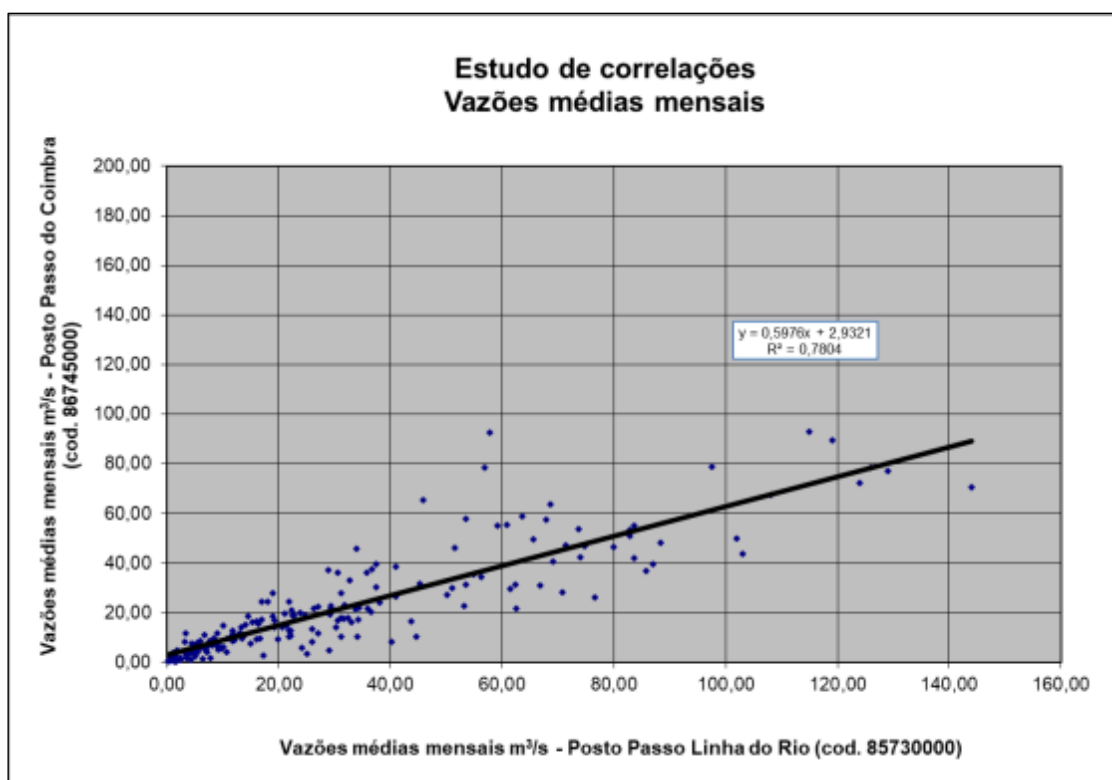


Figura 38: Correlação entre as estações Passo do Coimbra – Passo Linha do Rio

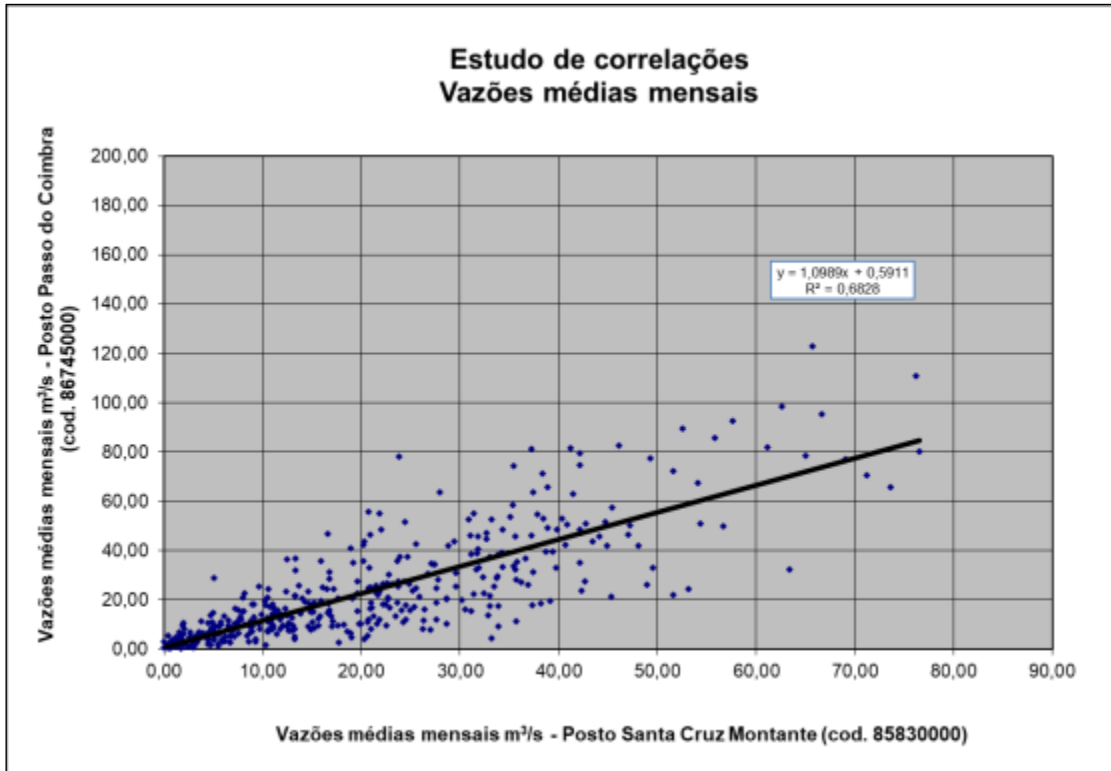


Figura 39: Correlação entre as estações Passo do Coimbra – Santa Cruz-Montante

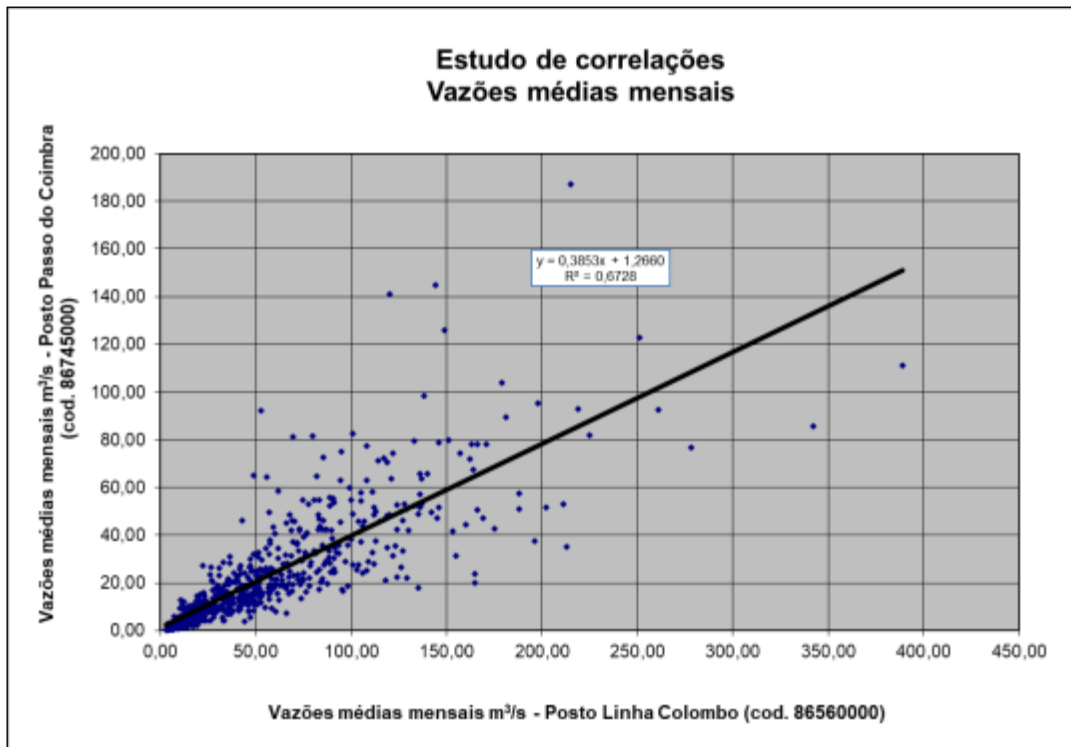


Figura 40: Correlação entre as estações Passo do Coimbra – Linha Colombo

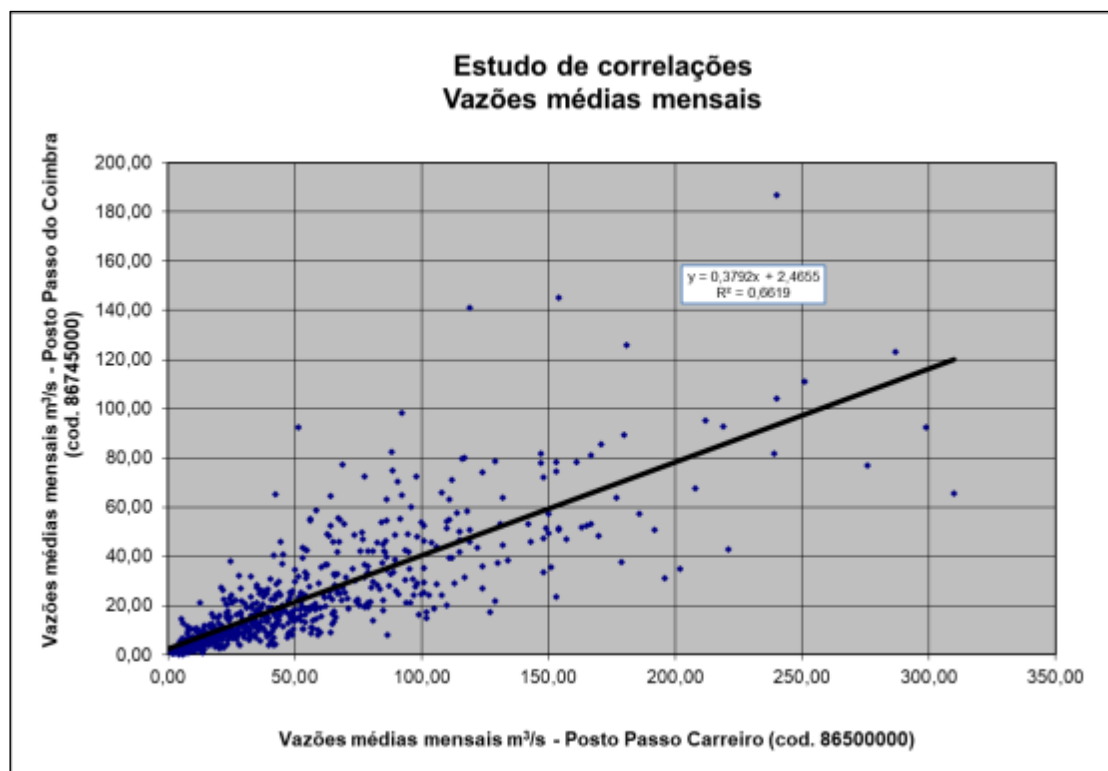


Figura 41: Correlação entre as estações Passo do Coimbra – Passo Carreiro

Como a série atualizada do posto Passo do Coimbra (cód. 86745000), adquirida do banco de dados da ANA (Sistema Hidroweb) com período de observação de ago/1957 a dez/2014, não possui falhas de observação e, diferentemente do projeto básico aprovado anteriormente, foi optado pela não extensão da série hidrológica até 1939, pois a recomendação contida no sumário executivo descreve que “é obrigatória a extensão da série com dados de postos fluviométricos da mesma bacia que apresentem correlação superior a 80% ($R^2 > 0,8$)”, como não existe posto na região que atenda essa exigência, foi optado em manter a série com o período disponibilizado e consistido pela ANA.

A partir da série de vazões médias consistidas existente do posto base, calculou-se em planilha Excel a série das vazões médias mensais no eixo de interesse, por transposição direta de área de drenagem.

Vazões médias mensais do Posto Passo do Coimbra – cód 86745000 (original)

Série de vazões médias mensais baixadas no dia 07 de agosto/2019 do site da ANA (<http://hidroweb.ana.gov.br>) e processadas no programa HIDRO – Sistema de Informações Hidrológicas v. 1.4 – ANA gerando a série a seguir.

Tabela 15: Série original obtida do banco de dados da ANA (consistido, média diária 1957 a 2014) através do site www.ana.gov.br. (sistemahidroweb). (Data da consulta ao site 07 de agosto de 2019). Consistido, Média Diária, 08/1957 - 12/2014.

POSTO PASSO DO COIMBRA 86745000 - SÉRIE DE VAZÕES MÉDIAS MENSAIS (m³/s)

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA
1957	-	-	-	-	-	-	-	29,3	53,8	13,6	23	15,9	27,12
1958	6,16	2,57	12,8	3,23	2,29	28,7	5,27	42,2	25	64,8	10,4	41,9	20,44
1959	4,43	16,7	27,1	54,3	17,8	74,9	16,4	49,6	59,9	19,6	4,81	4,3*	29,15
1960	2,56*	4,18*	4,82*	4,81*	4,23*	19,1*	7,93	36,2	49	25,8	9,41*	4,71*	14,40
1961	5,61*	2,83*	13,7*	13,6*	6,88*	25,8*	17,7*	15,4*	104	72,3	12,6	5,96	24,70
1962	6,58	1,88	1,55	2,44	4,61	3,71	9,98	8,87	15,3	6,1	4,05	2,89	5,66
1963	11,9	9,11	7,25	5,22	3,67	11	12,8	22	63	126	20,8	16,4	25,76
1964	2,06	1,91	0,891	2,78	3,76	0,97	8,82	28,3	53	8,84	5,44	7,6	10,36
1965	5,22	1,93	2,93	2,44	4,25	6,09	7,73	42,7*	51,8*	22,5*	12,4*	31,4*	15,95
1966	10,8	45	29,9	4,59	2,47	33,5	51,6	141	145	52,6	30,9	42,3	49,14
1967	5,07	4,34	6,29	3,58	3,68	8,14	19,3	24,4	187	24,9	5,84	18,9*	25,95
1968	2,58*	2,14*	3,15*	4,25	3,41	6,74	23,7	2,53	15,4	8,00	64,4	2,2	11,54
1969	28,3	54,7	10,3	6,24	9,09	14,9	9,54	9,32	8,63	4,88	11,4	4,84	14,35
1970	3,43	6,27	10,5	2,72	65,2	58,7	29,7	16,7	7,43	17,6	3,06	18,7	20,00
1971	12,6	16,4	92,4	8,22	17	42,2	36	46,1	6,48	7,02	1,56	1,15	23,93
1972	6,49	11,6	5,91	27,8	6,63	78,3	41,9	92,9	78,8	31,7	31,3	22,4	36,31
1973	11,4	21,3	8,64	7,35	46,8	19,7	48,1	57,2	57,8	24,3	12,7	24,3	28,30
1974	16	21	19,2	4,08	13,8	72,5	10,2	10,3	8,34	3,98	6,71	15,5	16,80

POSTO PASSO DO COIMBRA 86745000 - SÉRIE DE VAZÕES MÉDIAS MENSAIS (m³/s)

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA
1975	16,8	18,4	7,87	5,89	5,05	20	9,55	54,9	53,1	18,6	24,3	11,3	20,48
1976	14,8	8,55	12,5	5,81	20,7	21,7	27,2	45,5	18,9	13,9	22,8	16	19,03
1977	9,12	8,46	14,5	17,8	5,65	14	55,4	49,5	37,1	5,62	11,7	6,87	19,64
1978	4,29	3,45	0,942	0,226	0,279	1,69	24,1	22,5	21,7	6,27	30,8	14	10,85
1979	0,88	0,899	1,22	5,97	10,2	10,8	26,3	26,1	8,26	67,5	39,4	17,4	17,91
1980	3,81	3,48	6,22	2,74	10,7	5,21	32,8	35,9	15,1	34,4	38,4	18,8	17,30
1981	9,51	21,9	9,32	3,57	1,98	11,2	6,14	4,45	46,3	19,4	22,6	8,11	13,71
1982	2,77	3,19	1,4	0,629	2,66	43,5	39,4	36,8	29,6	63,7	89,5	8,46	26,80
1983	4,06	30,2	35,3	31,3	78,3	53,7*	76,9*	47,1*	9,53*	16,6*	13,3*	4,57*	33,41
1984	10,1*	16,9	4,31	40,5	72,1	70,5	50,9	37,4	21,7	27,6	9,08	4,02	30,43
1985	2,32*	4,03*	10,4	54,9	21,5	16,2	22,6	49,9*	28	5,93	1,67	0,793	18,19
1986	0,337	0,393	4,57	19,5	13,8	20,3	34,5	48,5	18,5	24,8	77,4	14,4*	23,08
1987	11,6*	7,87	2,01	30,5	31,2	23,4	80	24,4	33,5	33,4	19	3,76	25,05
1988	8,08	6,97	1,9	8,37	8,13	23,6	12,9	3,2	95,2*	26,6*	19,0*	6,42*	18,36
1989	13,4	7,83	6,86	10,8	9,86	4,03	46,3	18,4	92,6	13,6	9,27	4,01	19,75
1990	23,2	10,8	13,1	27,1*	48,4	44,6	25	6,63	63,8	50,9*	32,4*	7,03	29,41
1991	3,00	3,00	0,685	4,27*	1,79	36,5	15,5	7,18	7,1	9,99	5,6	28,9	10,29
1992	11,7	12,7*	18,0*	26,2*	35,6*	48,6*	20	18,1	26,5*	11,1*	14,5*	9,77*	21,06
1993	9,63	12,1	9,72	6,09	15,6	41,9	23,7	5,08	7,88*	4,11	32,2	25,4	16,12
1994	6,94	7,91	8,18	32,8	82,6	48,6	41,8	22,2	13,7	47,2	17,9	13,2	28,59

POSTO PASSO DO COIMBRA 86745000 - SÉRIE DE VAZÕES MÉDIAS MENSAIS (m³/s)

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA
1995	17,2	11,4	11,8	3,75	3,02	28,6	42,1	17,8	20,5	35,7*	3,36	1,58	16,40
1996	29,1*	42,7	7,89	26,4	3,15	11,9	18,3	27,5	28,2	49	12	2,92	21,59
1997	1,99	8,32	5,15	0,993	1,35	9,35	14,6	51,6	7,48	111	85,6	16,7	26,18
1998	25,3*	35,0*	15,4	20,4	21,2	19,7	32,9	53,1	42,4	13,7	4,8	3,68	23,97
1999	1,7*	3,51	1,32	12,1	6,35	25	27,5	9,09	17,7	32,3	9,66*	3,95	12,52
2000	6,96	9,43	27,4	12,3*	9,08	31	37,3	15,8	58,3*	57,4	18,5*	5,48	24,08
2001	17,5	20,2	11,8	21,3	19,3	14	71,1	6,81	43,7	51,5	9,31	10,7	24,77
2002	4,61	4,44	5,21	20,6	34,8	74,5	54,7	45,7*	29	65,8	63	45,8	37,35
2003	18	9,21	12	9,58	15,9	21,9	55,7	6,18	4,17	45,9	20,4	50,1	22,42
2004	9,34	8,85*	1,63	2,1	15,1	9,69	25,9	8,45	15,6	14,7*	25,2*	4,7	11,77
2005	5,41	0,724	0,968	12,5	38,7*	46,6	25,3	25,4*	32,9	81,8	11,1	5,53	23,91
2006	2,8	2,18	2,36	2,04	2,61	16,7*	40,9*	15,8*	10,0*	5,19	24,8*	4,25	10,80
2007	2,35	5,47	10,9	7,00	24,6	8,50*	37,5*	16,7*	33,4*	22,1	25,6	4,35	16,54
2008	2,26	1,67	1,82	0,956	11,1	23,3	13,4	46	13,5	81,7	24,2	1,38	18,44
2009	10,8	10,9	8,82	2,97	3,68	6,17	16,4*	74,2	123	39,9	98,4	55,1	37,53
2010	79,6	21	6,37	21,00	24,5	18,7	45,8	10,3	81,1	10	10,6	11,2	28,35
2011	7,96	23,4	36,6	39,3	13,7	24,5	65,6	53,1*	15,1	10,4	4,66	1,15	24,62
2012	1,57	2,32	4,64	1,32	0,572	2,39	21,7	11,1	52,5	18,0*	4,82	22,6	11,96
2013	15,1	14,6*	31,9	11,5	15,3	17,2	21	50,6	34,9	16	38	6,7	22,73
2014	8,04*	10,4	24,3	16,4	13,9	78,1	42,4	8,32	43,6	52,5	7,53	8,05*	26,13

POSTO PASSO DO COIMBRA 86745000 - SÉRIE DE VAZÕES MÉDIAS MENSAIS (m³/s)

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA
Média	10,09	11,55	11,48	12,93	17,01	27,24	30,49	30,90	40,43	31,90	22,47	13,28	21,69

Legenda: * - estimado; ? - duvidoso; # - régua seca

Através do estudo de correlações, com as equações de transferência obtidas entre as estações fluviométricas consideradas, e visando atender ao Sumário Executivo “Série de vazões médias mensais” (item 4), onde “é obrigatória a extensão da série com dados de postos fluviométricos da mesma bacia que apresentem correlação superior a 80% ($R^2 > 0,8$)”, concluímos que nenhum posto apresentou R^2 condizente com a recomendação para a extensão da série de vazões médias mensais do posto base, sendo assim mantido a série disponível e consistido pela ANA.

Séries de vazões médias mensais geradas para a PCH Vale do Leite

Para a obtenção da série da PCH, foi adotada a metodologia de transposição direta por relação de área de drenagem do posto base. A transposição das vazões é feita através da proporcionalidade de áreas das bacias hidrográficas, pela fórmula:

$Q_{VL} \text{ (PCH Vale do Leite)} = Q_P \text{ (Passo do Coimbra)} * A_U \text{ (PCH Vale do Leite)} / A_P \text{ (Passo do Coimbra)}$, onde Q_U e Q_P são as vazões no local da usina e do posto, e A_U e A_P são as áreas das respectivas bacias hidrográficas (áreas de drenagem).

Tabela 16: Série vazões médias mensais gerada para o local da PCH Vale do Leite

SÉRIE DE VAZÕES MÉDIAS MENSAIS (m³/s) - GERADA PARA A PCH VALE DO LEITE													
ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA
1957	-	-	-	-	-	-	-	27,04	49,65	12,55	21,23	14,67	25,03
1958	5,68	2,37	11,81	2,98	2,11	26,49	4,86	38,95	23,07	59,80	9,60	38,67	18,87
1959	4,09	15,41	25,01	50,11	16,43	69,12	15,14	45,77	55,28	18,09	4,44	3,97	26,91
1960	2,36	3,86	4,45	4,44	3,90	17,63	7,32	33,41	45,22	23,81	8,68	4,35	13,29
1961	5,18	2,61	12,64	12,55	6,35	23,81	16,34	14,21	95,98	66,72	11,63	5,50	22,79
1962	6,07	1,74	1,43	2,25	4,25	3,42	9,21	8,19	14,12	5,63	3,74	2,67	5,23
1963	10,98	8,41	6,69	4,82	3,39	10,15	11,81	20,30	58,14	116,28	19,20	15,14	23,78
1964	1,90	1,76	0,82	2,57	3,47	0,90	8,14	26,12	48,91	8,16	5,02	7,01	9,56
1965	4,82	1,78	2,70	2,25	3,92	5,62	7,13	39,41	47,81	20,76	11,44	28,98	14,72
1966	9,97	41,53	27,59	4,24	2,28	30,92	47,62	130,13	133,82	48,54	28,52	39,04	45,35
1967	4,68	4,01	5,80	3,30	3,40	7,51	17,81	22,52	172,58	22,98	5,39	17,44	23,95
1968	2,38	1,97	2,91	3,92	3,15	6,22	21,87	2,33	14,21	7,38	59,43	2,03	10,65
1969	26,12	50,48	9,51	5,76	8,39	13,75	8,80	8,60	7,96	4,50	10,52	4,47	13,24
1970	3,17	5,79	9,69	2,51	60,17	54,17	27,41	15,41	6,86	16,24	2,82	17,26	18,46
1971	11,63	15,14	85,27	7,59	15,69	38,95	33,22	42,54	5,98	6,48	1,44	1,06	22,08
1972	5,99	10,71	5,45	25,66	6,12	72,26	38,67	85,74	72,72	29,26	28,89	20,67	33,51
1973	10,52	19,66	7,97	6,78	43,19	18,18	44,39	52,79	53,34	22,43	11,72	22,43	26,12
1974	14,77	19,38	17,72	3,77	12,74	66,91	9,41	9,51	7,70	3,67	6,19	14,30	15,51
1975	15,50	16,98	7,26	5,44	4,66	18,46	8,81	50,67	49,01	17,17	22,43	10,43	18,90

SÉRIE DE VAZÕES MÉDIAS MENSAIS (m³/s) - GERADA PARA A PCH VALE DO LEITE

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA
1976	13,66	7,89	11,54	5,36	19,10	20,03	25,10	41,99	17,44	12,83	21,04	14,77	17,56
1977	8,42	7,81	13,38	16,43	5,21	12,92	51,13	45,68	34,24	5,19	10,80	6,34	18,13
1978	3,96	3,18	0,87	0,21	0,26	1,56	22,24	20,76	20,03	5,79	28,42	12,92	10,02
1979	0,81	0,83	1,13	5,51	9,41	9,97	24,27	24,09	7,62	62,29	36,36	16,06	16,53
1980	3,52	3,21	5,74	2,53	9,87	4,81	30,27	33,13	13,94	31,75	35,44	17,35	15,96
1981	8,78	20,21	8,60	3,29	1,83	10,34	5,67	4,11	42,73	17,90	20,86	7,48	12,65
1982	2,56	2,94	1,29	0,58	2,45	40,15	36,36	33,96	27,32	58,79	82,60	7,81	24,73
1983	3,75	27,87	32,58	28,89	72,26	49,56	70,97	43,47	8,80	15,32	12,27	4,22	30,83
1984	9,32	15,60	3,98	37,38	66,54	65,06	46,97	34,52	20,03	25,47	8,38	3,71	28,08
1985	2,14	3,72	9,60	50,67	19,84	14,95	20,86	46,05	25,84	5,47	1,54	0,73	16,78
1986	0,31	0,36	4,22	18,00	12,74	18,73	31,84	44,76	17,07	22,89	71,43	13,29	21,30
1987	10,71	7,26	1,85	28,15	28,79	21,60	73,83	22,52	30,92	30,82	17,53	3,47	23,12
1988	7,46	6,43	1,75	7,72	7,50	21,78	11,91	2,95	87,86	24,55	17,53	5,92	16,95
1989	12,37	7,23	6,33	9,97	9,10	3,72	42,73	16,98	85,46	12,55	8,56	3,70	18,22
1990	21,41	9,97	12,09	25,01	44,67	41,16	23,07	6,12	58,88	46,97	29,90	6,49	27,15
1991	2,77	2,77	0,63	3,94	1,65	33,69	14,30	6,63	6,55	9,22	5,17	26,67	9,50
1992	10,80	11,72	16,61	24,18	32,85	44,85	18,46	16,70	24,46	10,24	13,38	9,02	19,44
1993	8,89	11,17	8,97	5,62	14,40	38,67	21,87	4,69	7,27	3,79	29,72	23,44	14,87
1994	6,40	7,30	7,55	30,27	76,23	44,85	38,58	20,49	12,64	43,56	16,52	12,18	26,38
1995	15,87	10,52	10,89	3,46	2,79	26,39	38,85	16,43	18,92	32,95	3,10	1,46	15,14

SÉRIE DE VAZÕES MÉDIAS MENSAIS (m³/s) - GERADA PARA A PCH VALE DO LEITE

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA
1996	26,86	39,41	7,28	24,36	2,91	10,98	16,89	25,38	26,03	45,22	11,07	2,69	19,92
1997	1,84	7,68	4,75	0,92	1,25	8,63	13,47	47,62	6,90	102,44	79,00	15,41	24,16
1998	23,35	32,30	14,21	18,83	19,57	18,18	30,36	49,01	39,13	12,64	4,43	3,40	22,12
1999	1,57	3,24	1,22	11,17	5,86	23,07	25,38	8,39	16,34	29,81	8,92	3,65	11,55
2000	6,42	8,70	25,29	11,35	8,38	28,61	34,42	14,58	53,80	52,97	17,07	5,06	22,22
2001	16,15	18,64	10,89	19,66	17,81	12,92	65,62	6,28	40,33	47,53	8,59	9,87	22,86
2002	4,25	4,10	4,81	19,01	32,12	68,75	50,48	42,18	26,76	60,73	58,14	42,27	34,47
2003	16,61	8,50	11,07	8,84	14,67	20,21	51,40	5,70	3,85	42,36	18,83	46,24	20,69
2004	8,62	8,17	1,50	1,94	13,94	8,94	23,90	7,80	14,40	13,57	23,26	4,34	10,86
2005	4,99	0,67	0,89	11,54	35,72	43,01	23,35	23,44	30,36	75,49	10,24	5,10	22,07
2006	2,58	2,01	2,18	1,88	2,41	15,41	37,75	14,58	9,23	4,79	22,89	3,92	9,97
2007	2,17	5,05	10,06	6,46	22,70	7,84	34,61	15,41	30,82	20,40	23,63	4,01	15,26
2008	2,09	1,54	1,68	0,88	10,24	21,50	12,37	42,45	12,46	75,40	22,33	1,27	17,02
2009	9,97	10,06	8,14	2,74	3,40	5,69	15,14	68,48	113,51	36,82	90,81	50,85	34,63
2010	73,46	19,38	5,88	19,38	22,61	17,26	42,27	9,51	74,85	9,23	9,78	10,34	26,16
2011	7,35	21,60	33,78	36,27	12,64	22,61	60,54	49,01	13,94	9,60	4,30	1,06	22,72
2012	1,45	2,14	4,28	1,22	0,53	2,21	20,03	10,24	48,45	16,61	4,45	20,86	11,04
2013	13,94	13,47	29,44	10,61	14,12	15,87	19,38	46,70	32,21	14,77	35,07	6,18	20,98
2014	7,42	9,60	22,43	15,14	12,83	72,08	39,13	7,68	40,24	48,45	6,95	7,43	24,11
Média	9,31	10,66	10,60	11,93	15,70	25,14	28,14	28,52	37,31	29,44	20,74	12,26	20,02

SÉRIE DE VAZÕES MÉDIAS MENSAIS (m³/s) - GERADA PARA A PCH VALE DO LEITE

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA
Min	0,31	0,36	0,63	0,21	0,26	0,90	4,86	2,33	3,85	3,67	1,44	0,73	0,21
Máx	73,46	50,48	85,27	50,67	76,23	72,26	73,83	130,13	172,58	116,28	90,81	50,85	172,58

MÍNIMA MÉDIA MENSAL 0,21 m³/s

MÁXIMA MÉDIA MENSAL 172,58 m³/s

MÉDIA MENSAL 20,02 m³/s

8.1.2.3.14 Curvas de disponibilidade hídrica

Curva de permanência das vazões médias mensais

A curva de permanência relaciona a vazão do rio, com o tempo em que determinada vazão é igual a um dado valor. Para a elaboração da curva de permanência, os dados foram organizados de forma a ficar estabelecida uma frequência relativa acumulada. A partir destes dados é que se estabelece uma probabilidade de ocorrência das vazões. Uma melhor visualização e interpretação destes dados dão-se através da observação do gráfico em que estão representadas as vazões e as frequências com que ocorrem (a chamada curva de permanência de vazões). A Figura 43 apresenta o gráfico representativo da curva de permanência das vazões médias mensais para o eixo do aproveitamento.

Curva de Permanência da PCH Vale do Leite - Vazões Médias Mensais

Área de drenagem = 730,00 km²

Q mlt = 20,02 m³/s

Q mlt espec. = 27,42 l/s/km²

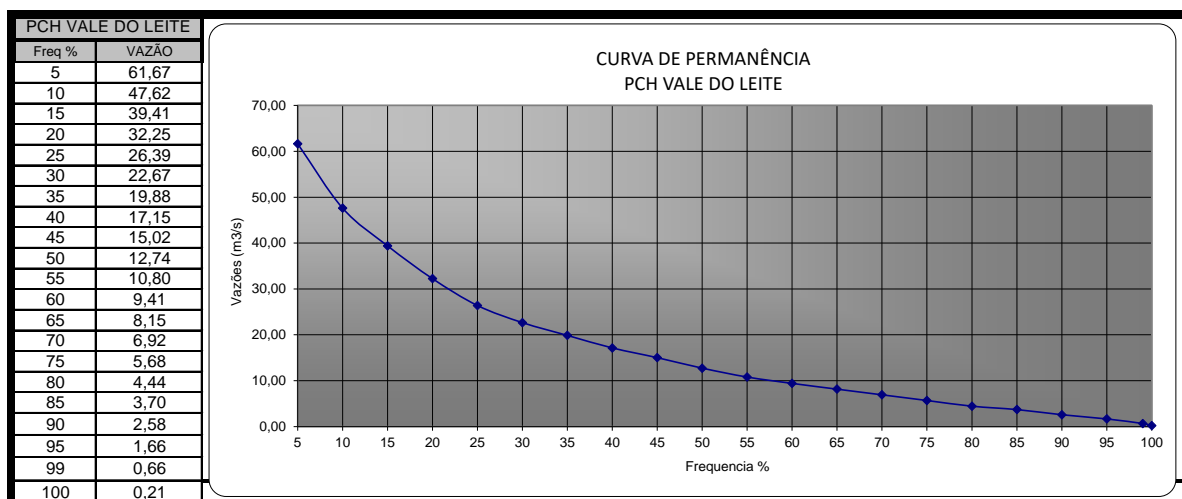


Figura 42: Curva de Permanência PCH Vale do Leite (Vazões Médias Mensais).

Curva de permanência das vazões médias diárias

Visando atender as exigências dos órgãos ambientais e a obtenção da reserva hídrica, bem como a outorga de água, foram calculadas as curvas de permanência considerando as vazões médias diárias disponibilizadas pela ANA. A

Figura 43 apresenta o gráfico representativo da curva de permanência das vazões médias diárias para o eixo do aproveitamento.

Curva de Permanência da PCH Vale do Leite – Vazões Médias Diárias

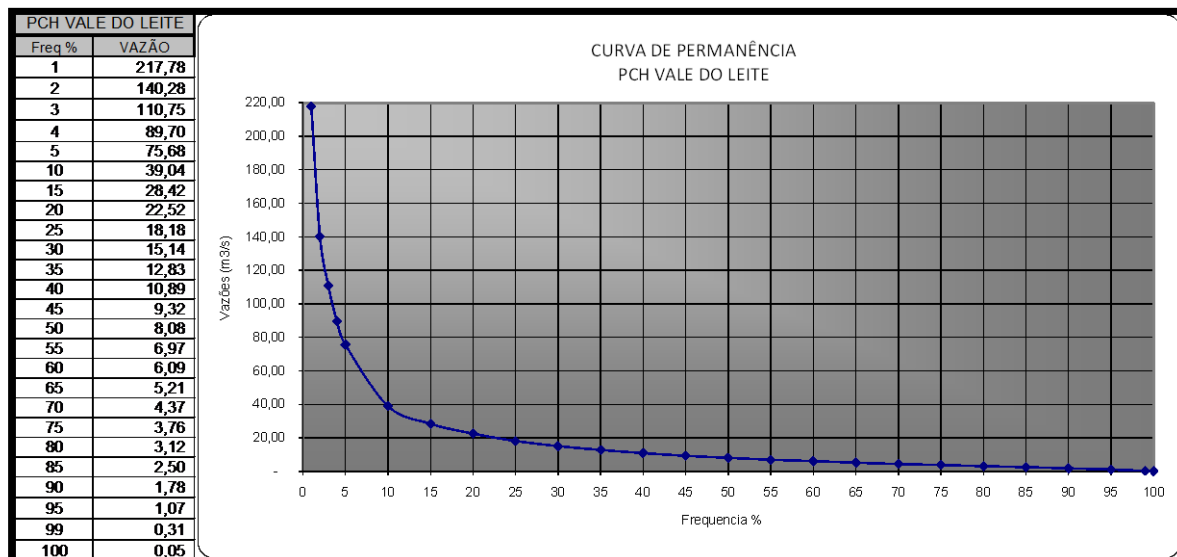


Figura 43: Curva de Permanência PCH Vale do Leite (Vazões Médias Diárias).

Sendo extraídos os seguintes dados:

Para a permanência de 50% temos $Q_{50\%} = 8,08 \text{ m}^3/\text{s}$, cuja vazão específica é $11,07 \text{ l/s km}^2$.

A vazão máxima a ser turbinada será $27,29 \text{ m}^3/\text{s}$, que equivale 16% da curva de permanência de vazões médias diárias.

Vazões de cheia (vazões extremas)

A estimativa de longo prazo de vazões máximas baseia-se em análises estatísticas da série de vazões máximas anuais, extraídas de séries de vazões médias diárias representativas do regime fluvial na bacia em estudo, ou seja, é determinada a probabilidade de que ocorra um evento extremo com base em dados históricos registrados anteriormente e transferidos para o local em estudo. Portanto, é recomendado dispor da maior série histórica de máximas anuais. As vazões máximas são utilizadas para o dimensionamento do vertedouro, cota de proteção das demais estruturas (casa de máquinas, tomada d'água, etc.) e das estruturas de desvio do rio.

O conhecimento e modelagem dos estudos de eventos máximos são de fundamental importância para subsidiar os dimensionamentos hidráulicos, de tal forma a dotar o aproveitamento das condições de segurança exigidas para obras desta natureza.

Este tipo de avaliação, considerando que as cheias estão associadas a uma probabilidade de ocorrência, depende diretamente de técnicas estatísticas nas quais deve se identificar um tipo de distribuição que melhor se ajuste às variáveis selecionadas. Nesta avaliação, foram utilizadas as séries de vazões máximas diárias da estação fluviométrica base dos estudos Passo do Coimbra (86745000). Utilizou-se as informações hidroweb/ANA registradas entre 1957 a 2014. A tabela mostra resumo com os dados de vazões máximas anuais do posto base e do aproveitamento (Hidroweb/ANA).

Tabela 17: Vazões máximas anuais do posto base e do aproveitamento

LOCAL	POSTO PASSO DO COIMBRA - 86745000	PCH VALE DO LEITE
Área Drenagem (km ²)	791,00	730,00
ANO	Q_{max} (m³/s)	Q_{max} (m³/s)
1957	530,00	489,13
1958	620,00	572,19
1959	804,00	742,00
1960	408,00	376,54
1961	485,00	447,60
1962	43,40	40,05
1963	482,00	444,83
1964	287,00	264,87
1965	214,00	197,50
1966	554,00	511,28
1967	842,00	777,07
1968	197,00	181,81
1969	299,00	275,94
1970	426,00	393,15
1971	1007,00	929,34
1972	440,00	406,07

LOCAL	POSTO PASSO DO COIMBRA - 86745000	PCH VALE DO LEITE
Área Drenagem (km ²)	791,00	730,00
ANO	Q _{max} (m ³ /s)	Q _{max} (m ³ /s)
1973	517,00	477,13
1974	936,00	863,82
1975	393,00	362,69
1976	289,00	266,71
1977	343,00	316,55
1978	221,00	203,96
1979	412,00	380,23
1980	445,00	410,68
1981	258,00	238,10
1982	843,00	777,99
1983	543,00	501,13
1984	769,00	709,70
1985	340,00	313,78
1986	589,00	543,58
1987	453,00	418,07
1988	565,00	521,43
1989	545,00	502,97
1990	1028,00	948,72
1991	238,00	219,65
1992	229,00	211,34
1993	257,00	237,18
1994	595,00	549,12
1995	205,00	189,19
1996	387,00	357,16
1997	533,00	491,90
1998	316,00	291,63
1999	321,00	296,25
2000	486,00	448,52
2001	1254,00	1157,29
2002	494,00	455,90
2003	712,00	657,09

LOCAL	POSTO PASSO DO COIMBRA - 86745000	PCH VALE DO LEITE
Área Drenagem (km ²)	791,00	730,00
ANO	Q _{max} (m ³ /s)	Q _{max} (m ³ /s)
2004	123,00	113,51
2005	503,00	464,21
2006	364,00	335,93
2007	222,00	204,88
2008	611,00	563,88
2009	507,00	467,90
2010	1290,00	1190,52
2011	420,00	387,61
2012	447,00	412,53
2013	362,00	334,08
2014	362,00	334,08

O manual da Eletrobrás recomenda que para a definição das cheias de projeto, serão utilizadas duas distribuições: exponencial de dois parâmetros (estimada pelo método dos momentos), sempre que a assimetria da amostra for superior a 1,5, e Gumbel (extremos do tipo I), para assimetrias amostrais inferiores a 1,5.

No nosso caso a assimetria é igual a 1,21, valor inferior a 1,5, então podemos utilizar o Método de Gumbel. Utilizando os dados de vazões máximas anuais, obtemos os seguintes valores:

$$\text{Média} = 451,34 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Desvio Padrão} = 238,5 \text{ m}^3/\text{s}$$

Definida a base estatística para a obtenção dos eventos extremos Q_{INST} , é oportuno mencionar que os valores calculados foram majorados pelo Coeficiente de Fuller, quando da sua transferência para o eixo do barramento proposto neste estudo de projeto básico, conforme formulação abaixo, para considerar o efeito do pico instantâneo das ondas de cheia.

$$Q_{INST} = \lambda Q_{MED}$$

$$\lambda = 1 + a / (AD)^b$$

Onde:

AD: área de drenagem (km²);

A: 2,6 e b= 0,3

O vertedouro e as demais estruturas da PCH Vale do Leite foram dimensionadas para atender a cheia de projeto com tempo de recorrência TR=10.000 anos, que é 2.797,49 m³/s. O vertedouro terá como capacidade máxima em "ultimate capacity" de 4.370,32 m³/s.

MÉTODO DE GUMBEL

Vazões Máximas		Assimetria	
AD USINA=	730,00 km ²	n=	58
Qmed=	451,34 m ³ /s	Assimetria=	1,21
□□	238,5 m ³ /s	Usar Gumbel	

ANO	Qmax	ANO	X ₁ - MÉDIA
1957	489,13	1957	53941,9
1958	572,19	1958	1764695,8
1959	742,00	1959	24554342,3
1960	376,54	1960	-418636,2
1961	447,60	1961	-52,6
1962	40,05	1962	-69573854,6
1963	444,83	1963	-276,4
1964	264,87	1964	-6484422,2
1965	197,50	1965	-16357424,0
1966	511,28	1966	215280,0
1967	777,07	1967	34557862,0
1968	181,81	1968	-19581647,1
1969	275,94	1969	-5396371,6
1970	393,15	1970	-197093,6
1971	929,34	1971	109214664,7
1972	406,07	1972	-92807,9

MÉTODO DE GUMBEL

1973	477,13	1973	17146,8
1974	863,82	1974	70176357,9
1975	362,69	1975	-696703,8
1976	266,71	1976	-6293771,1
1977	316,55	1977	-2449180,1
1978	203,96	1978	-15140090,3
1979	380,23	1979	-359668,8
1980	410,68	1980	-67225,2
1981	238,10	1981	-9696291,4
1982	777,99	1982	34852436,7
1983	501,13	1983	123368,8
1984	709,70	1984	17244095,7
1985	313,78	1985	-2603217,3
1986	543,58	1986	784648,5
1987	418,07	1987	-36852,5
1988	521,43	1988	344250,5
1989	502,97	1989	137606,4
1990	948,72	1990	123044928,5
1991	219,65	1991	-12438400,8
1992	211,34	1992	-13824610,2
1993	237,18	1993	-9822731,0
1994	549,12	1994	934622,0
1995	189,19	1995	-18016194,1
1996	357,16	1996	-835580,3
1997	491,90	1997	66689,9
1998	291,63	1998	-4073979,5
1999	296,25	1999	-3730967,9
2000	448,52	2000	-22,5
2001	1157,29	2001	351822486,5
2002	455,90	2002	94,8
2003	657,09	2003	8709860,1
2004	113,51	2004	-38555917,9
2005	464,21	2005	2129,9
2006	335,93	2006	-1537375,8

MÉTODO DE GUMBEL

2007	204,88	2007	-14971280,1
2008	563,88	2008	1425254,6
2009	467,90	2009	4539,5
2010	1190,52	2010	403869748,5
2011	387,61	2011	-258876,6
2012	412,53	2012	-58479,6
2013	334,08	2013	-1612321,1
2014	334,08	2014	-1612321,1

VAZÕES DE CHEIA PCH VALE DO LEITE

MÉTODO DE GUMBEL

TR	1/T	α	μ	Vazão	Vazão Inst
2	0,5000	186,03	344,00	412,19	560,46
10	0,1000	186,03	344,00	762,64	1.036,98
50	0,0200	186,03	344,00	1.069,88	1.454,75
100	0,0100	186,03	344,00	1.199,77	1.631,36
500	0,0020	186,03	344,00	1.499,92	2.039,48
1.000	0,0010	186,03	344,00	1.628,96	2.214,94
10.000	0,0001	186,03	344,00	2.057,39	2.797,49

VAZÕES DE CHEIA PCH VALE DO LEITE

MÉTODO DE GUMBEL

TR	Q (m ³ /s)	Q _{inst} (m ³ /s)
2	412,19	560,46
10	762,64	1.036,98
50	1.069,88	1.454,75
100	1.199,77	1.631,36
500	1.499,92	2.039,48
1.000	1.628,96	2.214,94
10.000	2.057,39	2.797,49

Vazão remanescente (vazão sanitária)

A PCH Vale do Leite é um aproveitamento compacto tipo pé-de-barragem, isto é, a casa de máquina é integrada ao barramento e com isso não possui trecho vazão reduzida (TVR).

8.1.2.3.15 Estudo hidrossedimentológico

O comportamento dos sedimentos transportados nos sistemas fluviais pode se dar de diversas maneiras, sendo dependentes das características dos sedimentos (tamanho da partícula, densidade), do regime do escoamento (laminar ou turbulento), da velocidade da corrente, da declividade do leito, além de estar intimamente ligado ao uso do solo. Os sedimentos que são transportados nos rios são oriundos de processos erosivos que ocorrem em suas vertentes, causados pela atuação dos agentes dinâmicos externos do processo de sedimentação, sendo estes a água, o vento, a gravidade, os agentes biológicos, incluindo a interferência humana, podendo este atuar combinados ou isolados. Para que aconteça o processo de sedimentação há a necessidade que ocorra pelo menos três processos: erosão, transporte e deposição.

Os sedimentos providos da erosão são deslocados de sua posição original, e direcionados a terrenos mais baixos e planos, como depressões ou cursos d'água. Esse deslocamento depende também de diversos fatores como, forma, tamanho e peso da partícula, além das forças exercidas pela ação do escoamento. Partículas de granulometria reduzida (silte, argila e areia fina), permanecem em suspensão pelo fluxo turbulento e são transportadas a jusante do canal. A deposição inicia-se quando o meio transportador deixa de ter energia suficiente para movimentar a partícula, ocorrendo assim o seu acúmulo, em trechos de água mais calmos ou em lagos (reservatórios).

O local do empreendimento e seus arredores imediatos são caracterizados por depósito de colúvios/tálus nas encostas dos corpos hídricos relativamente estáveis. Os processos erosivos na região da PCH Vale do Leite são de pequeno porte e podem ser encontrados principalmente nas encostas dos taludes nos cortes das estradas locais e, em menor escala, entre a vegetação, nos locais mais íngremes dos morros. O solo argiloso do local envolve os blocos de rocha,

auxiliando na sua sustentação. Parte do material fino e argiloso é lixiviado com as precipitações e esse fator é o principal agente de quedas e tombamentos de blocos. Por se tratar de uma PCH bem encaixada na geomorfologia, esse contato tem uma área relativamente pequena e, conseqüentemente, uma baixa taxa de sedimentação e assoreamento.

A inserção de um barramento em uma bacia hidrográfica ocasiona uma mudança no regime fluvial que reduz o gradiente hidráulico, facilitando o processo de deposição de sedimentos pela formação de um ambiente lântico, típico de lago. Este reduz, por sua vez, o volume de armazenamentos do reservatório. Portanto, o transporte de sedimentos se constitui num fenômeno relevante para a estimativa de vida útil de um aproveitamento hidrelétrico.

A descarga sólida total é constituída por um componente em suspensão e outro de arraste, sendo que este último é de mensuração mais incomum e pode ser estimado, segundo a literatura técnica, pela aplicação de um coeficiente de majoração da ordem de 20% ($Q_{ST} = 1,2 Q_{SUSPENSÃO}$).

A quantificação dos sedimentos produzidos pode ser feita a partir de estudos de regionalização (em casos de bacias sem informações), ou por meio de equações paramétricas. Através de pesquisa realizada no sistema Hidroweb do site da ANA, constatou-se que existem informações de sedimentologia, sendo adotada a estação Linha Colombo, que é a estação mais próxima do local do estudo e também por possuir dados disponíveis e confiáveis (Figura 44). Os dados do posto serão utilizados para estabelecer as relações diversas que regem o fenômeno do transporte sólido.

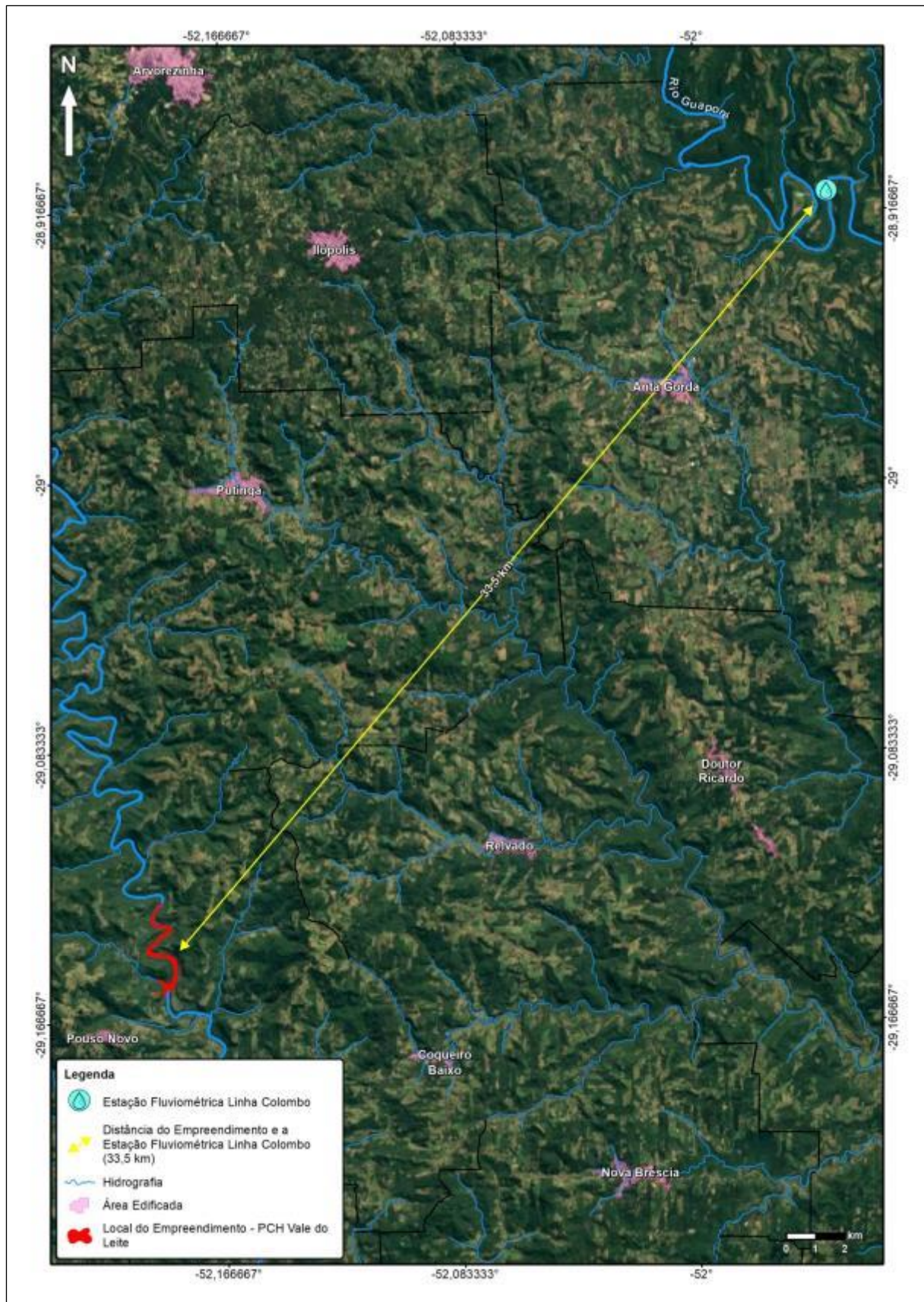


Figura 44: Localização da Estação Linha Colombo em relação à PCH Vale do Leite

Com os valores de concentração medidos nesta estação, se calcularam descargas sólidas em suspensão associadas a cada medição de descargas líquidas, através do Método de Colby (1957), como segue: $Q_{SS} = 0,0864 \times Q_{LÍQ} \times C$.

A conclusão desta etapa possibilitou a da curva-chave de sedimentos em suspensão ($Q_{SS} = k Q_{LÍQ}^t$). Nota-se na Figura 45, a correlação obtida na análise de todos os dados disponíveis na estação Linha Colombo.

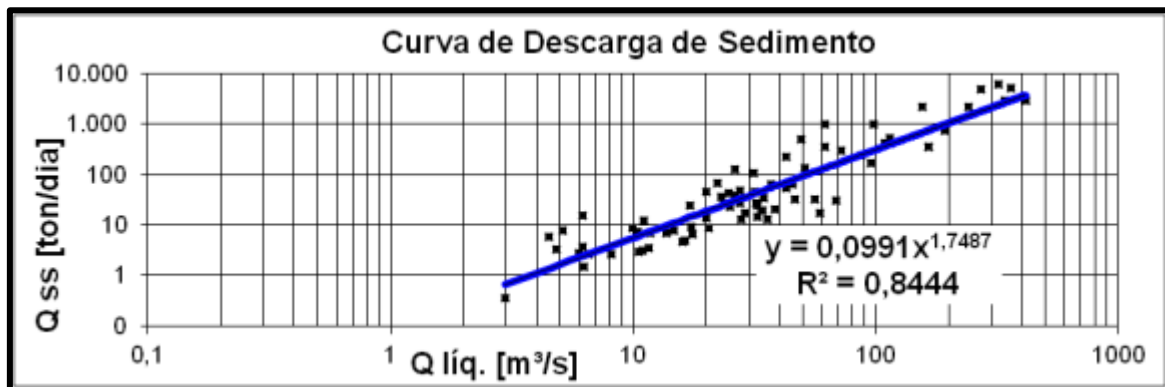


Figura 45: Curva de descarga de Sedimentos estação Linha Colombo.

Na Tabela 18 são apresentados os dados sedimentológicos da estação Linha Colombo, utilizados para gerar a curva de descarga de sedimentos. Os valores de ppm podem ser usados como mg/l até 16.000ppm, sem correção de densidade Conforme Guia de Assoreamento-ANEEL.

Tabela 18: Dados sedimentológicos da Estação Linha Colombo (código: 86560000) (Hidroweb/ANA)

DATA	COTA (cm)	VAZÃO (m ³ /s)	ÁREA MOLHADA (m ²)	LARGURA (m)	VELOCIDADE MÉDIA (m/s)	CONCENTRAÇÃO (ppm)	Q SS (t/dia)
23/03/1979	28	4,49	19,2	11,5	0,233	15,39	5,97
24/05/1979	142	49,3	222	53	0,222	115,26	490,95
17/01/1980	82	17,3	191	74	0,09	79,89	-
19/01/1981	98	26,4	80,1	52	0,33	57,47	131,09
15/04/1981	46	7,46	24,8	13	0,301	48,19	-
15/07/1981	61	9,91	196	73	0,051	80,83	-
19/10/1981	97	20	216	56	0,093	25,86	44,69
28/04/1985	100	27,8	184	58	0,151	20,61	49,50
13/10/1985	91	22,2	173	58	0,128	34,84	66,83
13/01/1986	18	5,11	20,6	12	0,248	17,34	7,66
12/04/1986	167	87,4	218	58	0,401	31,43	237,34
23/04/1987	117	36	189	58	0,19	4,2	13,06
22/07/1987	138	45,7	204	61	0,224	16,26	64,20
19/11/1987	103	29	177	58	0,164	7,04	17,64
21/06/1989	29	6,57	21,2	12	0,31	4,66	2,65
14/06/1993	102	32,7	196	62	0,167	5,14	14,52
22/09/1993	168	97,7	251	66	0,389	120,1	1.013,80
28/03/1994	78	20,6	193	62	0,107	4,87	8,67
26/05/1997	32	6	154	58	0,04	5,28	2,74

DATA	COTA (cm)	VAZÃO (m ³ /s)	ÁREA MOLHADA (m ²)	LARGURA (m)	VELOCIDADE MÉDIA (m/s)	CONCENTRAÇÃO (ppm)	Q SS (t/dia)
26/08/1997	141	59	218	63	0,271	3,46	17,64
01/12/1997	139	56,1	218	64	0,257	6,54	31,70
02/03/1998	214	165	269	65,5	0,613	24,8	353,55
02/03/1998	214	165	269	65,5	0,613	24,8	353,55
25/05/1998	116	38,3	238	63,7	0,161	6,11	20,22
31/08/1998	151	68,8	224	64,5	0,307	5,2	30,91
26/11/1998	71	10,4	173	63,5	0,06	8,14	7,31
22/02/1999	46	6,22	158	63	0,039	6,94	3,73
24/05/1999	44	4,85	155	62,2	0,031	8,11	3,40
01/09/1999	77	14,7	175	62,8	0,084	5,97	7,58
20/11/1999	79	17,5	179	62,7	0,098	5,95	9,00
25/02/2000	50	8,15	156	62	0,052	3,79	2,67
27/05/2000	80	17,3	177	62,8	0,098	16,18	24,18
31/08/2000	109	34,5	204,1	63,8	3,199	11,37	33,89
28/11/2000	99	26,6	192,66	64	0,138	13,03	29,95
18/05/2001	100	28	193	64,1	0,145	5,3	12,82
21/08/2001	82	16,1	178	63,2	0,091	3,31	4,60
20/11/2001	90	13,8	199	63,8	0,069	5,67	6,76
07/02/2002	70	6,19	184	63,8	0,034	29,42	15,73
30/05/2002	115	32,8	211	64,8	0,156	8,76	24,83

DATA	COTA (cm)	VAZÃO (m ³ /s)	ÁREA MOLHADA (m ²)	LARGURA (m)	VELOCIDADE MÉDIA (m/s)	CONCENTRAÇÃO (ppm)	Q SS (t/dia)
22/08/2002	249	242	305	67,2	0,794	103,57	2.165,52
04/12/2002	176	114	252	65	0,453	55,17	543,40
05/03/2003	110	31,8	208	64,3	0,153	16,72	45,94
05/07/2003	85	14,8	194	63,4	0,076	165,88	-
12/08/2004	80	16,5	78,1	43,8	0,211	3,55	5,06
10/11/2004	209	156	272	66,3	0,574	164,33	2.214,91
15/06/2005	306	340	339	68	1	98,21	2.885,02
04/08/2005	94	24,8	199	64,4	0,125	20,65	44,25
21/07/2006	56	11,754	66,51	41	0,177	6,99	7,10
29/11/2006	172	109	248	65	0,44	45,11	424,83
28/05/2007	115	43,05	97,35	44,8	0,442	14,29	53,15
28/03/2008	27	6,246	17,75	8,3	0,351	2,82	1,52
01/08/2008	92	26,3	81,9	43,5	0,321	17,14	38,95
30/09/2009	236	193	290	66,6	0,665	43,83	730,87
10/12/2009	155	72,3	234	65,5	0,309	47,26	295,22
07/05/2010	99	25	203	64,5	0,123	10,407	22,48
16/08/2010	100	27,8	125	50,5	0,222	11,22	26,95
20/11/2010	61	11,1	180	62,6	0,061	12,578	12,06
26/02/2011	142	61,7	232	65,3	0,267	188,3	1.003,80
07/06/2011	91	23,2	199	64,4	0,117	17,77	35,62

DATA	COTA (cm)	VAZÃO (m ³ /s)	ÁREA MOLHADA (m ²)	LARGURA (m)	VELOCIDADE MÉDIA (m/s)	CONCENTRAÇÃO (ppm)	Q SS (t/dia)
30/08/2011	273	272	327	67,7	0,83	211,8	4.977,47
15/11/2011	58	11	177	64	0,62	3,26	3,10
01/03/2012	102	31,5	202	64,5	0,156	40	108,86
28/05/2012	4	2,959	120	45,8	0,022	1,4	0,36
20/08/2012	56	11,7	173	62,28	0,068	3,4	3,44
16/11/2012	50	10,6	169	63,4	0,063	3,3	3,02
02/04/2013	82	20	188	62,9	0,106	7,9	13,65
03/07/2013	122	45,3	208	65,8	0,218	18,7	73,19
04/11/2013	107	34	203	64,62	0,167	6,7	19,68
18/02/2014	45	9,96	165	62,19	0,06	10,2	8,78
07/07/2014	169	95,8	243	64,61	0,394	20,8	172,16
31/10/2014	108	34,3	206	63,2	0,167	6,5	19,26
05/03/2015	137	62,2	225	65,26	0,277	64,4	346,09
09/07/2015	322	363	338	70,87	1,07	161,9	5.077,70
29/10/2015	123	46,4	220	64,75	0,211	8,3	33,27
05/04/2016	106	32,4	202	63,75	0,16	9,5	26,59
26/06/2018	130	51,2	222	65,33	0,231	30,2	133,60
07/07/2016	111	37,2	207	64,34	0,18	20	64,28
27/10/2016	298	323	331	67,85	0,976	225,5	6.293,07
20/02/2017	121	43,1	218	65,89	0,198	59,6	221,94

DATA	COTA (cm)	VAZÃO (m ³ /s)	ÁREA MOLHADA (m ²)	LARGURA (m)	VELOCIDADE MÉDIA (m/s)	CONCENTRAÇÃO (ppm)	Q SS (t/dia)
01/06/2017	340	415	359	70,84	1,157	83,2	2.983,22
04/09/2017	74	17,7	191	65,24	0,093	4,3	6,58
20/04/2018	92	23,6	197	65,93	0,12	12,9	26,30

8.1.2.4 Qualidade da Água

A água constitui elemento vital à natureza de um modo geral, bem como todas as atividades desenvolvidas pela sociedade humana. A qualidade da água de um corpo hídrico é resultante das características naturais, como o histórico geológico da região, o tipo de solo que ocorrem em suas bacias de drenagem, o clima, a geomorfologia, as condições geoquímicas, a cobertura vegetal e, de forma principal, os diversos tipos de ação antrópica, através do uso e da ocupação do solo que se faz na área da bacia hidrográfica (STROHSCHOEN *et al.*, 2009). Portanto, sofre variações temporais e espaciais em decorrência de processos internos e externos ao corpo de água (CHAPMAN, 1996).

A qualidade da água refere-se não somente a determinar o quanto ela é pura, mas também determinar quais são as características desejadas que a água deva ter para os seus mais diversos usos. A qualidade de um ambiente aquático pode ser definida segundo diversos parâmetros físicos e químicos e, segundo a composição e estrutura da biota aquática presente no corpo hídrico (STROHSCHOEN *et al.*, 2009). A flora e fauna destes ambientes são funções da combinação de fatores hidrológicos, químicos e físicos. Os componentes bióticos e abióticos do ecossistema são integrados, e as perturbações em seu funcionamento podem ser detectadas tanto a partir do monitoramento físico-químico, quanto biológico.

A análise da água de um manancial pode evidenciar o uso inadequado do solo, os efeitos do lançamento de efluentes, suas limitações de uso e seu potencial de autodepuração, isto é, sua capacidade de restabelecer o equilíbrio após o recebimento de efluentes (VON SPERLING; GONÇALVES, 2001). Dessa forma, a avaliação ambiental permite ponderar o estado de preservação ou grau de degradação dos ecossistemas, visando fornecer subsídios para a implementação de estratégias de conservação ou planos de recuperação do ecossistema degradado. O grau de poluição da água é determinado de acordo com padrões ou níveis máximos permitidos para cada parâmetro, estabelecidos por legislação.

Por meio de Legislação, é possível classificar a água de acordo com a condição que a mesma apresenta, categorizando-a de acordo com seu possível uso. A Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005, dispõe sobre a classificação dos corpos hídricos e dá diretrizes ambientais para seu enquadramento nas classes de uso propostas. Segundo o Plano de Bacia do Rio Taquari-Antas, 41% dos pontos de monitoramento da qualidade da água são enquadrados em classe 4 devido aos valores de fósforo. Ainda que o fósforo seja o parâmetro mais determinante para enquadramento em classe 4, parâmetros como coliformes termotolerantes e a demanda bioquímica de oxigênio também comprometem a qualidade da água. Os rios e arroios de menor vazão, em período de estiagem, também tem a qualidade da água comprometida devido à redução do oxigênio dissolvido. Para o enquadramento do Rio Forqueta, foi considerado a Resolução CONSEMA nº121/2012, a qual *"aprova o enquadramento das águas superficiais da Bacia Hidrográfica do Rio Taquari-Antas"*, e enquadra o Rio Forqueta como Classe 3.

8.1.2.4.1 Material e métodos

Área de estudo

A Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Forqueta ocupa uma área de cerca de 2.800 km², e está inserida na região geográfica do Vale do Taquari. Está situada à nordeste do Rio Grande do Sul, sendo que uma parte dela está localizada na encosta inferior do Planalto Meridional e outra na Depressão Central. Considerando-se que o Vale do Taquari apresenta uma malha hidrográfica complexa, a qual está sofrendo constante influência antrópica, a biodiversidade original da região vem sofrendo um processo acentuado de degradação, como plantio em áreas incorretas, utilização de defensivos agrícolas na lavoura, além de despejo de resíduos urbanos e industriais nos rios da região. A área-objeto do presente estudo encontra-se ocupada principalmente por atividades agrícolas, suinícolas e avícolas.

Com o objetivo de amostrar trechos que apresentarão características distintas após a instalação do empreendimento, foram delimitados três (03) pontos amostrais (Anexo 17), os quais são descritos na Tabela 19.

Tabela 19: Pontos de coleta para monitoramento da qualidade da água.

PONTO	COORDENADAS GEOGRÁFICAS (SIRGAS 2000)	
VL01	-29.129848°	-52.189545°
VL02	-29.137114°	-52.187635°
VL03	-29.156216°	-52.186881

Coleta para análises físico-químicas e microbiológicas

Os processos de amostragem e análises laboratoriais foram realizados pelo laboratório NSF Bioensaios (Certificado de Cadastro FEPAM nº 00027/2018 – Anexo 18), e ficaram sob a responsabilidade técnica da Química Gisele de Azevedo Kimieciki (CRQ – 05101065 – 5ª Região) e das Biólogas Helena Campos Rolla (CRBio nº 08124-03) e Laura Roesler Nery (CRBio 110549/03-D). Os laudos com os resultados das análises estão inseridos no Anexo 19.

A amostragem de água superficial foi feita em pontos estratégicos, considerados representativos para o curso d'água. As amostras foram coletadas a partir das margens, com o auxílio de um cabo coletor para alcançar locais com circulação de água suficiente para obter amostras representativas das características físicas do rio. As amostras de água superficial foram coletadas de uma profundidade média de 20 cm. Os parâmetros temperatura, oxigênio dissolvido, pH e condutividade, foram medidos *in loco*, com analisador de campo e uma sonda com 15 m de comprimento. As substâncias utilizadas como preservantes para as respectivas análises, foram adicionadas aos frascos ao final de cada coleta, assim como o gelo para a conservação das amostras.

Coleta para análise hidrobiológicas

Para a análise quali-quantitativa do fitoplâncton, foram coletadas amostras de água da subsuperfície, numa profundidade de até 20 cm, com auxílio de uma haste com 1,6 m de comprimento, provida de um copo de aço inoxidável. A análise foi realizada em microscópio óptico, utilizando câmara de Sedgewick-Rafter (APHA, 2012) (Anexo 20). As substâncias utilizadas como preservantes, para as respectivas análises, foram adicionadas aos frascos contendo as amostras, no local da amostragem.

Análise de dados

As análises foram realizadas segundo os métodos padronizados pelo *Standard Methods for Examination of Water and Wastewaters* (APHA, 2012). Os resultados obtidos foram comparados com os limites estabelecidos pela legislação vigente (Resolução CONAMA 357/2005 – água doce classe 3), a fim de avaliar a qualidade ambiental dos locais amostrados. Os parâmetros, respectivas unidades, limites de quantificação, limites de detecção e metodologia de análise são apresentados na Tabela 20.

Para a realização do diagnóstico da qualidade da água foram considerados, além dos dados coletados em outubro de 2019, na área do empreendimento, o histórico do monitoramento da qualidade da água junto ao Rio Forqueta, dos empreendimentos PCH Salto Forqueta e PCH Rastro de Auto, que estão localizados à montante do empreendimento, e encontram-se em operação. O histórico utilizado compreendeu uma série de 6 anos de monitoramento (2013 a 2019), com dados coletados sazonalmente (primavera, verão, outono e inverno). Estes dados foram utilizados para compor também a variação sazonal para a área do empreendimento. Na análise estatística, foram utilizadas apenas as variáveis passíveis de comparação entre as PCH's, dentre elas: coliformes termotolerantes, condutividade, DBO, FT, NTK, OD, pH, temperatura e turbidez. Em relação ao componente biótico, apenas a PCH Rastro de Auto realizou o monitoramento da comunidade fitoplanctônica, permitindo a avaliação de uma série histórica de 5 anos (2013 a 2018).

Tabela 20: Parâmetros de monitoramento e metodologia de análise em água superficial.

PARÂMETRO	UNIDADE	LOQ	LD	MÉTODO
Clorofila <i>a</i>	µg/L	1	1	SMEWW 10200 H - 23ª Ed. (2017)
Coliformes termotolerantes (NMP)	NMP/100mL	1,8	-	SMEWW 9221 E - 23ª Ed. (2017)
Cor real (verdadeira)	mg/L Pt-Co	5	0,7	SMEWW 2120 C - 23ª Ed. (2017)
DBO5	mg/L O ₂	2	0,6	SMEWW 5210 B - 23ª Ed. (2017)
Fósforo total	mg/L P	0,01	0,002	SMEWW 4500 P E - 23ª Ed. (2017)
Nitrato	mg/L N	0,09	0,002	SMEWW 4110 B - 23ª Ed. (2017)
Nitrito	mg/L N	0,009	4E-04	SMEWW 4110 B - 23ª Ed. (2017)
Nitrogênio amoniacal	mg/L N	0,1	0,6	EPA 350.2 (1974)
Nitrogênio total Kjeldahl	mg/L N	0,1	0,03	EPA 350.2 (1974)
Oxigênio dissolvido	mg/L	0,1	0,03	SMEWW 4500 O G - 23ª Ed. (2017)
pH	-	0,2	0,1	SMEWW 4500-H B - 23ª Ed. (2017)
Profundidade total	m	-	-	Corda graduada
Saturação de Oxigênio	%	-	-	Matemático
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	10	5	SMEWW 2540 C - 23ª Ed. (2017)
Temperatura da água	°C	0-50°C	-	SMEWW 2550 B - 23ª Ed. (2017)
Transparência	cm	1	-	Disco de Secchi
Turbidez	NTU	0,6	0,2	SMEWW 2130 B - 23ª Ed. (2017)

Legenda: Limite de Detecção (LOD); Limite de Quantificação (LOQ).

Para resumir e acessar a principal variabilidade dos parâmetros químicos e físicos, ao longo do período estudado, foi realizada a Análise de Componentes Principais (ACP), baseada em variância-covariância, considerando a sazonalidade e as unidades amostrais, no caso as PCH's. Essas análises foram realizadas utilizando o software PC-ORD v.6 (MCCUNE; MEFFORD, 2011). A análise de variância - ANOVA "One way", foi realizada para comparar os parâmetros físico-químicos entre as unidades amostrais, sendo que para a realização da análise os dados foram previamente transformados em "ranging" (SNEATH; SOKAL, 1973). Esta transformação reduz os valores de uma variável ao intervalo [0, 1], subtraindo primeiro o mínimo observado para cada variável, e depois dividindo pela amplitude da variável ("range"). A análise ANOVA "One Way" foi realizada utilizando o programa SYSTAT® (v.12.0).

8.1.2.4.2 Índices de qualidade da água

Índice de qualidade da água (IQA)

A partir dos laudos obtidos, foram aplicados índices de qualidade de água, visando resumir as variáveis analisadas em um número que possibilite avaliar a evolução da qualidade de água no tempo e no espaço. Estes índices facilitam a interpretação de extensas listas de variáveis ou indicadores. Para a interpretação dos resultados de qualidade da água, foi calculado o Índice de Qualidade da Água (IQA) desenvolvido pela agência norte-americana *National Sanitation Foundation* (NSF) e modificado pela Comitesinos (1990). Esse índice é expresso através de um valor numérico que varia de 0 a 100, sendo 100 o índice de melhor qualidade.

No cálculo deste índice são consideradas as seguintes variáveis físicas e químicas: saturação de oxigênio dissolvido (% Sat.OD), potencial hidrogeniônico (pH), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), fósforo total (FT), nitrogênio total (NT), turbidez (TURB), sólidos totais (ST), temperatura (TEMP) e coliformes fecais (CF).

O cálculo do IQA utiliza a fórmula multiplicativa:

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i}$$

Onde:

IQA: Índice de Qualidade das Águas, um número entre 0 a 100

qi: qualidade relativa do i-ésimo parâmetro;

wi: peso relativo do i-ésimo parâmetro, sendo que:

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1$$

n: número de parâmetro que entram no cálculo do IQA.

A definição da qualidade relativa de cada parâmetro foi estabelecida em curvas de variação, que relacionam o respectivo valor do parâmetro a uma nota variável entre 0 e 100. Os parâmetros aplicados e os pesos respectivos para elaboração do IQA são apresentados no Tabela 21, e a interpretação do valor do IQA através das faixas de qualidade é apresentada na Tabela 22.

Tabela 21: Parâmetros e pesos relativos do IQA.

PARÂMETROS	PESOS RELATIVOS
Oxigênio dissolvido	0,19
Coliformes fecais	0,17
pH	0,13
Demanda bioquímica de oxigênio	0,11
Fósforo total	0,11
Nitrato	0,11
Turbidez	0,09
Sólidos totais	0,09

Tabela 22: Faixas de qualidade para o IQA.

FAIXAS DO IQA	CLASSIFICAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA
0 - 25	Muito ruim
26 - 50	Ruim
51 - 70	Regular
71 - 90	Bom
91 - 100	Excelente

Os parâmetros analisados foram selecionados, considerando aqueles apresentados pela Resolução CONAMA nº 357/2005, como padrões de qualidade para águas superficiais, com base nas mais prováveis modificações que o empreendimento pode promover a seu entorno, atuando assim como indicadores. Sendo assim, os parâmetros avaliados são capazes de subsidiar avaliações sobre a garantia da condição da qualidade da água para os usos aos quais se destina.

Índice de estado trófico (IET)

O índice do Estado Trófico (IET) tem por finalidade classificar um corpo d'água em relação a sua qualidade, avaliando seu enriquecimento por nutrientes e, conseqüentemente, seu efeito no crescimento excessivo de algas, ou o potencial de crescimento de macrófitas aquáticas. Os limites estabelecidos para as diferentes classes de trofia para rios e reservatórios estão descritos nas Tabela 23 e Tabela 24, respectivamente. A descrição das diferentes classes do IET, pode ser visualizada na Tabela 25.

A partir dos resultados analíticos dos laudos das amostragens, e do analisado *in loco* nas estações amostrais, será realizado o relatório de acompanhamento do programa, a ser encaminhado ao órgão ambiental na periodicidade necessária. Este método utiliza os parâmetros clorofila *a* e fósforo total para classificar o estado trófico do corpo d'água.

Tabela 23: Classificação do Estado Trófico para rios segundo Índice de Carlson Modificado.

CLASSIFICAÇÃO DO ESTADO TRÓFICO - RIOS				
Estado Trófico	Ponderação	Secchi (m)	P-total (mg.m-3)	Clorofila <i>a</i> (mg.m-3)
Ultraoligotrófico	$IET \leq 47$		$P \leq 13$	$CL \leq 0,74$
Oligotrófico	$47 < IET \leq 52$		$13 < P \leq 35$	$0,74 < CL \leq 1,31$
Mesotrófico	$52 < IET \leq 59$		$35 < P \leq 137$	$1,31 < CL \leq 2,96$
Eutrófico	$59 < IET \leq 63$		$137 < P \leq 296$	$2,96 < CL \leq 4,70$
Supereutrófico	$63 < IET \leq 67$		$296 < P \leq 640$	$4,70 < CL \leq 7,46$
Hipereutrófico	$IET > 67$		$640 < P$	$7,46 < CL$

Tabela 24: Classificação do Estado Trófico para reservatórios segundo Índice de Carlson Modificado.

CLASSIFICAÇÃO DO ESTADO TRÓFICO - RESERVATÓRIOS				
Est. Trófico	Ponderação	Secchi (m)	P-total (mg.m-3)	Clorofila a (mg.m-3)
Ultraoligotrófico	$IET \leq 47$	$S \geq 2,4$	$P \leq 8$	$CL \leq 1,17$
Oligotrófico	$47 < IET \leq 52$	$2,4 > S \geq 1,7$	$8 < P \leq 19$	$1,17 < CL \leq 3,24$
Mesotrófico	$52 < IET \leq 59$	$1,7 > S \geq 1,1$	$19 < P \leq 52$	$3,24 < CL \leq 11,03$
Eutrófico	$59 < IET \leq 63$	$1,1 > S \geq 0,8$	$52 < P \leq 120$	$11,03 < CL \leq 30,55$
Supereutrófico	$63 < IET \leq 67$	$0,8 > S \geq 0,6$	$120 < P \leq 233$	$30,55 < CL \leq 69,05$
Hipereutrófico	$IET > 67$	$0,6 > S$	$233 < P$	$69,05 < CL$

Tabela 25: Estado trófico e suas principais características.

ESTADO TRÓFICO	PONDERAÇÃO	DESCRIÇÃO
Ultraoligotrófico	$IET \leq 47$	Corpos d'água limpos, de baixa produtividade, em que não ocorrem interferências indesejáveis sobre os usos da água, decorrentes da presença de nutrientes.
Oligotrófico	$47 < IET \leq 52$	Corpos d'água limpos, de baixa produtividade, em que não ocorrem interferências indesejáveis sobre os usos da água, decorrentes da presença de nutrientes.
Mesotrófico	$52 < IET \leq 59$	Corpos d'água com produtividade intermediária, com possíveis implicações sobre a qualidade da água, mas em níveis aceitáveis, na maioria dos casos.
Eutrófico	$59 < IET \leq 63$	Corpos d'água com alta produtividade em relação às condições naturais, com redução da transparência, em geral afetados por atividades antrópicas, nos quais ocorrem alterações indesejáveis na qualidade da água decorrentes do aumento da concentração de nutrientes e interferências nos seus múltiplos usos.
Supereutrófico	$63 < IET \leq 67$	Corpos d'água com alta produtividade em relação às condições naturais, de baixa transparência, em geral afetados por atividades antrópicas, nos quais ocorrem com frequência alterações indesejáveis na qualidade da água, como a ocorrência de episódios florações de algas, e interferências nos seus múltiplos usos.

ESTADO TRÓFICO	PONDERAÇÃO	DESCRIÇÃO
Hipereutrófico	IET > 67	Corpos d'água afetados significativamente pelas elevadas concentrações de matéria orgânica e nutrientes, com comprometimento acentuado nos seus usos, associado a episódios florações de algas ou mortandades de peixes, com consequências indesejáveis para seus múltiplos usos, inclusive sobre as atividades pecuárias nas regiões.

8.1.2.4.3 Resultados e discussão

Monitoramento da qualidade da água superficial

Na área que será de influência da PCH Vale do Leite foram realizadas duas (02) campanhas de monitoramento da qualidade da água que corresponderam aos períodos de primavera e outono. Os resultados estão apresentados na Tabela 26, e, além disso, exibe os limites estabelecidos pela resolução CONAMA 357/2005 para águas superficiais de Classe 3, os quais são utilizados como referência. As células destacadas em vermelho apresentam-se fora dos limites estabelecidos pela legislação.

Tabela 26: Resultados dos parâmetros de qualidade da água analisados para área da PCH Vale do Leite.

PARÂMETROS	UNIDADE	OUT/19			ABR/21			CONAMA CLASSE 3
		P1	P2	P3	P1	P2	P3	
Clorofila a	µg/L	ND	ND	ND	1	ND	1	<60
Coliformes termotolerantes	NMP/100mL	79000	28000	17000	72	8	39	2500
Condutividade		35,9	35,7	29,2	43,0	401,0	343,0	-
Cor real (verdadeira)	mg/L Pt-Co	27	24	27	55	55	55	75
DBO5	mg/L O ₂	1,9	1,9	1,9	2,3	2,3	2,3	10
Densidade de Cianobactérias	cel/mL	78	ND	14	11	ND	ND	50,000
Fósforo total	mg/L P	0,06	0,09	0,10	0,02	0,02	0,02	0,15
Nitrato	mg/L N	1,17	1,21	1,24	0,43	0,42	0,54	10
Nitrito	mg/L N	ND	0,01	ND	0	0,02	0,02	1
Nitrogênio amoniacal	mg/L N	0,20	0,30	0,20	0,04	0,04	0,04	***

PARÂMETROS	UNIDADE	OUT/19			ABR/21			CONAMA CLASSE 3
		P1	P2	P3	P1	P2	P3	
Oxigênio dissolvido	mg/L	7,4	7,5	7,6	8,3	8,1	8,0	>4
Oxigênio saturado	%	80,3	81,7	81,6	97	95,2	93,7	-
pH	--	6,3	6,1	6,0	6,7	7,3	8,3	6 a 9
Profundidade	m	0,5	1,0	0,8	0,3	0,3	0,3	-
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	75	74	74	42	64	48	≤500
Temperatura da água	°C	18,4	18,0	17,8	22,4	22,1	21,4	-
Transparência	m	0,3	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	-
Turbidez	NTU	96,3	135,5	143,5	6,2	4,8	6,8	≤100

Legenda: * Resolução CONAMA nº357/2005: parâmetros para enquadramento em Classe 3; ** Fósforo total: ≤ 0,05 lântico; ≤ 0,075 intermediários; 0,15 lótico; *** Nitrogênio Amoniacal Total: 13,3mg/LN, para pH ≤ 7,5 / 5,6 mg/L N, para 7,6 < pH ≤ 8,0 / 2,2 mg/L N, para 8,1 < pH ≤ 8,5 / 1 mg/L N, para pH > 8,5.

Os resultados analíticos mostraram que, em ambas as campanhas, os parâmetros se encontraram de acordo com os padrões de qualidade constantes na Resolução CONAMA 357/2005 para rios de água doce classe 3, com exceção do parâmetro de coliformes termotolerantes (concentração média de 41.333 NMP/100mL) e a turbidez na amostra de outubro de 2019. As bactérias do grupo coliforme são consideradas os principais indicadores de contaminação fecal. O uso de bactérias coliformes fecais (coliformes termotolerantes) para indicar poluição sanitária, mostra-se mais significativo que o uso de bactéria coliforme "total" (coliformes totais), pois as bactérias fecais estão restritas ao trato intestinal de animais homeotérmicos (ANAMBI, 2014). Para coliformes termotolerantes, a resolução CONAMA 357/05 estabelece limite de 200 NMP/100mL para Classe 1, 1000 NMP/100mL para Classe 2 e 2.500 NMP/100mL para Classe 3, em 80% ou mais, de pelo menos 6 amostras coletadas durante o período de um ano.

A turbidez é um importante parâmetro de qualidade da água. Sua expressão em unidades nefelométricas (NTU) é uma medida indireta da concentração de material suspenso, que interfere na atenuação da radiação solar. A erosão das margens dos rios em estações chuvosas é exemplo de um fenômeno que resulta

em aumento da turbidez das águas. A turbidez da água é empregada como padrão de classificação para águas naturais, conforme Resolução CONAMA 357/2005. Nesta resolução está estabelecido que a turbidez não pode ser superior a 40 NTU para águas doces Classe 1 e 100 NTU para águas doces Classes 2 e 3. Nas amostragens realizadas na PCH Vale do Leite o teor médio de turbidez foi de 65.5 NTU, com exceção dos resultados obtidos em outubro de 2019. Salienta-se que uma semana antes da amostragem ocorreram chuvas intensas na região, elevando o nível do rio Forqueta, e conseqüentemente aumentando a quantidade de sólidos suspensos na água, devido a erosão e lixiviamento do solo.

Com o objetivo de compreender a influência da sazonalidade na região, assim como identificar padrões de variação dos parâmetros físico-químicos, foi utilizado o histórico dos monitoramentos da qualidade da água das PCH's Rastro de Auto e Salto Forqueta, que estão em operação, e localizadas à montante da PCH Vale do Leite.

A análise de componentes principais (ACP) avaliou as principais tendências entre as variáveis abióticas e as áreas amostradas nas diferentes estações. A análise explicou 56,3% da variabilidade dos dados, em seus dois primeiros eixos (Figura 46). As variáveis de oxigênio dissolvido, pH e turbidez foram as que mais contribuíram com a ordenação do primeiro eixo ($r=-0,85$; $r=-0,51$ e $r=0,57$, respectivamente). A ordenação do segundo eixo ocorreu em função, principalmente, da variável de temperatura ($r=0,86$). O eixo 1 ordenou as unidades amostrais em função da espacialidade, onde foi possível visualizar, no lado negativo do eixo, a maior parte das unidades amostrais da PCH Rastro de Auto associadas à temperatura, oxigênio dissolvido e pH, ao passo que no lado positivo do eixo 1 foram ordenadas as unidades amostrais referentes à PCH Salto Forqueta e Vale do Leite, associadas aos valores de coliformes termotolerantes e turbidez (Figura 46).

O diagrama de ordenação indicou que a maior parte das unidades amostrais, correspondente aos meses quentes (primavera e verão) das PCH's, foram ordenadas no lado negativo do eixo 2, associados aos maiores valores de temperatura, condutividade, pH, fósforo total e nitrogênio Kjeldahl, enquanto

que as unidades amostrais de inverno e outono foram ordenadas no lado positivo deste mesmo eixo, associadas a maiores concentrações de oxigênio dissolvido e coliformes termotolerantes (Figura 46).

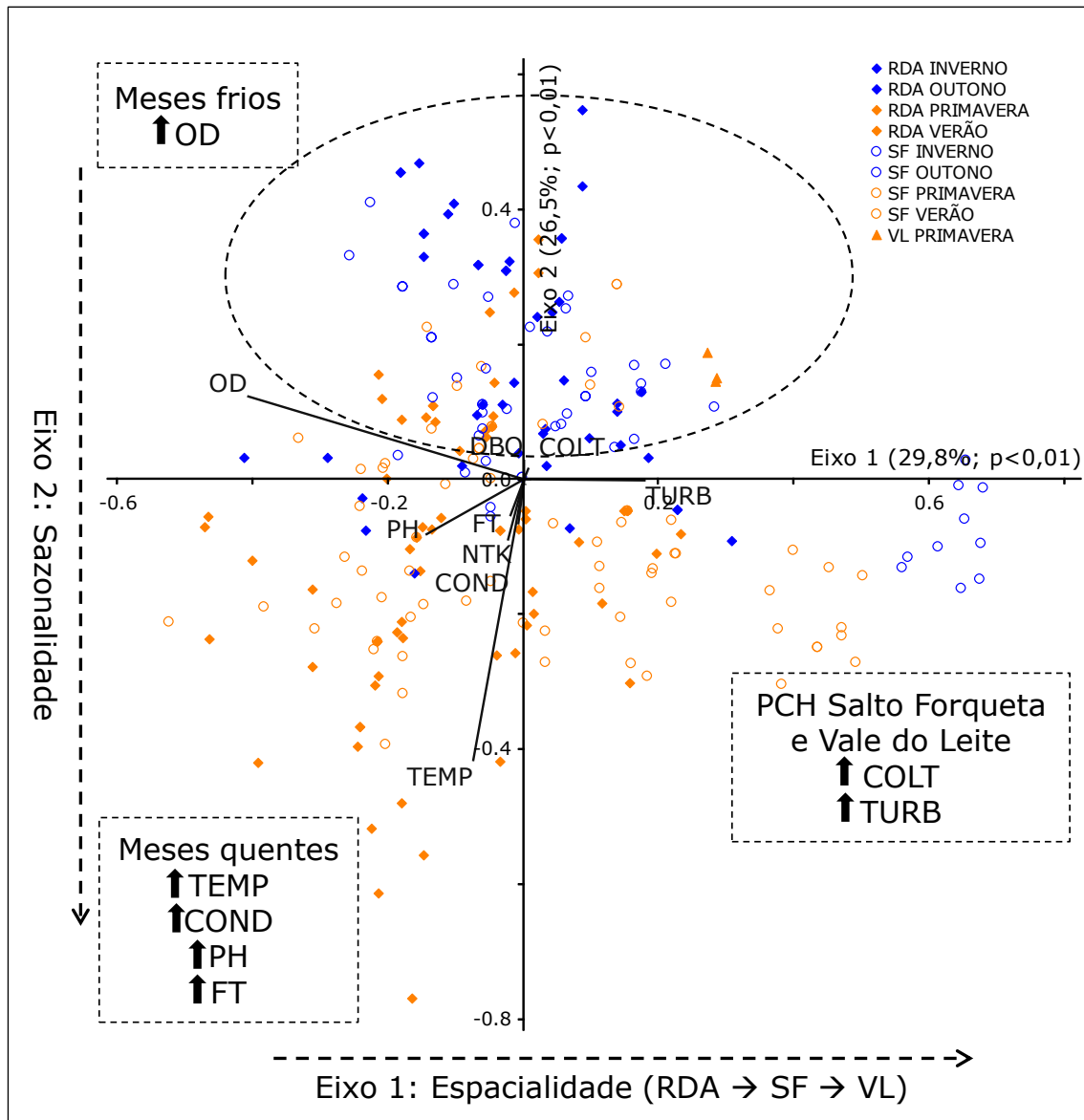


Figura 46: Ordenação pela Análise dos Componentes Principais (ACP) das variáveis abióticas e as áreas amostradas (três PCH's) nas diferentes estações do ano. Legenda: temperatura (TEMP), condutividade (COND), pH, fósforo total (FT), coliformes termotolerantes (COLT), turbidez (TURB), nitrogênio Kjeldahl (NTK), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), PCH Rastro de Auto (RDA), PCH Salto Forqueta (SF) e PCH Vale do Leite (VL).

Avaliando a variação dos dados físico-químicos entre as PCH's Rastro de Auto e Salto Forqueta, foi possível visualizar que existe uma variação sazonal dos parâmetros de qualidade da água. As maiores concentrações de coliformes termotolerantes foram registradas no outono, com valores médios de 2010,45 e

2272,59 NMP/100 mL, para as PCH's Rastro de Auto de Salto Forqueta, respectivamente (Tabela 19). A análise de variância (ANOVA) indicou uma diferença significativa entre os valores de coliformes termotolerantes do outono com as demais estações, para as duas PCH's analisadas ($p < 0,05$; $F = 7,88$). Além da sazonalidade, este parâmetro também apresentou uma variação espacial, exibindo uma tendência de aumento em direção à PCH Vale do Leite. Contudo, estatisticamente não há diferença significativa entre os pontos amostrados ($p > 0,05$).

Em relação à turbidez, a análise estatística revelou que existe uma diferença significativa entre os valores de turbidez registrados para as PCH's ($p < 0,05$; $F = 27,77$) e que, aparentemente, há uma tendência crescente de aumento dessas concentrações em direção à jusante do Rio Forqueta (Figura 46).

A condutividade é uma expressão numérica da capacidade de uma água conduzir a corrente elétrica. Essa capacidade de condução da corrente elétrica é dada em função da concentração dos sais presentes na água. A condutividade elétrica é considerada uma variável de extrema importância em estudos limnológicos, pois é capaz de fornecer informações tanto sobre o metabolismo do ecossistema aquático, como sobre fenômenos que ocorram na bacia de drenagem. Também é possível detectar fontes poluidoras nos ecossistemas através dos valores de condutividade. Ambientes mais influenciados por ações antrópicas, e conseqüentemente com alto grau de trofia, mostram valores mais altos de condutividade elétrica (PETRUCIO; BARBOSA; THOMAZ, 2005). Embora a Resolução CONAMA 357/2005 não estabeleça limites referentes a este parâmetro (VON SPERLING, 2007), alega que águas naturais apresentam teores de condutividade elétrica na faixa de 10 a 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$, e em ambientes poluídos por esgotos domésticos e/ou industriais estes valores podem chegar até 1.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. A análise estatística mostrou que existe uma diferença significativa entre os trechos analisados ($P < 0,05$; $F = 109,34$), assim como também há uma variação sazonal significativa nos valores de condutividade ($p < 0,05$; $F = 6,30$; Tabela 27). De acordo com a série histórica analisada, é possível visualizar uma tendência de incremento na condutividade em direção à jusante, sendo os maiores valores registrados nos meses quentes (primavera e verão; Figura 46).

Tabela 27: Média, desvio padrão, mínimo e máximo das variáveis abióticas para cada estação e no contexto geral, nas PCH's amostradas.

		COLIFORMES TERMOTOLERANTES	CONDUTIVIDADE	DBO	FÓSFORO TOTAL	NITROGÊNIO TOTAL KJELDAHL	OXIGÊNIO DISSOLVIDO	PH	TEMPERATURA DA ÁGUA	TURBIDEZ	
		NMP/100mL	mS/cm	mg/LO ₂	mg/L	mg/L	mg/LO ₂	-	°C	NTU	
PCH Rastro de Auto	Geral	Média ± DP	870.31 ± 2052.80	39.63 ± 11.01	3.77 ± 4.38	0.06 ± 0.08	1.11 ± 1.93	8.13 ± 1.59	7.19 ± 0.73	21.14 ± 5.83	10.73 ± 8.31
		Mín	1.80	22.00	0.90	0.01	0.03	4.00	5.62	12.10	1.97
		Máx	11520.00	71.00	38.30	0.74	23.47	11.20	9.30	38.00	39.00
	Inverno	Média ± DP	1034.27 ± 1986.08	40.70 ± 9.41	2.59 ± 1.14	0.04 ± 0.02	0.43 ± 0.23	8.67 ± 1.04	7.31 ± 0.40	17.24 ± 4.09	7.60 ± 3.72
		Mín	1.80	32.90	0.90	0.01	0.20	6.60	6.50	12.20	3.00
		Máx	7900.00	71.00	6.30	0.08	0.80	10.90	7.78	26.00	19.50
	Outono	Média ± DP	2010.45 ± 3715.62	32.10 ± 8.05	4.93 ± 8.57	0.02 ± 0.01	0.40 ± 0.51	8.04 ± 2.15	6.74 ± 0.54	15.12 ± 2.78	12.53 ± 14.57
		Mín	4.00	22.00	1.70	0.01	0.08	4.00	5.93	12.10	1.97
		Máx	11520.00	48.50	38.30	0.04	2.41	11.20	7.42	20.00	39.00
	Primavera	Média ± DP	709.48 ± 1371.81	39.14 ± 11.18	3.95 ± 3.72	0.05 ± 0.03	0.56 ± 0.61	8.54 ± 1.43	7.20 ± 0.80	22.62 ± 3.17	12.13 ± 6.45
		Mín	10.00	24.00	1.10	0.02	0.03	5.50	5.62	16.79	4.99
		Máx	4480.00	67.80	20.10	0.13	3.08	11.06	8.81	32.60	30.00
Verão	Média ± DP	161.20 ± 177.95	44.33 ± 11.08	3.77 ± 5.41	0.11 ± 0.16	2.748 ± 4.29	7.24 ± 1.37	7.37 ± 0.86	26.66 ± 4.80	10.53 ± 6.26	
	Mín	1.80	30.80	1.90	0.02	0.18	4.70	6.00	19.40	3.67	
	Máx	702.00	67.90	32.00	0.74	23.47	9.30	9.30	38.00	28.80	
PCH Salto Forqueta	Geral	Média ± DP	769.85 ± 2325.08	40.97 ± 13.95	3.52 ± 2.96	0.05 ± 0.05	0.65 ± 0.69	6.99 ± 2.47	7.00 ± 0.73	19.90 ± 4.31	32.18 ± 61.39
		Mín	0.00	22.00	0.95	0.01	0.02	1.20	4.70	12.10	0.83
		Máx	17542.00	179.30	26.80	0.28	3.90	10.80	8.59	29.70	339.00
	Primavera	Média ± DP	477.77 ± 764.14	41.36 ± 16.81	2.95 ± 1.32	0.05 ± 0.03	0.51 ± 0.56	6.31 ± 2.97	7.10 ± 1.03	21.26 ± 3.21	25.74 ± 35.98
		Mín	2.00	25.00	0.95	0.02	0.05	1.80	5.25	16.71	2.30
		Máx	7945.00	179.30	8.13	0.13	1.60	10.71	8.59	29.00	153.00
	Verão	Média ± DP	137.32 ± 186.83	41.96 ± 8.23	3.50 ± 2.24	0.07 ± 0.04	0.95 ± 1.06	7.46 ± 1.79	6.95 ± 0.60	24.12 ± 2.90	20.70 ± 24.97

		COLIFORMES TERMOTOLERANTES	CONDUTIVIDADE	DBO	FÓSFORO TOTAL	NITROGÊNIO TOTAL KJELDAHL	OXIGÊNIO DISSOLVIDO	PH	TEMPERATURA DA ÁGUA	TURBIDEZ	
		NMP/100mL	mS/cm	mg/LO ₂	mg/L	mg/L	mg/LO ₂	-	°C	NTU	
PCH Vale do Leite		Mín	0.00	30.70	2.00	0.02	0.10	3.87	6.00	19.70	2.40
		Máx	955.00	60.00	15.20	0.20	3.90	10.80	8.00	29.70	110.00
	Outono	Média ± DP	2272.59 ± 4945.86	37.08 ± 12.21	3.82 ± 3.12	0.06 ± 0.07	0.42 ± 0.33	6.87 ± 3.44	6.85 ± 0.38	15.64 ± 1.95	26.36 ± 33.88
		Mín	0.90	22.00	1.80	0.01	0.02	1.20	6.17	12.10	0.83
		Máx	17542.00	60.00	26.80	0.28	0.90	10.70	7.40	20.00	134.00
		Inverno	Média ± DP	596.30 ± 682.92	42.61 ± 11.20	3.97 ± 3.30	0.06 ± 0.04	0.61 ± 0.31	7.33 ± 1.96	7.07 ± 0.67	16.96 ± 2.70
	Mín		45.00	31.82	0.95	0.01	0.25	3.21	4.70	12.50	2.94
		Máx	3500.00	87.00	16.47	0.23	1.40	9.55	7.90	22.70	339.00
		Primave ra	Média	41333.33	33.60	1.90	0.08		7.50	6.13	18.07
	Mín		17000.00	29.20	1.90	0.06		7.40	6.00	17.80	96.30
	Máx		79000.00	35.90	1.90	0.10		7.60	6.29	18.40	143.50

A Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) é a medida de oxigênio consumida por microrganismos para degradar a matéria orgânica. Representa a quantidade de matéria orgânica presente no corpo d'água. A ocorrência de altos valores deste parâmetro causa uma diminuição dos valores de oxigênio dissolvido na água, o que pode provocar mortandades de peixes e eliminação de outros organismos aquáticos (CETESB, 2018). A DBO é empregada como padrão de classificação para águas naturais, conforme Resolução CONAMA 357/2005. Nesta resolução está estabelecido que a DBO deve apresentar valores inferiores a 3 mg/L O₂ em águas doces Classes 1, 5 mg/L O₂ em águas doces Classe 2 e 10 mg/L O₂ em águas doces Classe 3. Os valores de DBO encontrados na PCH Vale do Leite são baixos, e estão em conformidade com o valor estabelecido pela resolução do CONAMA 357/2005. A série histórica das PCH's Rastro de Auto e Salto Forqueta também evidenciaram valores baixos de DBO, em média de 3.8 e 3.5 mg/L de O₂, respectivamente (Tabela 27).

O Fósforo aparece em águas naturais, devido principalmente as descargas de esgotos sanitários, assim como águas drenadas em áreas agrícolas e urbanas. O uso doméstico de detergentes em larga escala, assim como fertilizantes, pesticidas, abatedouros, frigoríficos e laticínios, entre outros, apresentam fósforo em quantidades excessivas. Além disso, a composição biogeoquímica do ambiente pode ser forte influenciadora na presença e nas concentrações deste químico. Assim como o Nitrogênio, o Fósforo constitui-se em um dos principais nutrientes para os processos biológicos, ou seja, é um dos chamados macronutrientes, por ser exigido também em grandes quantidades pelas células. Por serem nutrientes para os processos biológicos, fósforo e nitrogênio em excesso em esgotos sanitários e efluentes industriais conduzem a processos de eutrofização das águas naturais. Uma das consequências da eutrofização do corpo d'água é a diminuição do oxigênio dissolvido, influenciando em toda a biota aquática. O parâmetro fósforo total é empregado como padrão de classificação para águas naturais, conforme Resolução CONAMA 357/2005. Considerando todo o trecho analisado da PCH Vale do Leite como ambiente lótico, a concentração de fósforo total foi em média de 0.08 mg/L O₂, podendo ser enquadrado como classe 3. Através da análise de variância foi possível identificar uma diferença significativa ($p < 0.05$; $F = 30.71$; Tabela 27) entre as concentrações de fósforo

total nas PCH's. A PCH Rastro de Auto e Salto Forqueta apresentaram média de 0.06 e 0.05 mg/L O₂, respectivamente. Apesar de estatisticamente insignificante, percebe-se também uma variação sazonal deste parâmetro, onde as maiores concentrações são registradas nos períodos quentes.

Dentre os gases dissolvidos na água, o oxigênio é o mais importante na dinâmica e caracterização de ecossistemas aquáticos. As principais fontes de oxigênio para a água são a atmosfera e a fotossíntese. As perdas se dão através do consumo pela decomposição de matéria orgânica (oxidação), perdas para a atmosfera, respiração de organismos aquáticos e oxidação de íons metálicos como ferro e manganês. A quantidade de oxigênio dissolvido (OD) em águas naturais é variável, uma vez que depende da temperatura, salinidade, turbulência (mistura) da água e pressão atmosférica (decrecente com a altitude) (ESTEVES, 2011). Vários organismos aeróbicos não podem sobreviver abaixo de certos níveis de oxigênio dissolvido. Embora valores mínimos aceitáveis de OD não sejam apropriados, verifica-se que concentrações inferiores a 4 mg/L produzem efeitos deletérios na maioria dos organismos aquáticos (FACENS, 2006). O oxigênio dissolvido é empregado como padrão de classificação para águas naturais, conforme Resolução CONAMA 357/2005. Nesta resolução está estabelecido que a concentração deste elemento não pode ser inferior a 6 mg/L em águas doces Classe 1, a 5 mg/L em águas doces Classe 2, a 4 mg/L em águas doces Classe 3 e a 2 mg/L para águas doces Classe 4. O trecho amostrado da PCH Vale do Leite registrou concentração média de 7.5 mg/L oxigênio dissolvido. De acordo com a série histórica, a PCH Rastro de Auto apresentou a maior concentração média de oxigênio dissolvido (8.13 mg/L O₂), e a PCH Salto Forqueta registrou em média de 6.9 mg/L de oxigênio dissolvido. A análise estatística mostrou que existe diferença significativa entre as PCH's e a sazonalidade ($p < 0.05$; $F = 4.28$; Tabela 19), destacando os meses frios com os maiores valores de OD. Através da análise dos componentes principais (ACP), foi possível observar que o OD ordenou as unidades amostrais referentes à PCH Rastro de Auto, assim como as unidades de inverno e outono (Figura 46).

A temperatura expressa a energia cinética das moléculas de um corpo, sendo seu gradiente o fenômeno responsável pela transferência de calor em um meio. Variações de temperatura em corpos d'água são parte do regime climático

normal, e podem ser causadas por fontes naturais como a energia solar ou antropogênicas, como despejos industriais. A sobrevivência de certos organismos aquáticos é condicionada a temperatura da água, pois estes possuem limites de tolerância térmica, tanto superior quanto inferior, além de temperaturas ótimas para crescimento e limites de temperatura para migração, desova e incubação de seus ovos. Processos físicos, químicos e biológicos no ambiente aquático são afetados pela temperatura, sendo que o aumento da temperatura diminui a solubilidade do oxigênio na água, enquanto aumenta a demanda de oxigênio pelos peixes (FACENS, 2006). O Ministério da Saúde afirma que em relação às águas para consumo humano, temperaturas elevadas aumentam as perspectivas de rejeição ao uso. A resolução CONAMA 357/2005 não estabelece padrão para águas doces em relação à temperatura. Analisando o histórico das PCH's Rastro de Auto e Salto Forqueta, é possível visualizar as variações sazonais, não sendo observadas variações anômalas ou decorrentes de poluição térmica. A temperatura média registrada na PCH Rastro de Auto, tanto no contexto geral como sazonal, foi maior do que a temperatura registrada na PCH Salto Forqueta e PCH Vale do Leite ($p < 0.05$; $F = 27.77$), apresentando um gradiente espacial de diminuição da temperatura da água (Tabela 27; Figura 46). Este gradiente também foi evidenciado na ACP, onde a temperatura da água esteve associada as unidades amostrais dos meses quentes e da PCH Rastro de Auto. A temperatura geral média da PCH Rastro de Auto foi de 21.14°C , seguida da PCH Salto Forqueta com 19.90°C e a PCH Vale do Leite registrando 18.07°C . Salientando que a coleta na PCH Vale do Leite foi realizada na primavera, e que as temperaturas médias de primavera nas PCH's Rastro de Auto e Salto Forqueta foram de 22.62 e 21.26°C , respectivamente.

A crescente ocupação urbana, a pecuária e agricultura intensiva, promovem o enriquecimento de nutrientes nos corpos de água, favorecendo o crescimento de plantas aquáticas e ocasionando frequentes florações de algas e cianobactérias em ambientes aquáticos. Esse acelerado processo de eutrofização causa sérios problemas econômicos e ambientais, comprometendo a qualidade da água e seus usos (PADISÁK; REYNOLDS, 1998; REYNOLDS, 2006). A comunidade fitoplanctônica é composta por um conjunto de organismos aquáticos microscópicos, que têm capacidade fotossintética e que vivem dispersos

flutuando na coluna de água. Em função do aumento da eutrofização em muitos reservatórios, foi dada especial atenção a comunidade de cianobactérias. O grupo das cianobactérias é um indicador de estado trófico, sendo oportunistas e com rápido desenvolvimento em ambientes eutróficos. Algumas espécies são capazes de produzir as chamadas cianotoxinas com capacidade tóxica para os organismos aquáticos, levando até mesmo a morte de peixes. O entendimento das alterações na estrutura e diversidade das comunidades bióticas decorrentes do impacto de represamentos, constitui condição fundamental para a conservação desses sistemas represados. A composição da comunidade fitoplanctônica é uma importante ferramenta para o estudo das condições tróficas do ambiente. Também por ser autotrófico obrigatório, o fitoplâncton é o grupo de organismos que dá as respostas mais rápidas de incremento quantitativo de densidade, a medida que ocorre a decomposição da vegetação submersa. E com o aumento da abundância do fitoplâncton sucedem-se aumentos também de protozoários, microcrustáceos e zooplâncton.

Os resultados da caracterização da comunidade fitoplanctônica da PCH Vale do Leite, estão sintetizados na Tabela 28. Foram identificadas 43 espécies fitoplanctônicas distribuídas em cinco (05) classes, 19 ordens, 28 famílias e 33 gêneros de algas. O grupo mais representativo em termos de riqueza de espécies foi Bacillariophyceae, com 25 espécies, seguido de Chlorophyceae com 10 espécies, Cyanobacteria, com três (03) espécies, Zygnematophyceae, com quatro (04) espécies, e Euglenophyceae com uma (01) espécie (Tabela 28). Cinco (05) espécies descritoras foram identificadas (considerando os três pontos amostrados), contribuindo com 90% da densidade total do fitoplâncton, são elas: *Aulacoseira granulata*, *Cymbella affinis*, *Fragilaria capucina*, *Gomphonema parvulum* e *Melosira varians*. Os pontos VL01 e VL03 apresentaram maiores valores de riqueza 23 e 25 espécies, respectivamente, assim como densidade total 511 e 350 ind./mL, respectivamente. No entanto também registraram altos valores de dominância, devido a elevada presença de *Aulacoseira granulata*. As células de *Aulacoseira* vivem firmemente unidas pela superfície valvar formando colônias filamentosas de comprimento variado, retas, curvas ou até mesmo helicoidais (TEIXEIRA et al., 2018). O ponto VL 02 apresentou menor riqueza (21

espécies), contudo registrou os maiores valores de diversidade e equitabilidade (Figura 47).

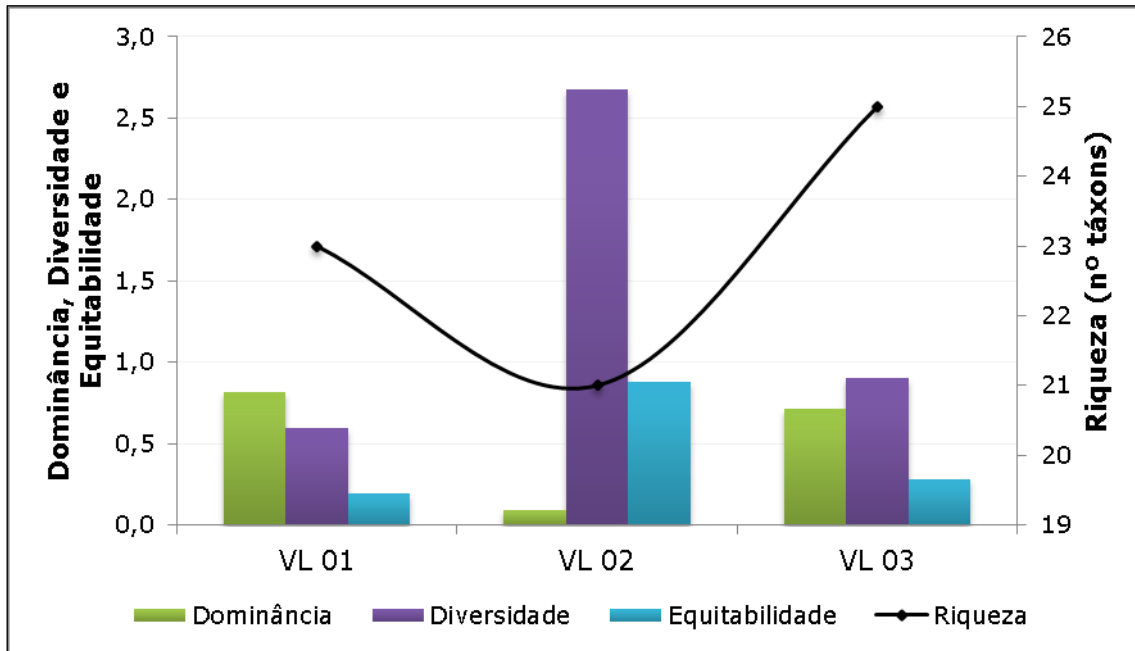


Figura 47: Valores de Dominância, Diversidade, Equitabilidade e Riqueza da comunidade fitoplanctônica amostrada no Rio Forqueta, no trecho de monitoramento da PCH Vale do Leite.

Tabela 28: Lista das espécies de fitoplâncton identificadas na coleta realizada no outono, no trecho da PCH Vale do Leite.

CLASSE	ORDEM	FAMÍLIA	GÊNERO	ESPÉCIE	VL01	VL02	VL03
					Densidade (ind./mL)		
	Aulacoseirales	Aulacoseiraceae	Aulacoseira	Aulacoseira granulata (Ehrenberg) Simonsen	462	9	295
	Bacillariales	Bacillariaceae	Nitzschia	Nitzschia palea (Kützing) W.Smith	3	0	2
				Nitzschia vermicularis (Kützing) Hantzsch	0	1	0
	Cocconeidales	Achnanthesiaceae	Lemnicola	Lemnicola exigua (Grunow) Kulikovskiy, Witkowski & Plinski in Plinski & Witkowski	0	0	1
			Planothidium	Planothidium lanceolatum (Brébisson ex Kützing) Lange-Bertalot	1	0	3
		Cocconeidaceae	Cocconeis	Cocconeis placentula Ehrenberg	3	2	1
		Cymbellaceae	Cymbella	Cymbella affinis Kützing	3	5	1
	Cymbellales	Gomphonemataceae	Gomphonema	Gomphonema gracile Ehrenberg	2	1	1
				Gomphonema parvulum (Kützing) Kützing	3	6	9
	Eunotiales	Eunotiaceae	Eunotia	Eunotia camelus Ehrenberg	0	1	0
	Fragilariales	Fragilariaceae	Fragilaria	Fragilaria capucina Desmazières	6	2	5
	Limnophorales	Ulnariaceae	Ulnaria	Ulnaria ulna (Nitzsch) Compère	0	2	1
Bacillariophyceae	Melosirales	Melosiraceae	Melosira	Melosira varians C.Agardh	5	8	3
			Amphipleura	Amphipleura lindheimeri Grunow	1	0	0
			Gyrosigma	Gyrosigma scalproides (Rabenhorst) Cleve	0	0	1
		Amphipleuraceae		Navicula cryptocephala Kützing	0	0	2
			Navicula	Navicula cuspidata (Kützing) Kützing	0	0	2
				Navicula sp. Bory	2	0	0
				Pinnularia gibba E.E.Gaiser & J.johansen	1	0	0
		Pinnulariaceae	Pinnularia	Pinnularia mesolepta (Ehrenberg) W.Smith	0	1	0
				Pinnularia nobilis (Ehrenberg) Ehrenberg	0	0	1
		Sellaphoraceae	Sellaphora	Sellaphora seminulum (Grunow) D.G.Mann	1	0	0
	Stephanodiscales	Stephanodiscaceae	Cydotella	Cydotella meneghiniana Kützing	3	0	2
	Stephanopyxales	Hydroseraceae	Hydrosera	Hydrosera whampoensis (A.F.Schwarz) Deby	0	1	0
	Surirellales	Surirellaceae	Surirella	Surirella striatula Turpin	1	0	0
	Chlorellales	Oocystaceae	Oocystis	Oocystis lacustris Chodat	1	1	0
	Scenedesmaceae	Coelastroideae	Coelastrum	Coelastrum microporum Nägeli in A.Braun	0	0	3
		Hydrodictyaceae	Tetraedron	Tetraedron minimum (A.Braun) Hansgirg	0	1	0
Chlorophyceae			Desmodesmus	Desmodesmus denticulatus (Lagerheim) S.S.An, T.Friedl & E.Hegewald	1	0	0
	Sphaeropleales	Scenedesmaceae		Desmodesmus quadricaudatus (Turpin)	0	4	4
			Scenedesmus	Scenedesmus acuminatus (Lagerheim) Chodat	0	1	0
				Scenedesmus acutus Meyen	0	2	2

CLASSE	ORDEM	FAMÍLIA	GÊNERO	ESPÉCIE	VL01	VL02	VL03
					Densidade (ind./mL)		
				<i>Scenedesmus ecomis</i> (Ehrenberg) Chodat	0	1	0
			Tetrastrum	<i>Tetrastrum heteracanthum</i> (Nordstedt) Chodat	0	0	3
		Selenastraceae	Monoraphidium	<i>Monoraphidium indicum</i> Hindák	2	0	2
Cyanobacteria	Oscillatoriales	Microcoleaceae	Planktothrix	<i>Planktothrix</i> sp. K. Anagnostidis & J. Komárek	1	0	0
		Oscillatoriaceae	Oscillatoria	<i>Oscillatoria</i> sp. Vaucher ex Gomont	0	0	1
	Synechococcales	Merismopediaceae	Aphanocapsa	<i>Aphanocapsa delicatissima</i> West & G.S. West	1	0	0
Euglenophyceae	Euglenida	Euglenidae	Euglena	<i>Euglena acus</i> (O.F. Müller) Ehrenberg	0	0	2
		Closteriaceae	Closterium	<i>Closterium aciculare</i> T. West	4	1	2
Zygnematophyceae	Desmidiiales	Desmidiaceae	Staurastrum	<i>Staurastrum avicula</i> Brébisson	2	1	0
				<i>Staurastrum gracile</i> Ralfs ex Ralfs	0	1	0
	Euglenida	Euglenidae	Trachelomonas	<i>Trachelomonas volvocina</i> (Ehrenberg) Ehrenberg	2	0	1

Ao longo dos monitoramentos realizados na PCH Rastro de Auto, situada a montante da PCH Vale do Leite, foram identificadas 216 espécies de fitoplâncton distribuídas em nove (09) classes, 35 ordens, 64 famílias e 105 gêneros. Em relação à riqueza de espécies, o grupo mais representativo foi Bacillariophyceae com 83 espécies, seguido de Chlorophyceae com 59 espécies, Zygnematophyceae com 31 espécies, Euglenophyceae com 22 espécies, Cyanobacteria com 12 espécies, Dinophyceae com seis (06) espécies, e posteriormente Cryptophyceae, Eustigmatophyceae e Synurophyceae com uma (01) espécie cada (Tabela 29). Através da análise de variância (ANOVA), foi possível identificar que existe uma diferença significativa na densidade total das classes, assim como na riqueza de espécies nas diferentes estações. No verão 64,31% da densidade total do fitoplâncton foi composto pela classe Chlorophyceae, no entanto as outras estações apresentaram mais de 70% de sua densidade total composta pela classe Bacillariophyceae (Figura 48). Apesar dessas diferenças, destaca-se que a diversidade não apresentou diferença significativa, nem entre os pontos amostrados, tampouco entre as estações (Figura 49). Indicando que a operação da PCH Rastro de Auto não interferiu na diversidade da comunidade do fitoplâncton, ao longo do trecho monitorado no Rio Forqueta.

Tabela 29: Lista das espécies de fitoplâncton identificadas ao longo do monitoramento da qualidade da água na PCH Rastro de Auto.

CLASSE	ORDEM	FAMÍLIA	GÊNERO	ESPÉCIE
	Anaulales	Anaulaceae	Terpsinoe	<i>Terpsinoe</i> sp. Ehrenberg
	Aulacoseirales	Aulacoseiraceae	Aulacoseira	<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen <i>Aulacoseira granulata</i> var. <i>angustissima</i> (O.Müller) Simonsen <i>Aulacoseira</i> sp.
	Bacillariales	Bacillariaceae	Hantzschia	<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehrenberg) Grunow
			Nitzschia	<i>Nitzschia palea</i> (Kützing) W.Smith <i>Nitzschia sigma</i> (Kützing) W.Smith <i>Nitzschia</i> sp. Hassal
	Cocconeidales	Adnanthidiaceae	Adnanthidium	<i>Adnanthidium minutissimum</i> (Kützing) Czarnecki
			Lemnicola	<i>Lemnicola exigua</i> (Grunow) Kulikovskiy, Witkowski & Plinski in Plinski & Witkowski
			Planothidium	<i>Planothidium lanceolatum</i> (Brébisson ex Kützing) Lange-Bertalot
		Cocconeidaceae	Cocconeis	<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg <i>Cocconeis</i> sp.
		Anomoeoneidaceae	Anomoeoneis	<i>Anomoeoneis</i> sp.
Bacillariophyceae		Cymbellaceae	Cymbella	<i>Cymbella affinis</i> Kützing <i>Cymbella lanceolata</i> (C.Agardh) C.Agardh <i>Cymbella mesiana</i> Cholnoky
			Cymbopleura	<i>Cymbopleura naviculiformis</i> (Auerswald ex Heiberg) Krammer
			Encyonema	<i>Encyonema lanceolata</i> <i>Encyonema minutum</i> (Hilse) D.G.Mann <i>Encyonema silesiacum</i> (Bleisch) D.G.Mann
	Cymbellales	Gomphonemataceae	Gomphoneis	<i>Gomphoneis devei</i> (Fricke) Gil <i>Gomphonema angustatum</i> (Kützing) Rabenhorst <i>Gomphonema augur</i> Ehrenberg <i>Gomphonema gracile</i> Ehrenberg <i>Gomphonema parvulum</i> (Kützing) Kützing <i>Gomphonema</i> sp. Ehrenberg
			Gomphonema	<i>Gomphonema parvulum</i> (Kützing) Kützing <i>Gomphonema</i> sp. Ehrenberg
			Placoneis	<i>Placoneis gastrum</i> (Ehrenberg) Mereschkowsky
	Eunotiales	Eunotiaceae	Eunotia	<i>Eunotia bilunaris</i> (Ehrenberg) Schaarschmidt <i>Eunotia camelus</i> Ehrenberg <i>Eunotia pectinalis</i> (Kützing) Rabenhorst
	Eupodiscales	Eupodiscaceae	Pleurosira	<i>Pleurosira laevis</i> (Ehrenberg) Compère
	Fragilariales	Fragilariaceae	Fragilaria	<i>Fragilaria capucina</i> Desmazières

CLASSE	ORDEM	FAMÍLIA	GÊNERO	ESPÉCIE
				<i>Fragilaria</i> sp. Lyngbye
				<i>Fragilaria vaucheriae</i> (Kützing) J.B.Petersen
			Synedra	<i>Synedra goulardii</i> Brébisson ex Cleve & Grunow
				<i>Synedra</i> sp. Ehrenberg
	Limnophorales	Ulnariaceae	Ulnaria	<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) Compère
	Mastogloiales	Achnanthaceae	Achnanthes	<i>Achnanthes inflata</i> (Kützing) Grunow
	Melosirales	Melosiraceae	Melosira	<i>Melosira</i> sp. C.Agardh
				<i>Melosira varians</i> C.Agardh
			Amphipleura	<i>Amphipleura lindheimeri</i> Grunow
		Amphipleuraceae		<i>Amphipleura</i> sp. Kützing
			Frustulia	<i>Frustulia rhomboides</i> (Ehrenberg) De Toni
				<i>Frustulia vulgaris</i> (Thwaites) De Toni
		Diploneidaceae	Diploneis	<i>Diploneis ovalis</i> (Hilse) Cleve
			Gyrosigma	<i>Gyrosigma attenuatum</i> (Kützing) Rabenhorst
				<i>Gyrosigma scalproides</i> (Rabenhorst) Cleve
				<i>Gyrosigma</i> sp. Hassal
				<i>Navicula atomus</i> (Kützing) Grunow
		Naviculaceae	Navicula	<i>Navicula cari</i> Ehrenberg
				<i>Navicula cryptocephala</i> Kützing
				<i>Navicula exigua</i> Dujardin
				<i>Navicula radiosa</i> Kützing
				<i>Navicula</i> sp. Bory
			Caloneis	<i>Caloneis</i> sp. Cleve
		Neidiaceae	Neidium	<i>Neidium affine</i> (Ehrenberg) Pfitzer
				<i>Pinnularia</i> sp. Ehrenberg
				<i>Pinnularia biceps</i> W.Gregory
				<i>Pinnularia brauniana</i> (Grunow) Studnicka
		Pinnulariaceae	Pinnularia	<i>Pinnularia divergens</i> W.Smith
				<i>Pinnularia gibba</i> E.E.Gaiser & J.johansen
				<i>Pinnularia latevittata</i> Cleve
				<i>Pinnularia mesolepta</i> (Ehrenberg) W.Smith
				<i>Sellaphora pupula</i> (Kützing) Mereschkovsky
		Sellaphoraceae	Sellaphora	<i>Sellaphora rectangularis</i> (W.Gregory) Lange-Bertalot & Metzeltin
				<i>Sellaphora seminulum</i> (Grunow) D.G.Mann

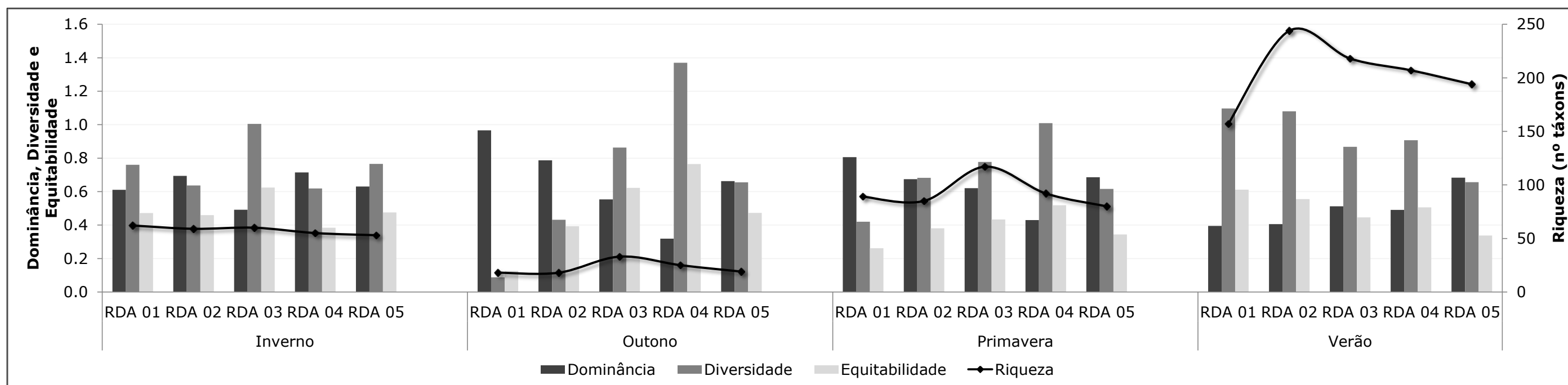
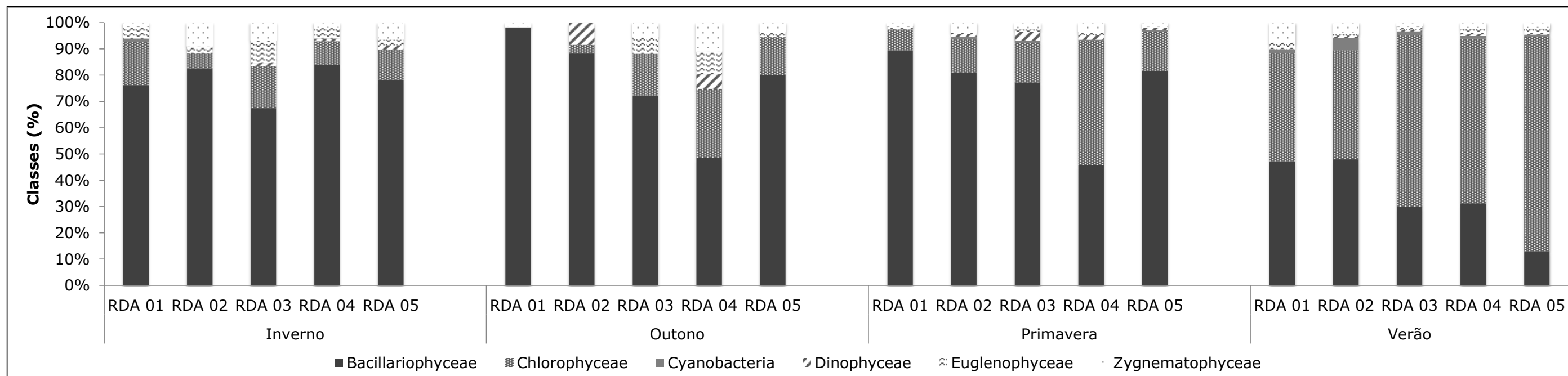
CLASSE	ORDEM	FAMÍLIA	GÊNERO	ESPÉCIE
		Stauroneidaceae	Stauroneis	Stauroneis anceps Ehrenberg <i>Stauroneis</i> sp. Ehrenberg
	Ochromonadales	Ochromonadaceae	Anthophysa	Anthophysa sp.
	Stephanodiscales	Stephanodiscaceae	Cydotella	Cydotella meneghiniana Kützing Cydotella sp.
	Stephanopyxales	Hydroseraceae	Hydrosera	<i>Hydrosera</i> sp. Wallich Hydrosera whampoensis (A.F.Schwarz) Deby <i>Iconella guatemalensis</i> (Ehrenberg) Ruck & Nakov <i>Iconella linearis</i> (W.Smith) Ruck & Nakov <i>Iconella tenera</i> (W.Gregory) Ruck & Nakov
	Suriellales	Suriellaceae	Iconella	<i>Iconella linearis</i> (W.Smith) Ruck & Nakov <i>Iconella tenera</i> (W.Gregory) Ruck & Nakov
			Suriella	<i>Suriella angusta</i> Kützing <i>Suriella minuta</i> Brébisson ex Kützing <i>Suriella</i> sp. Turpin
	Tabellariales	Tabellariaceae	Diatoma	Diatoma vulgaris Bory
			Tabellaria	<i>Tabellaria</i> sp. Ehrenberg ex Kützing
	Thalassiophysales	Catenulaceae	Amphora	<i>Amphora</i> sp. Ehrenberg ex Kützing
		Chlamydomonadaceae	Chlamydomonas	<i>Chlamydomonas</i> sp. Ehrenberg
		Phacotaceae	Pteromonas	<i>Pteromonas</i> sp. Seligo
	Chlamydomonadales	Sphaerocystidaceae	Sphaerocystis	Sphaerocystis schroeteri Chodat
		Volvocaceae	Eudorina	Eudorina elegans Ehrenberg <i>Eudorina</i> sp. Ehrenberg
			Pandorina	<i>Pandorina morum</i> (O.F. Müller) Bory
			Chlorella	Chlorella vulgaris Beyerinck
			Closteriopsis	<i>Closteriopsis acicularis</i> (Chodat) J.H.Belcher & Swale
Chlorophyceae		Chlorellaceae	Dictyosphaerium	Dictyosphaerium pulchellum H.C.Wood Dictyosphaerium sphagnale Hindák
	Chlorellales		Micractinium	Micractinium bornhemense (W.Conrad) Korshikov Micractinium pusillum Fresenius
		Oocystaceae	Crucigeniella	Crucigeniella crucifera (Wolle) Komárek
			Lagerheimia	Lagerheimia subsalsa Lemmermann
			Oocystis	Oocystis lacustris Chodat
	Scenedesmaceae	Coelastridae	Coelastrum	Coelastrum cambrium W.Archer Coelastrum microporum Nägeli in A.Braun Coelastrum sphaericum Nägeli

CLASSE	ORDEM	FAMÍLIA	GÊNERO	ESPÉCIE
			Pseudopediastrum	Pseudopediastrum boryanum (Turpin) E.Hegewald
			Pediastrum	Pediastrum duplex Meyen
		Hydrodictyaceae	Stauridium	<i>Stauridium tetras</i> (Ehrenberg) E.Hegewald
				<i>Tetraedron gracile</i> (Reinsch) Hansgirg
			Tetraedron	<i>Tetraedron minimum</i> (A.Braun) Hansgirg
				<i>Tetraedron trigonum</i> (Nägeli) Hansgirg
		Neochloridaceae	Golenkinia	Golenkinia radiata Chodat
			Comasiella	<i>Comasiella arcuata</i> (Lemmermann) E.Hegewald, M.Wolf, Al.Keller, Friedl & Krienitz
				<i>Desmodesmus armatus</i> (Chodat) E.H.Hegewald
				<i>Desmodesmus armatus</i> var. <i>longispina</i> (Chodat) E.Hegewald
				<i>Desmodesmus bicaudatus</i> (Dedusenko) P.M.Tsarenko
				<i>Desmodesmus denticulatus</i> (Lagerheim) S.S.An, T.Friedl & E.Hegewald
			Desmodesmus	<i>Desmodesmus heteracanthus</i> (Guerrero) Hentschke & Torgan
				<i>Desmodesmus intermedius</i> (Chodat) E.Hegewald
				<i>Desmodesmus microspina</i> (Chodat) Tsarenko
				<i>Desmodesmus opoliensis</i> (P.G.Richter) E.Hegewald
				<i>Desmodesmus protuberans</i> (F.E.Fritsch & M.F.Rich) E.Hegewald
				<i>Desmodesmus quadricaudatus</i> (Turpin)
	Sphaeropleales	Scenedesmaceae	Dimorphococcus	Dimorphococcus lunatus A.Braun
			Hariotina	Hariotina reticulata P.A.Dangeard
				<i>Scenedesmus arcuatus</i> (Lemmermann) Lemmermann
				<i>Scenedesmus ecomis</i> (Ehrenberg) Chodat
			Scenedesmus	<i>Scenedesmus obtusus</i> Meyen
				<i>Scenedesmus peccensis</i> Uherkovich
				<i>Scenedesmus</i> sp. Meyen
			Tetradesmus	<i>Tetradesmus bernardii</i> (G.M.Smith) M.J.Wynne
				<i>Tetradesmus lagerheimii</i> M.J.Wynne & Guiry
			Tetrastrum	<i>Tetrastrum heteracanthum</i> (Nordstedt) Chodat
				<i>Tetrastrum</i> sp. Chodat
		Schroederiaceae	Schroederia	<i>Schroederia setigera</i> (Schröder) Lemmermann
			Ankistrodesmus	<i>Ankistrodesmus arcuatus</i> Korshikov
		Selenastraceae	Ankistrodesmus	<i>Ankistrodesmus fusiformis</i> Corda
			Kirchneriella	<i>Kirchneriella lunaris</i> (Kirchner) Möbius
			Kirchneriella	<i>Kirchneriella microscopica</i> Nygaard

CLASSE	ORDEM	FAMÍLIA	GÊNERO	ESPÉCIE
			Messastrum	<i>Messastrum gracile</i> (Reinsch) T.S.Garcia
			Monoraphidium	<i>Monoraphidium griffithii</i> (Berkeley) Komárková-Legnerová
			Monoraphidium	<i>Monoraphidium indicum</i> Hindák
			Monoraphidium	<i>Monoraphidium</i> sp. Komárková-Legnerová
		Treubariaceae	Treubaria	<i>Treubaria schmidlei</i> (Schröder) Fott & Kováčik
	Trebouxiophyceae ordo incertae sedis	Coccomyxaceae	Dispora	<i>Dispora</i> sp. Printz
		Trebouxiophyceae incertae sedis	Crucigenia	<i>Crucigenia tetrapedia</i> (Kirchner) Kuntze
Cryptophyceae	Cryptomonadales	Cryptomonadaceae	Cryptomonas	<i>Cryptomonas</i> sp. Ehrenberg
	Chroococcales	Chroococcaceae	Chroococcus	<i>Chroococcus</i> sp. Nägeli
		Microcystaceae	Microcystis	<i>Microcystis aeruginosa</i> (Kützing) Kützing
			Radiocystis	<i>Radiocystis</i> sp. H.Skuja
	Nostocales	Aphanizomenonaceae	Aphanizomenon	<i>Aphanizomenon</i> sp.
			Dolichospermum	<i>Dolichospermum</i> sp. (Ralfs ex Boret & Flahault) P.Wadkin, L.Hoffmann & J.Komárek
Cyanobacteria	Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	Oscillatoria	<i>Oscillatoria</i> sp. Vaucher ex Gomont
			Phormidium	<i>Phormidium</i> sp. Kützing ex Gomont
		Merismopediaceae	Merismopedia	<i>Merismopedia tenuissima</i> Lemmermann
	Synechococcales	Coelosphaeriaceae	Coelomoron	<i>Coelomoron</i> sp. H.F.Buell
		Leptolyngbyaceae	Planktolyngbya	<i>Planktolyngbya</i> sp. Anagnostidis & Komárek
		Merismopediaceae	Aphanocapsa	<i>Aphanocapsa delicatissima</i> West & G.S.West
		Pseudanabaenaceae	Pseudanabaena	<i>Pseudanabaena</i> sp. Lauterborn
	Gonyaulacales	Ceratiaceae	Ceratium	<i>Ceratium hirundinella</i> (O.F.Müller) Dujardin
			Ceratium	<i>Ceratium</i> sp. Cleve
Dinophyceae	Peridinales	Peridiniaceae	Peridinium	<i>Peridinium</i> sp. Ehrenberg
			Peridinium	<i>Peridinium volzii</i> Lemmermann
		Peridinales incertae sedis	Glenodinium	<i>Glenodinium</i> sp. Ehrenberg
		Peridiniopsidaceae	Peridiniopsis	<i>Peridiniopsis cunningtonii</i> Lemmermann
			Euglena	<i>Euglena acus</i> (O.F.Müller) Ehrenberg
			Euglena	<i>Euglena agilis</i> H.J.Carter
			Euglena	<i>Euglena oxyuris</i> Schmarda
			Euglena	<i>Euglena</i> sp. Ehrenberg
			Euglena	<i>Euglena texta</i> (Dujardin) Hübner
Euglenophyceae	Euglenida	Euglenidae	Strombomonas	<i>Strombomonas deflandrei</i> (Y.V.Roll) Deflandre
			Strombomonas	<i>Strombomonas fluviatilis</i> (Lemmermann) Deflandre
			Trachelomonas	<i>Trachelomonas dubia</i> Svirenko

CLASSE	ORDEM	FAMÍLIA	GÊNERO	ESPÉCIE
			Trachelomonas	Trachelomonas hispida (Perty) F.Stein
			Trachelomonas	Trachelomonas intermedia P.A.Dangeard
			Trachelomonas	Trachelomonas oblonga var.pulcherrima (Playfair) T.G.Popova
			Trachelomonas	<i>Trachelomonas</i> sp. Ehrenberg
			Trachelomonas	Trachelomonas volvocina (Ehrenberg) Ehrenberg
			Trachelomonas	Trachelomonas volvocinopsis Svirenko
		Phacidae	Lepocindis	<i>Lepocindis caudata</i> (A.M. da Cunha) Pascher
			Lepocindis	<i>Lepocindis ovum</i> (Ehrenberg) Lemmermann
			Lepocindis	<i>Lepocindis</i> sp. Perty
			Lepocindis	<i>Lepocindis spinosa</i> M.S.Bennet & Triemer
			Phacus	Phacus acuminatus Stokes
			Phacus	Phacus curvicauda Svirenko
			Phacus	<i>Phacus longicauda</i> (Ehrenberg) Dujardin
			Phacus	<i>Phacus</i> sp. Dujardin
Eustigmatophyceae	Gonioclridales	Gonioclridaceae	Pseudostaurastrum	Pseudostaurastrum lobulatum (Nägeli) Bourrelly
Synurophyceae	Synurales	Mallomonadaceae	Mallomonas	<i>Mallomonas</i> sp. Perty
		Closteriaceae	Closterium	<i>Closterium acerosum</i> Ehrenberg ex Ralfs
			Closterium	<i>Closterium aciculare</i> T.West
			Closterium	<i>Closterium dianae</i> Ehrenberg ex Ralfs
			Closterium	<i>Closterium gracile</i> Brébisson ex Ralfs
			Closterium	<i>Closterium jenneri</i> Ralfs
			Closterium	<i>Closterium parvulum</i> Nägeli
			Closterium	<i>Closterium setaceum</i> Ehrenberg ex Ralfs
			Closterium	<i>Closterium</i> sp.
Zygnematophyceae	Desmidiiales	Desmidiaceae	Closterium	<i>Closterium turgidum</i> Ehrenberg ex Ralfs
			Actinotaenium	<i>Actinotaenium cucurbita</i> (Brébisson ex Ralfs) Teiling
			Cosmarium	<i>Cosmarium contractum</i> O.Kirchner
			Cosmarium	<i>Cosmarium granatum</i> Brébisson ex Ralfs
			Cosmarium	<i>Cosmarium laeve</i> Rabenhorst
			Cosmarium	<i>Cosmarium rectangulare</i> Grunow
			Cosmarium	<i>Cosmarium</i> sp.
			Cosmarium	<i>Cosmarium vexatum</i> West
		Euastrum	<i>Euastrum amoenum</i> F.Gay	
		Hyalotheca	<i>Hyalotheca</i> sp. Ralfs	

CLASSE	ORDEM	FAMÍLIA	GÊNERO	ESPÉCIE
			Staurastrum	Staurastrum avicula Brébisson
			Staurastrum	Staurastrum brachioprominens Borgesen
			Staurastrum	Staurastrum gracile Ralfs ex Ralfs
			Staurastrum	Staurastrum hantzschii Reinsch
			Staurastrum	Staurastrum hexacerum Wittrock
			Staurastrum	Staurastrum paradoxum Meyen ex Ralfs
			Staurastrum	Staurastrum sebaldi Reinsch
			Staurastrum	<i>Staurastrum</i> sp. Meyen ex Ralfs
			Staurastrum	Staurastrum trifidum Nordstedt
			Stauroidesmus	Stauroidesmus dejectus (Brébisson) Teiling
			Stauroidesmus	<i>Stauroidesmus dickei</i> (Ralfs) S.Lillieroth
			Stauroidesmus	<i>Stauroidesmus patens</i> (Nordstedt) Croasdale
			Teilingia	<i>Teilingia granulata</i> (J.Roy & Bisset) Bourrily



A classe Bacillariophyceae mostrou-se predominante ao longo do monitoramento na PCH Rastro de Auto, assim como na composição da comunidade de outono da PCH Vale do Leite. Essas algas caracterizam-se pelo rápido crescimento e por terem desenvolvido habilidades para sobreviver em sistemas turbulentos, com alta flutuação de luminosidade. Segundo SOMMER (1988), as diatomáceas exibem o que se chama de adaptação cromática, ou seja, são tolerantes a menores intensidades luminosas, favorecendo seu desenvolvimento nas camadas mais profundas, menos iluminadas, porém mais ricas em nutrientes, incluindo a sílica dissolvida, essencial para a formação de suas paredes celulares que formam sua frústula.

Uma das abordagens utilizadas na avaliação da degradação da qualidade da água em sistemas lóticos é a resposta da biota às mudanças ambientais, e nesse sentido as diatomáceas são eficientes organismos bioindicadores. Vários grupos de organismos são usados para avaliar os efeitos de poluentes e da eutrofização sobre as comunidades aquáticas, sendo as diatomáceas muito utilizadas nas pesquisas, pois suas assembléias mudam em diferentes condições ambientais: se reproduzem rapidamente, o que pode indicar condições ecológicas de dias a semanas, e as valvas de sílica são resistentes à decomposição (TEIXEIRA et al., 2018). Dentre as espécies integrantes das comunidades avaliadas (PCH Rastro de Auto e PCH Vale do Leite), encontram-se espécies de diatomáceas de ambientes pouco poluídos como: *Cocconeis placentula* e *Eunotia* sp.

Aplicação do índice de qualidade da água (IQA)

Através do cálculo do IQA, obteve-se a classificação "ruim" para as amostras coletadas na PCH Vale do Leite. Contudo, a aplicação do IQA para o histórico das PCH's Rastro de Auto e Salto Forqueta classificou os trechos, na maioria das amostras, em "Boa" e "Regular", respectivamente (Figura 50). Através da aplicação do IQA e, considerando as análises estatísticas realizadas, observa-se que há um gradiente espacial influenciando na qualidade da água, onde identifica-se melhores condições da qualidade da água no trecho da PCH Rastro de Auto. Seguindo o curso do rio à jusante, na PCH Salto Forqueta, há alteração de alguns parâmetros como aumento da turbidez e coliformes termotolerantes, diminuição do OD, DBO e temperatura da água.

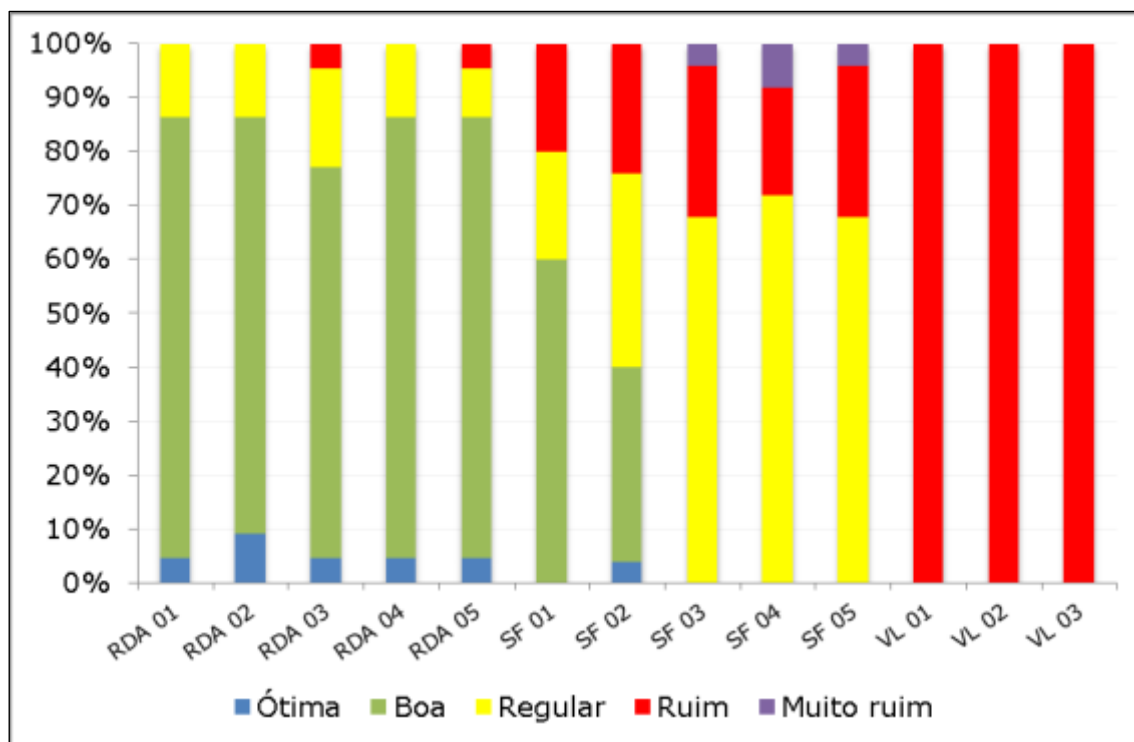


Figura 50: Índice de Qualidade das Águas dos pontos amostrados nas PCH's Rastro de Auto, Salto Forqueta e Vale do Leite.

Aplicação do índice de estado trófico (IET)

Por meio do cálculo do IET, foi constatado que os pontos amostrados na PCH Vale do Leite podem ser caracterizados como **oligotróficos** (IET médio de **50.3**). Após a aplicação do IET nos dados históricos, das PCH's Rastro de Auto e Salto Forqueta, verificou-se que os trechos analisados podem ser considerados oligomesotróficos (Figura 51). Sendo um indicativo de corpos d'água limpos, que variam de baixa produtividade a uma produtividade intermediária, com possíveis implicações sobre a qualidade da água, mas em níveis aceitáveis na maioria dos casos.

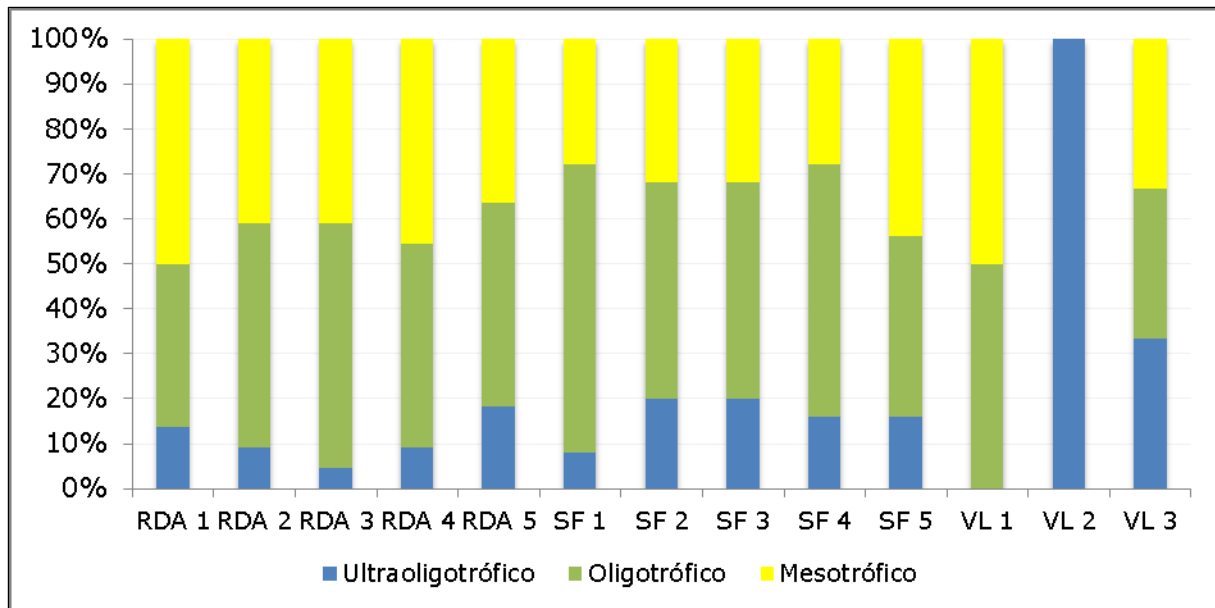


Figura 51: Índice de Estado Trófico dos pontos amostrados nas PCH's Rastro de Auto, Salto Forqueta e Vale do Leite.

8.1.2.4.4 Considerações gerais

Sabe-se que os parâmetros qualitativos e a vazão de um rio se comportam de acordo com o que acontece em sua bacia, no que diz respeito às variáveis ambientais (tipo de solo, vegetação, topografia, clima, geologia, etc.) e socioeconômicas (população, atividades agrícolas, indústrias, etc.). Na área de estudo (sub-bacia hidrográfica do Rio Forqueta), destacam-se as atividades agrícolas, suinícolas e avícolas. A bacia hidrográfica do Taquari-Antas, na qual está inserida a sub-bacia hidrográfica do Rio Forqueta, apresenta uma densidade de 52 hab./km², o que pode ser considerado um índice populacional elevado visto que esta não é uma área metropolitana (STROHSCHOEN et al., 2009). A influência das atividades antrópicas na bacia é constante, o que pode ser notado pela degradação da biodiversidade original da região em virtude do plantio em áreas inaptas, utilização de defensivos agrícolas nas plantações e despejos domésticos e industriais em corpos hídricos (SCHNEIDER, 2017). Segundo GUERINI FILHO *et al.* (2017) houve uma redução de aproximadamente 28% da Mata de Araucária, em relação à área existente em 1986, bem como redução nas áreas agrícolas e agropecuárias. Por sua vez, as áreas de Floresta Estacional Decidual e Florestas Exóticas tiveram aumento principalmente em áreas mais declivosas da Bacia Hidrográfica do Rio Forqueta. Através do estudo de Guerini,

pode-se concluir que a área da bacia encontra-se com bastante vegetação florestal (aproximadamente 50%), principalmente em diferentes estágios de regeneração, porém há necessidade muito grande em preservar, conservar e manter as áreas de Mata de Araucária remanescentes.

Tendo em vista o resultado das análises realizadas, a qualidade das águas do Rio Forqueta variou de boa a regular. De modo geral o Rio, nos pontos amostrados, exibiu baixo grau de eutrofização (oligo-mesotrófico), apresentando marcada sazonalidade que por sua vez influencia na dinâmica natural do ecossistema, assim como na vazão do rio. Também foi possível identificar uma variação espacial, a partir do trecho correspondente à PCH Rastro de Auto, em direção à jusante do Rio Forqueta, com tendência de aumento dos coliformes termotolerantes e turbidez, e diminuição do oxigênio dissolvido, DBO e temperatura. Todavia, considerando o histórico das PCH's, a concentração de oxigênio dissolvido manteve-se alta na maior parte do tempo do monitoramento, sendo classificado como classe I segundo da Resolução CONAMA nº 357/05. Esta condição é determinante na concentração dos outros parâmetros de qualidade da água, uma vez que o processo de autodepuração é influenciado pela qualidade da água e sua capacidade de degradação dos poluentes. Por meio de modelagem matemática, com o objetivo de simular e avaliar a qualidade da água na Bacia do Rio Forqueta, e analisar os parâmetros físico-químicos e microbiológicos, Schneider (2017) demonstrou que OD, DBO, Nitrogênio Amoniacal, FT e CT mantiveram maior frequência de permanência em Classe 1 e 2 da Resolução do CONAMA 357/05, considerando a qualidade da água como boa na maior parte do tempo.

No que tange aos parâmetros biológicos, a comunidade fitoplanctônica registrada no trecho da PCH Vale do Leite apresentou composição majoritária por diatomáceas. Sabendo do potencial bioindicador desses indivíduos, foi possível identificar espécies pouco tolerantes à ambientes eutrofizados, corroborando, desta forma, com os resultados apresentados nos índices de qualidade da água. A partir da análise do monitoramento do fitoplâncton na PCH Rastro de Auto pode-se verificar que não há diferença entre os pontos amostrados, evidenciando que a operação da PCH não influenciou na diversidade do fitoplâncton. É possível

verificar que existe uma variação sazonal na comunidade, com o aumento das Chlorophyceae no verão.

8.1.2.4.5 Fontes de poluição

A avaliação da qualidade da água de um corpo hídrico requer também a avaliação das fontes poluidoras, a qual se encontra bastante relacionada à atividade predominante da região. A seguir está a descrição dos tipos de fontes de poluição.

Fontes pontuais ou fixas

Correspondem às fontes que podem ser relacionadas a um ponto específico de descarga. Abaixo está apresentada a principal fonte de poluição pontual obtida, classificada de acordo com a atividade geradora do poluente.

Cargas poluidoras de origem doméstica

As cargas poluidoras de origem doméstica, referem-se aos pontos de lançamento de esgotos. São considerados como fontes pontuais de poluição direta dos cursos d'água onde são lançados, podendo também afetar as águas subterrâneas e solos de forma indireta. Os esgotos domésticos caracterizam-se pela grande quantidade de matéria orgânica biodegradável, responsável por significativa depleção do oxigênio nos cursos de água como resultado da estabilização pelas bactérias. Estes efluentes líquidos apresentam ainda nutrientes e organismos patogênicos, que podem causar efeitos deletérios no corpo receptor, dificultando, ou mesmo inviabilizando, o seu uso para outro fim. Os efluentes domésticos foram subdivididos em: a) Efluentes Domésticos Urbanos e b) Efluentes Domésticos Rurais.

Fontes difusas

As fontes difusas de poluição caracterizam-se por apresentar ampla área de contribuição, provindo de atividades que depositam poluentes de forma esparsa, podendo chegar aos corpos d'água apenas de forma intermitente, associado aos períodos de chuvas. Constituem tema de extrema dificuldade para a caracterização, pois se associam a grandes áreas, exigindo numerosos pontos de

monitoramento, e à poluentes com baixas concentrações, que necessitam, muitas vezes, de cuidadosos métodos de amostragem e técnicas analíticas sofisticadas.

Cargas poluidoras de origem agrícola

As áreas agrícolas podem apresentar-se como fontes difusas de contaminação, a depender das práticas agrícolas utilizadas. Os principais fatores que interferem na qualidade dos recursos hídricos estão relacionados à preparação do terreno, aplicação de fertilizantes, utilização de defensivos agrícolas e irrigação. A contaminação pode ocorrer por meio de águas de deflúvios superficiais, de infiltração ou pelo material removido por erosão dos solos.

Cargas poluidoras de origem pecuária

As cargas poluidoras de origem pecuária referem-se aos pontos de suinocultura e avicultura, que são comuns na região de inserção da PCH Vale do Leite. São considerados como fontes difusas de poluição, pois há o uso da água para higiene dos animais, e posterior lixiviação dos dejetos para os corpos hídricos.

Outras fontes

Também podemos citar como fontes poluidoras: o saneamento inadequado, com núcleos sem atendimento ou com precariedade das condições de saneamento; ocupações irregulares e a expansão urbana não controlada; disposição inadequada de resíduos sólidos; e atividades econômicas de elevado impacto ambiental (extração mineral, etc.).

Bacia do Rio Forqueta

A bacia hidrográfica do Rio Forqueta compreende 28 municípios, que ao todo somam 282.19 (duzentos e oitenta e dois mil e dezenove) habitantes (IBGE, 2010), porém apenas 14 municípios possuem influência de área urbana inserida nos limites da bacia. Destacando as cidades de Lajeado e Soledade, com maior

influência de população urbana. A partir do censo populacional do IBGE (2010) foram obtidas informações relativas à população urbana e rural dos municípios.

Fontes pontuais – carga poluidora de origem doméstica

Para a estimativa da carga orgânica produzida pela população, foi analisada a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO₅). Este parâmetro avalia indiretamente a presença de poluição por matéria orgânica, que é um dos principais problemas de poluição das águas. Para cada município foi estimada a carga orgânica remanescente, com base no equivalente populacional da DBO₅ 54g/hab.dia (VON SPERLING, 1996) e em fatores de redução (Tabela 30). Neste estudo assumiu-se que a população urbana está ligada à rede geral (canalização mista) e que a população rural é atendida por fossa séptica. A carga orgânica remanescente foi gerada segundo a equação a seguir:

$$C_{rem} = Pop * (54g/hab/dia) * F_{red}$$

Sendo:

C_{rem}: carga orgânica remanescente;

Pop: população do setor (município);

F_{red}: fator de redução

Tabela 30: Fatores de redução (F_{red}) de cargas de DBO.

PARÂMETRO	CLASSES	FATOR DE REDUÇÃO
DBO _{5,20}	Populações ligadas à rede geral (canalizações mistas)	0.5
DBO _{5,20}	Populações atendidas por fossa séptica (sistema decantação/infiltração)	0.85

Na Tabela 31 estão os valores obtidos, tanto para a população urbana quanto para a população rural, da carga orgânica remanescente.

Tabela 31: Carga orgânica remanescente da população urbana e rural da Bacia do Rio Forqueta.

MUNICÍPIO	POPULAÇÃO URBANA (HABITANTES)	CARGA ORGÂNICA REMANESCENTE (URBANA)	POPULAÇÃO RURAL (HABITANTES)	CARGA ORGÂNICA REMANESCENTE (RURAL)
Arroio do Meio	14.7	395.9	4.1	189.1
Arvorezinha	6.3	169.5	4.0	181.4
Barros Cassal	3.5	95.3	7.6	348.9
Boqueirão do Leão	1.7	45.1	6.0	275.4
Canudos do Vale	411.0	11097.0	1.4	64.1
Capitão	1.1	31.0	1.5	68.3
Coqueiro Baixo	282.0	7614.0	1.2	57.2
Fontoura Xavier	4.1	110.5	6.6	303.8
Forquetinha	465.0	12555.0	2.0	92.2
Ibirapuitã	2.4	64.6	1.7	76.7
Ilópolis	2.2	59.5	1.9	87.0
Itapuca	551.0	14877.0	1.8	82.0
Lajeado	71.2	1922.8	265.0	12163.5
Marques de Souza	1.5	41.7	2.5	115.8
Nova Alvorada	1.3	36.0	1.8	84.7
Nova Brésia	1.5	40.8	1.7	76.8
Pouso Novo	630.0	17010.0	1.2	57.1
Progresso	1.9	50.5	4.3	196.9
Putinga	1.6	42.7	2.6	117.7
Relvado	734.0	19818.0	1.4	65.2
Santa Clara do Sul	2.8	76.9	2.8	130.5
São José do Herval	867.0	23409.0	1.3	61.4
Sério	530.0	14310.0	1.8	80.4
Soledade	24.0	649.1	6.0	276.5
Travesseiro	887.0	23949.0	1.4	65.5
Venâncio Aires	41.4	1118.2	24.5	1126.8

Fonte difusa – carga poluidora de origem pecuária

Para estimativa da carga poluidora de origem pecuária foram obtidas informações relativas ao tamanho do rebanho efetivo por município e a área rural explorada, sendo os dados obtidos a partir do censo agrícola (IBGE, 2017). Para o cálculo da carga bruta orgânica, foram utilizadas as cargas unitárias de DBO para bovinos, equinos, suínos, caprinos e aves (LASSEVILS & BERRUX, 2000), conforme apresentado na Tabela 32, utilizando o equivalente de 1g P = 21.6g DBO (OSPAR, 2000).

Tabela 32: Tabela das cargas unitárias de Fósforo e DBO por cabeça.

REBANHO	CARGA UNITÁRIA DE FÓSFORO (gP/cab/dia)	CARGA UNITÁRIA DBO (gDBO/cab/dia)
Bovinos	42.3	913.7
Equinos	3.9	84.2
Suínos	20.0	432.0
Ovinos	5.0	108.0
Aves	2.5	54.0

A carga bruta foi obtida multiplicando-se a carga unitária de DBO pelo efetivo de cabeças de cada tipo de criação. Para compor a carga total, foi utilizado o critério de que as criações predominantemente confinadas (aves e suínos) impactam mais que as não confinadas. Desta forma, o total das cargas, por município, foi obtido através da seguinte fórmula:

$$I_{\text{rebanho}} = (0,2 * \text{DBO bov}) + (0,2 * \text{DBO equ}) + (0,2 * \text{DBO ovi}) + (\text{DBO sui}) + (\text{DBO ave})$$

Onde bov, equ, ovi, sui e avi, são respectivamente, a população de bovinos, equinos, ovinos, suínos e aves no município.

O total das cargas foi dividido pela área municipal em quilômetros quadrados, passando a expressar a carga potencial de DBO, que é gerada pelos rebanhos por quilômetro quadrado. Os valores finais obtidos estão apresentados na Tabela 33.

Tabela 33: Tabela da carga potencial de DBO gerada pela pecuária, por município, na Bacia do Rio Forqueta.

MUNICÍPIO	ÁREA RURAL (km ²)	BOVINOS	EQUINOS	SUÍNOS	OVINOS	AVES	I _{rebanho}	DBO (km ²)
Arroio do Meio	91.4	12104.0	140.0	80442.0	1081.0	2131.0	37103610.2	406169.8
Arvorezinha	221.7	5359.0	136.0	15535.0	759.0	1364.0	7782764.3	35108.1
Barros Cassal	414.4	18121.0	456.0	8509.0	1622.0	1489.0	7110439.8	17158.8
Boqueirão do Leão	227.4	7922.0	271.0	11050.0	682.0	1151.0	6302715.1	27716.4
Canudos do Vale	64.5	4938.0	62.0	26163.0	83.0	994.0	12261299.0	190097.7
Capitão	48.7	4051.0	28.0	61745.0	207.0	1305.0	27489532.5	565046.9
Coqueiro Baixo	75.0	5368.0	46.0	14064.0	1023.0	1518.0	7161439.8	95536.8
Fontoura Xavier	403.6	14791.0	712.0	8831.0	1942.0	2844.0	6725412.6	16662.7
Forquetinha	70.7	7502.0	113.0	20741.0	247.0	423.0	10361107.6	146612.5
Ibirapuitã	261.0	7476.0	159.0	1070.0	1034.0	527.0	1881874.2	7211.4
Ilópolis	93.9	1933.0	47.0	10705.0	675.0	935.0	5043657.9	53695.9
Itapuca	160.8	4903.0	167.0	11638.0	576.0	512.0	5966492.1	37102.7
Lajeado	32.9	3077.0	139.0	2334.0	564.0	66252.0	5162710.1	157160.1
Marques de Souza	87.6	8177.0	129.0	27390.0	549.0	10863.0	13927377.7	159079.1
Nova Alvorada	126.0	6548.0	73.0	26320.0	260.0	1621.0	12661200.8	100509.7
Nova Bréscia	80.7	4990.0	60.0	25890.0	563.0	4024.0	12326819.8	152824.4
Pouso Novo	70.6	3810.0	84.0	15492.0	490.0	960.0	7452622.0	105516.4
Progresso	197.2	9623.0	239.0	14825.0	891.0	2459.0	8318963.4	42189.7
Putinga	144.6	7322.0	65.0	37481.0	1283.0	1237.0	17625419.7	121933.0

MUNICÍPIO	ÁREA RURAL (km ²)	BOVINOS	EQUINOS	SUÍNOS	OVINOS	AVES	I _{rebanho}	DBO (km ²)
Relvado	82.7	5307.0	58.0	22258.0	647.0	1245.0	10667439.1	128942.8
Santa Clara do Sul	69.7	5665.0	134.0	17358.0	248.0	19316.0	9584555.5	137472.1
São José do Herval	64.7	3091.0	122.0	18750.0	347.0	582.0	8705827.0	134640.1
Sério	80.2	3562.0	57.0	12515.0	271.0	844.0	6109789.4	76181.9
Soledade	948.0	40898.0	1481.0	3571.0	6377.0	1877.0	9280413.8	9789.7
Travesseiro	56.1	5504.0	46.0	58101.0	298.0	915.0	26162054.4	466513.1
Venâncio Aires	533.2	37115.0	953.0	43256.0	1550.0	3789.0	25723121.6	48246.5

Fonte difusa- carga poluidora de origem agrícola

A carga poluidora de origem agrícola pode ser estimada através do índice agrícola, que demonstra a intensidade da atividade agrícola e pode ser um indicativo do potencial de contaminação devido ao uso de insumos nas plantações. A partir dos dados disponibilizados pelo censo agrícola (IBGE, 2017), foram obtidas informações relativas à área rural explorada e aos tipos de cultura (permanente ou temporária), o que permitiu gerar o índice agrícola de cada município. O índice foi calculado através da equação abaixo:

$$I_{agrícola} = Sct + (0,2 * Scp)$$

Onde:

Sct – Somatório das áreas ocupadas por todas as culturas temporárias, por município.

Scp – Somatório das áreas ocupadas por todas as culturas permanentes.

Após a aplicação da fórmula, o índice foi dividido pela área rural, em hectares, expressando a probabilidade de aporte de nutrientes oriundos das lavouras por unidade de área (ha). Quanto maior o índice, maior será o aporte potencial, ou seja, maior o potencial poluidor. Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 34.

Tabela 34: Tabela da carga potencial de DBO gerada pelas culturas (permanente e temporária), por município, na Bacia do Rio Forqueta.

MUNICÍPIO	ÁREA RURAL (ha)	CULT. PERM. (ha)	CULT. TEMP. (ha)	I_{agr}	POTENCIAL POLUIDOR (ha)
Arroio do Meio	9135.0	67.0	3931.0	3944.4	0.4
Arvorezinha	22168.0	5298.0	4443.0	5502.6	0.2
Barros Cassal	41439.0	236.0	15408.0	15455.2	0.4
Boqueirão do Leão	22740.0	100.0	6184.0	6204.0	0.3
Canudos do Vale	6450.0	80.0	1432.0	1448.0	0.2
Capitão	4865.0	68.0	807.0	820.6	0.2
Coqueiro	7496.0	118.0	999.0	1022.6	0.1

MUNICÍPIO	ÁREA RURAL (ha)	CULT. PERM. (ha)	CULT. TEMP. (ha)	I _{agr}	POTENCIAL POLUIDOR (ha)
Baixo					
Fontoura Xavier	40362.0	1941.0	8403.0	8791.2	0.2
Forquethinha	7067.0	87.0	1630.0	1647.4	0.2
Ibirapuitã	26096.0	97.0	17081.0	17100.4	0.7
Ilópolis	9393.0	4531.0	1005.0	1911.2	0.2
Itapuca	16081.0	1361.0	5738.0	6010.2	0.4
Lajeado	3285.0	73.0	1748.0	1762.6	0.5
Marques de Souza	8755.0	211.0	2355.0	2397.2	0.3
Nova Alvorada	12597.0	630.0	6383.0	6509.0	0.5
Nova Bréscia	8066.0	80.0	1072.0	1088.0	0.1
Pouso Novo	7063.0	185.0	824.0	861.0	0.1
Progresso	19718.0	190.0	4512.0	4550.0	0.2
Putinga	14455.0	2035.0	3467.0	3874.0	0.3
Relvado	8273.0	219.0	1849.0	1892.8	0.2
Santa Clara do Sul	6972.0	109.0	3305.0	3326.8	0.5
São José do Herval	6466.0	311.0	1043.0	1105.2	0.2
Sério	8020.0	88.0	1567.0	1584.6	0.2
Soledade	94798.0	607.0	44499.0	44620.4	0.5
Travesseiro	5608.0	54.0	1419.0	1429.8	0.3
Venâncio Aires	53316.0	1198.0	20894.0	21133.6	0.4

Bacia do empreendimento

Para a quantificação das fontes poluidoras (pontuais e difusas) da bacia do empreendimento, foi realizada análise de imagem de satélite. As fontes de poluição foram quantificadas, classificadas quanto à sua forma de inserção no meio e quanto à sua origem. A tabela contendo o tipo de fonte poluidora e a localização geográfica da fonte está inserida no Anexo 20.

Em relação às fontes pontuais de poluição, foram identificados 2049 pontos de lançamentos de efluentes domésticos na área da bacia do empreendimento

(Anexo 22). Já em relação as fontes difusas, no que tange a carga orgânica de origem pecuária, foram identificados 140 pontos de pecuária na área da bacia do empreendimento (Anexo 23) E, de acordo com o mapa de uso e ocupação do solo (Anexo 24) pode-se contabilizar 50 áreas que podem ser agropecuárias.

Os principais contribuintes do reservatório da PCH Vale do Leite são dois (02) arroios caracterizados por apresentarem uma pequena bacia de contribuição, baixíssima densidade populacional e, conseqüentemente, baixa carga orgânica proveniente tanto das criações quanto da população rural. Sabe-se que fatores como a vazão influenciam na velocidade de escoamento, no tempo de residência e também na diluição dos poluentes; e que quanto menor o tempo de residência mais rápido o lago renova as suas águas, conseqüentemente, diminuindo uma possível degradação ambiental. Além disso por ser uma pequena central hidrelétrica do tipo *fio d'água* terá um reservatório com pequeno volume, e a energia que poderá gerar será dependente diretamente da vazão do rio. Com o intuito de corroborar com as afirmações acerca do não impacto na qualidade da água do rio Forqueta, principalmente no que tange a contribuição dos principais afluentes do reservatório, foi realizada a análise das vazões desses afluentes, seu tempo de residência, volume de água e estimativa de carga orgânica advinda de suas bacias de contribuição, além da comparação com as características do futuro reservatório (vazão, volume da água e tempo de residência).

Afluentes principais do reservatório

Análise da curva de permanência das vazões médias diárias

O Método da Curva de Permanência é um dos que se enquadram na categoria de Métodos Hidrológicos e são utilizados em vasta escala nos projetos de geração de energia. Este método relaciona a vazão com a sua probabilidade de ocorrência ao longo do tempo. A curva de permanência é calculada através de dados históricos de vazões, os quais são ordenados de forma crescente.

O procedimento consta das seguintes etapas:

- Para a série de vazões $Q(t)$ determinar o maior e o menor valor da série;
- Determinar intervalos de classe entre o maior e menor valor;
- Determinar quantas vazões estão contidas em cada intervalo;

- Obter a distribuição de frequência;
- Acumular os valores do intervalo maior para o menor,
- Plotar os valores num gráfico com o valor do limite inferior do intervalo obtendo-se a curva de permanência.

A curva de permanência é utilizada para avaliar a distribuição do comportamento da vazão ao longo do tempo e não para valores extremos. Para a geração da curva de permanência as vazões médias diárias foram obtidas da ANA e processados pelo HIDROWEB/ANA, foram utilizados os postos base do presente estudo e transferidos para a PCH através da relação direta das áreas de drenagem. A seguir é os dados e o gráfico representativo da curva de permanência das vazões médias diárias (Figura 52) para o local do aproveitamento.

Curva de permanência local da PCH Vale do Leite

Área de drenagem = 730,00 km²

Q mlt = 20,02 m³/s

Q mlt específica = 27,42 l/s/km²

Q95 % = 1,07 m³/s

Q95 % específica = 1,466 l/s/km²

Q90 % = 1,78 m³/s

Q90 % específica = 2,438 l/s/km²

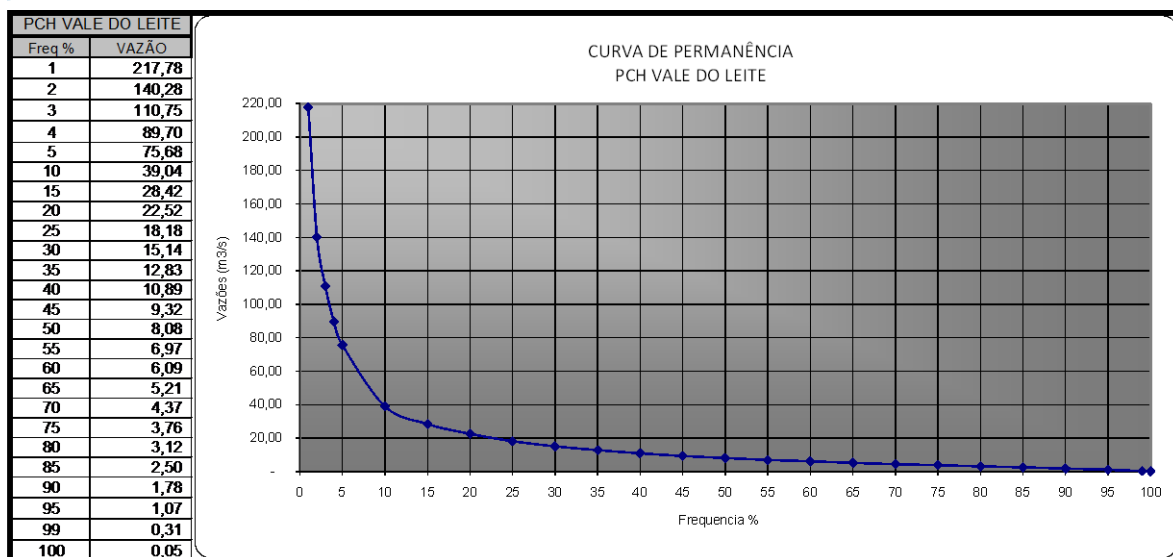


Figura 52: Curva de Permanência PCH Vale do Leite (Vazões Médias Diárias).

O período das grandes estiagens geralmente ocorre para probabilidades superiores a 95% (IPH, 2006).

Vazões dos afluentes

Os valores das vazões de contribuição dos afluentes (contribuição lateral) foram obtidos pela multiplicação das vazões específicas consideradas pela área de drenagem dos respectivos afluentes (Figura 53). As áreas de contribuição, e suas respectivas distâncias e vazões estimadas nas hipóteses consideradas estão indicadas na Tabela 35. Sendo considerada para efeito comparativo como vazão específica a vazão média de longo prazo (QMLT), Q90% e Q95% para o cálculo estimado de vazão lateral dos afluentes indicados.

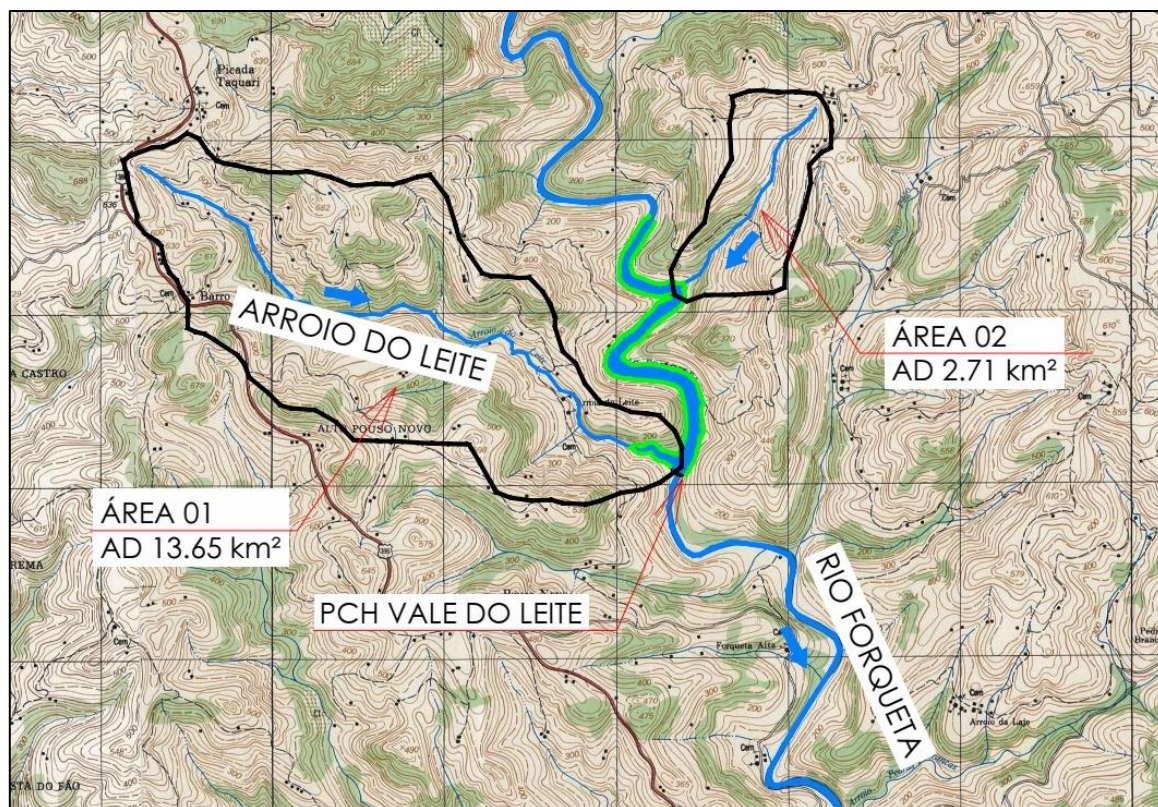


Figura 53: Área de contribuição lateral (corpo hídrico).

Tabela 35: Vazão local da PCH vale do Leite e principais afluentes do reservatório.

CORPO HÍDRICO	DISTÂNCIA ATÉ BARRAGEM (M)	ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO (KM²)	VAZÃO QML (L/S)	VAZÃO PERMANÊNCIA DIÁRIA Q90%* (L/S)	VAZÃO PERMANÊNCIA DIÁRIA Q95%* (L/S)
Arroio do Leite	77	13,7	374,3	33,3	20,0
Área 02	3.122	2,7	74,3	6,6	4,0

Legenda: *valores das Permanências Diárias foram extraídos da curva de permanência da Figura 52.

Volume de água dos afluentes

O volume de água contido dos afluentes foi considerado a partir da borda do reservatório, considerando o volume que acumula dentro do afluente no nível normal.

Arroio do Leite

O volume contido no Arroio do Leite será 298.892,73 m³, isto é a diferença entre o volume acumulado a partir da borda do reservatório e o nível normal (Tabela 36).

Tabela 36: Tabela cota-área-volume do Arroio do Leite.

TABELA COTA - ÁREA - VOLUME			
AFLUENTE ARROIO DO LEITE			
COTA (m)	ÁREA (m²)	VOLUME TOTAL (m³)	OBSERVAÇÃO
106,00	125,946	31,49	Borda do rio
107,00	254,811	221,87	-
108,00	458,936	578,74	-
109,00	826,818	1.221,62	-
110,00	1.433,148	2.351,60	-
111,00	2.112,265	4.124,31	Borda do reservatório
112,00	2.810,174	6.585,52	-
113,00	3.709,899	9.845,56	-
114,00	5.097,962	14.249,49	-
115,00	6.881,963	20.239,45	-
116,00	7.958,209	27.659,54	-
117,00	9.207,672	36.242,48	-
118,00	10.737,003	46.214,82	-
119,00	13.139,300	58.152,97	-
120,00	16.637,41	73.041,32	-
121,00	18.436,21	90.578,13	-
122,00	20.327,18	109.959,82	-
123,00	22.410,88	131.328,85	-
124,00	25.163,28	155.115,93	-
125,00	28.331,03	181.863,08	-
126,00	30.020,22	211.038,71	-

TABELA COTA - ÁREA - VOLUME

AFLUENTE ARROIO DO LEITE

COTA (m)	ÁREA (m²)	VOLUME TOTAL (m³)	OBSERVAÇÃO
127,00	31.905,55	242.001,59	-
128,00	34.078,31	274.993,52	-
128,80	35.980,47	303.017,03	Nível normal reservatório

Afluente Área 02

O volume contido no afluente Área 02 será 13.591,07 m³, isto é a diferença entre o volume acumulado a partir da borda do reservatório e o nível normal (Tabela 37).

Tabela 37: Tabela cota-área-volume afluente Área 02

TABELA COTA - ÁREA - VOLUME

AFLUENTE ÁREA 02

COTA (m)	ÁREA (m²)	VOLUME TOTAL (m³)	OBSERVAÇÃO
118,00	14,229	3,56	Borda do rio
119,00	59,851	40,60	-
120,00	168,123	154,58	-
121,00	387,598	432,44	-
122,00	607,632	930,06	-
123,00	896,665	1.682,21	Borda do reservatório
124,00	1.335,573	2.798,33	-
125,00	1.985,850	4.459,04	-
126,00	2.403,124	6.653,53	-
127,00	2.860,309	9.285,24	-
128,00	3.396,680	12.413,74	-
128,80	3.752,184	15.273,28	Nível normal reservatório

Tempo de retenção ou residência nos afluentes

Arroio do Leite

O tempo de retenção será de 4,38 horas.

Afluente Área 02

O tempo de retenção será de 11,95 minutos.

Carga orgânica dos afluentes

Para o cálculo da estimativa de carga orgânica, advinda dos principais afluentes do reservatório da PCH Vale do Leite, utilizamos os dados já apresentados de carga orgânica da população rural de Pouso Novo e a carga orgânica das criações (bovinos, equinos, suínos, ovinos e aves). Calculamos a proporção da área de drenagem dos afluentes em relação à área rural de Pouso Novo (70,6 km²), desta forma foi possível obter uma estimativa da carga orgânica e concentração do DBO, dada pela seguinte equação:

$$\text{Concentração DBO (kg/m}^3\text{)} = \text{Carga orgânica potencial (kg/d)} / \text{vazão efluente (m}^3\text{/d)}$$

Tabela 38: Dados de área, vazão e carga orgânica dos principais afluentes do reservatório da PCH Vale do Leite.

	ÁREA (km²)	VAZÃO QMLT (m³/dia)	CARGA ORGÂNICA REMANESCENTE POPULAÇÃO (kg/dia)	DBO CRIAÇÕES (kg/km²)	CONCENTRAÇÃO CARGA POP (kg/m³)	CONCENTRAÇÃO CARGA CRIAÇÃO (kg/m³)	CONCENTRAÇÃO TOTAL DBO (kg/m³)
ÁREA RURAL POUSO NOVO	70,6	-	0,057	105,5	-	-	-
ARROIO DO LEITE	13,65	32313,6	0,011	20,4	0,0000003	0,0086	0,0086
ARROIO 02	2,71	6393,6	0,002	4,03	0,0000003	0,0017	0,0017

Dentre os 2049 pontos de lançamentos de efluentes domésticos e os 140 pontos de pecuária contabilizados na bacia do empreendimento, 76 pontos de lançamentos de efluentes domésticos e 6 pontos de efluentes de origem pecuária foram contabilizados na área de drenagem do Arroio do Leite; e oito (08) pontos de lançamentos de efluentes domésticos e três (03) pontos de efluentes de origem pecuária foram contabilizados na área de drenagem do Arroio 02, conforme pode ser visualizado na Figura 54.

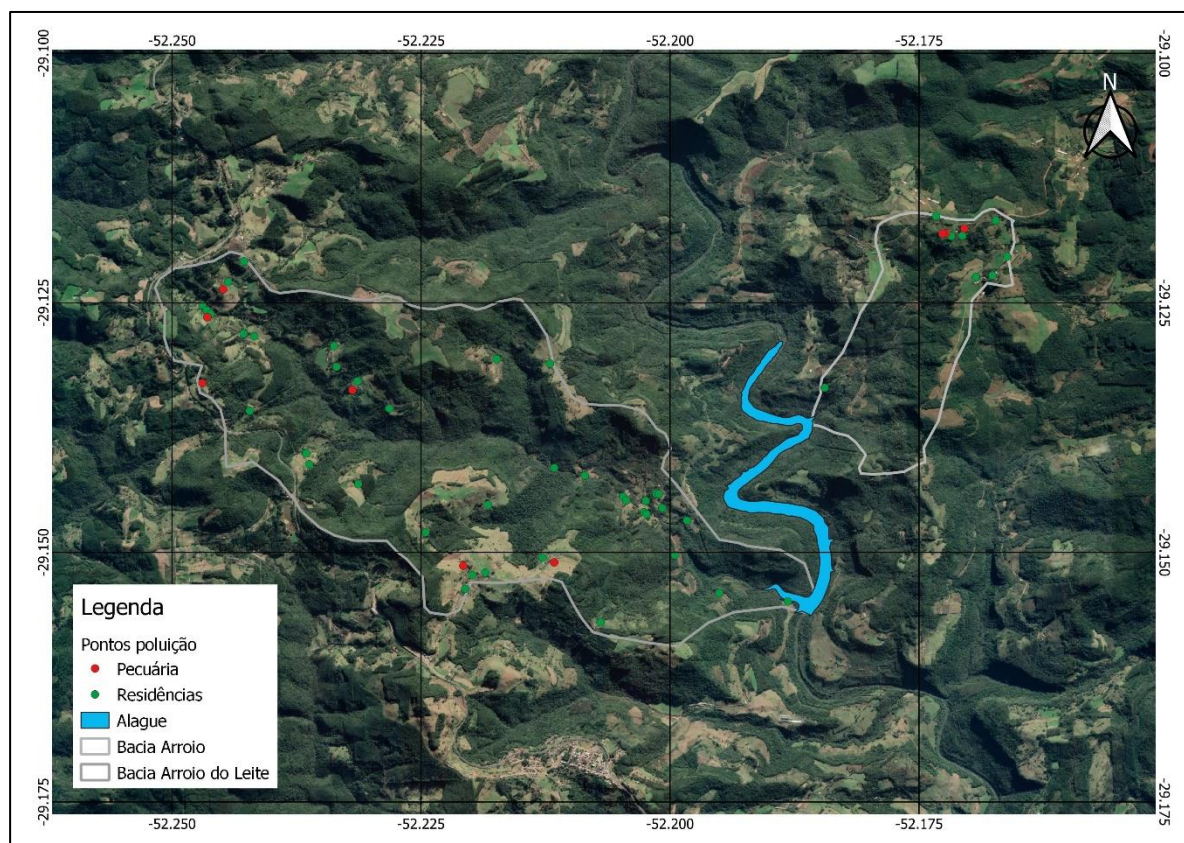


Figura 54: Fontes de poluição pontual nas áreas de drenagem dos principais arroios contribuintes do reservatório da PCH Vale do Leite.

Reservatório

Volume de água do reservatório

A curva cota-área-volume do reservatório foi levantada a partir de dados topográficos com curvas de nível de metro em metro. Esta curva, portanto, exprime com certa precisão os dados geométricos do reservatório, úteis nos cálculos energéticos e de desapropriações para montante. A Tabela 39 mostra a curva cota - área - volume para o reservatório da PCH Vale do Leite. Sendo

assim o volume de água total do reservatório em nível normal de operação será de 6.098.297,92 m³ e ocupará uma área total de 493.347,30 m².

Tabela 39: Tabela cota-área-volume do reservatório

TABELA COTA - ÁREA - VOLUME DO RESERVATÓRIO		
Nível de água normal de montante da PCH Vale do Leite (m)		128,800
Área alagada do reservatório (N.A.normal) hectares		49,33
COTA (m)	ÁREA (m²)	VOLUME TOTAL (m³)
103,00	747,30	186,83
104,00	1.746,61	1.433,78
105,00	4.067,52	4.340,85
106,00	17.665,35	15.207,28
107,00	32.500,16	40.290,04
108,00	47.243,87	80.162,05
109,00	69.941,61	138.754,79
110,00	104.685,27	226.068,23
111,00	122.203,38	339.512,56
112,00	143.779,08	472.503,79
113,00	166.963,03	627.874,84
114,00	192.183,76	807.448,24
115,00	224.656,25	1.015.868,24
116,00	240.202,43	1.248.297,58
117,00	255.942,30	1.496.369,95
118,00	275.590,91	1.762.136,55
118,12	278.002,61	1.795.352,16
119,00	295.688,41	2.045.230,53
120,00	322.816,93	2.354.483,20
121,00	345.276,48	2.688.529,90
122,00	372.220,10	3.047.278,19
123,00	397.516,64	3.432.146,56
124,00	423.421,33	3.842.615,55
125,00	454.927,64	4.281.790,03
126,00	476.859,20	4.747.683,45
127,00	477.958,55	5.225.092,33
128,00	485.430,44	5.706.786,82
128,80	493.347,30	6.098.297,92

TABELA COTA - ÁREA - VOLUME DO RESERVATÓRIO

Nível de água normal de montante da PCH Vale do Leite (m)	128,800	
Área alagada do reservatório (N.A.normal) hectares	49,33	
COTA (m)	ÁREA (m ²)	VOLUME TOTAL (m ³)
129,00	506.038,47	6.198.236,50
130,00	529.610,50	6.716.060,98
131,00	546.206,77	7.253.969,62
132,00	562.633,26	7.808.389,63
133,00	580.492,93	8.379.952,73
134,00	606.794,15	8.973.596,27
134,50	619.769,77	9.280.237,25
135,00	633.930,50	9.593.662,32

Tempo de retenção ou residência do reservatório

Para condições de afluência próximas da vazão média de longo termo o tempo de retenção do reservatório é moderado, renovando seu volume total a cada 89 horas ou 3,72 dias.

Considerações gerais

De acordo com o Plano de Bacia Taquari-Antas (SEMA, 2012), as cargas lançadas na bacia são decorrentes em grande parte de três setores: esgotamento sanitário urbano, agropecuário e industrial. Tal estudo aponta a agropecuária como principal fonte de cargas poluidoras na sub-bacia do Rio Forqueta, influenciando alguns parâmetros de qualidade da água como: DBO, Nitrogênio, Fósforo e Coliformes.

Considerando os dados apresentados foi possível identificar que a proporção do volume dos afluentes é muito pequena em relação ao volume do reservatório, correspondendo à cerca de 4,9% e 0,2%, Arroio do Leite e Arroio 2, respectivamente. Além disso, levando em conta a vazão, potencial carga orgânica e o baixo tempo de residência, tanto dos afluentes quanto do reservatório, há um indicativo de renovação constante e conseqüentemente, uma condição limitante para eutrofização e floração de cianobactérias (Tabela

40). Desta forma acredita-se que não são esperados impactos na qualidade da água dos principais afluentes do reservatório da PCH Vale do Leite.

Tabela 40: Tabela resumo das informações apresentadas de área de contribuição, vazão, volume, tempo de residência e concentração de DBO.

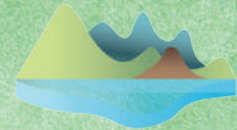
CORPO HÍDRICO	ÁREA (KM²)	VAZÃO QML (M³/S)	VOLUME (M³)	TEMPO DE RESIDÊNCIA (DIAS)	CONCENTRAÇÃO TOTAL DBO (KG/M³)
Arroio do Leite	13,65	0,374	298.892,73	0,18	0,0086
Arroio 02*	2,71	0,074	13.591,07	0,01	0,0017
PCH Vale do Leite/Reservatório	0,49	20,020	6.098.297,92	3,72	0,0043

Legenda: *área de drenagem.

Visando a melhoria da qualidade da água a longo prazo, sugerem-se ações a serem desenvolvidas no âmbito da Educação Ambiental como, por exemplo:

- Recuperação de APP: através do incentivo do plantio de mudas de vegetação nativa, que serão distribuídas pelo empreendedor. As parcerias podem ser firmadas com o município e/ou Comitê de Bacia para cadastro dos agricultores e fiscalização do desenvolvimento das mudas.
- Recuperação de áreas de nascentes: realizar o mapeamento e proteção de tais áreas;
- Apoio e tratamento de efluentes advindos da criação de suínos e aves: realizar parceria com Prefeituras e/ou Comitê de Bacia para instalação de bacias de decantação, regularização de tratamento dos rejeitos, etc.

Tais ações serão previstas no Programa de Educação Ambiental que será apresentado para obtenção da Licença de Instalação.



Geocenter
ESTUDOS EM MEIO AMBIENTE

 Certel hidrelétrica
VALE DO LEITE