

**Estimativa de Cargas Poluentes na Bacia U30  
Relatório Final**

(SCP nº 017374-05.67/04-9, AEM/S nº 1062/2004)

ACQUA Engenharia de Recursos Hídricos LTDACNPJ: 06.225.266/0001-19  
Rua Dante Larentis, 170 Cidade Alta Bento Gonçalves – RS 95700-  
000  
Fone: (54) 452 1340 Fax: (54) 452 1646 Cel: (51) 9121 4553

Porto Alegre, 20 de dezembro de 2005

## ÍNDICE

1. APRESENTAÇÃO .....	3
2. INTRODUÇÃO .....	5
3. REGIONALIZAÇÃO DE VAZÕES.....	7
4. ANÁLISE DE VAZÕES E CONCENTRAÇÕES .....	13
4.1. Cálculo de cargas poluentes.....	13
4.2. Cálculo das cargas diferenciais.....	13
4.3. Análise gráfica de vazões e concentrações .....	17
5. CLASSIFICAÇÃO DOS CORPOS D'ÁGUA.....	20
5.1. Análise espacial .....	20
5.2. Frequências de ocorrência.....	23
6. CONCLUSÕES.....	30

## 1. APRESENTAÇÃO

De acordo com o contrato firmado junto à Fundação de Proteção Ambiental Henrique Roesler (FEPAM), a ACQUA Engenharia de Recursos Hídricos Ltda, realizou, em trabalho conjunto com a FEPAM e demais consultores envolvidos em atividades afins, a análise dos dados de qualidade de água e vazão na bacia U30, tendo como foco a utilização da informação gerada na composição de um Índice de Qualidade de Água para a região.

O presente estudo foi contratado no âmbito do Programa Nacional do Meio Ambiente II - PNMA II, possibilitado por um empréstimo do Banco Internacional para Reconstrução e Desenvolvimento - BIRD (Banco Mundial) à República Federativa do Brasil.

A área de abrangência das atividades a serem desenvolvidas está limitada à unidade U 30 de gestão do Sistema Estadual de Recursos Hídricos, bacia dos rios Turvo - Santo Cristo - Santa Rosa.

A ACQUA deveria desenvolver as seguintes atividades:

- Compilar, consistir e analisar os dados gerados a partir das 08 (oito) campanhas de monitoramento de qualidade da água da bacia U30;
- Compilar, consistir e analisar os dados gerados a partir das 08 (oito) campanhas de medição de vazões da bacia U30;
- Analisar os dados consistidos sob o ponto de vista de séries temporais;
- Analisar a distribuição espacial da informação na bacia hidrográfica dentro de um ambiente de geoprocessamento;
- Analisar a informação buscando a integração entre as concentrações das variáveis de qualidade de água e a vazão;
- Sintetizar em relatório final toda a informação analisada.

Os produtos gerados seriam:

Produto 1 - relatório de compilação, síntese e análise de consistência dos dados de qualidade de água e vazão;

Produto 2 - relatório de compilação, síntese e análise de consistência dos dados de vazão;

Produto 3 - relatório de análise das séries temporais de variáveis de qualidade de água e vazão, verificando as possíveis correlações e dependências;

Produto 4 - relatório de análise da utilização das variáveis de qualidade de água e da vazão como componentes de um IQA;

Produto 5 - relatório de análise espacial e representação gráfica da informação;

Produto 6 - relatório final, integrando e sintetizando as informações analisadas e concluindo o estudo.

## 2. INTRODUÇÃO

A Fundação de Proteção Ambiental Henrique Roesler – FEPAM, realizou, no âmbito do Programa Nacional do Meio Ambiente –PNMA II, o monitoramento da qualidade das águas dos 7 principais rios da unidade U30, de gestão dos recursos hídricos do Rio Grande do Sul, quais sejam: Turvo, Lajeado Grande, Buricá, Santo Cristo e Santa Rosa, Amandaú e Comandai.

Foram coletadas amostras e analisadas 27 variáveis de qualidade de água em 8 campanhas de periodicidade mensal. Havia a necessidade de análise e sistematização dos dados gerados, além de uma demanda específica de cálculo de cargas poluentes para estudo proposto pela FEPAM, sobre a metodologia de obtenção de um Índice de Qualidade de Águas (IQA) para a região. O referido estudo, desenvolvido concomitantemente com o apresentado neste relatório, propôs e elaborou um índice de qualidade de água que incorporou em sua composição, além das próprias variáveis de qualidade de água, tradicionalmente utilizadas em estudos do gênero, a variável “vazão”.

O presente Relatório Final apresenta a metodologia e os critérios utilizados, as análises realizadas e as conclusões desenvolvidas no estudo de “Estimativa de cargas poluentes na bacia U30”.

Foram desenvolvidas as seguintes atividades:

- Compilação, consistência e análise dos dados gerados a partir das 08 (oito) campanhas de monitoramento de qualidade da água da bacia U30;
- Compilação, consistência e análise dos dados gerados a partir das 08 (oito) campanhas de medição de vazões da bacia U30;
- Análise dos dados consistidos sob o ponto de vista de séries temporais;
- Análise da distribuição espacial da informação na bacia hidrográfica dentro de um ambiente de geoprocessamento;
- Análise da informação buscando a integração entre as concentrações das variáveis de qualidade de água e a vazão;

- Sintetize, em relatório final, de toda a informação analisada.

As execução das atividades elencadas acima gerou o presente Relatório Final e um anexo digital composto pelos mapas temáticos da qualidade das águas na área em estudo. O referido anexo digital é composto por uma série de arquivos em formato do *software* de geoprocessamento *Idrisi 3.2*, além dos arquivos em formato *MS Excel* e *Word* utilizados na sistematização e relato da informação utilizada no estudo.

A seguir são discutidos os procedimentos adotados ao longo do estudo, de acordo com as principais etapas desenvolvidas.

### 3. REGIONALIZAÇÃO DE VAZÕES

Para o cálculo das cargas poluentes em todas as seções de monitoramento fez-se necessário o cálculo das vazões nas seções em que não havia dados medidos. As vazões foram medidas, nos dias das campanhas de coleta, somente nas seções mais próximas da foz dos 7 principais rios, nos locais indicados na figura 1.

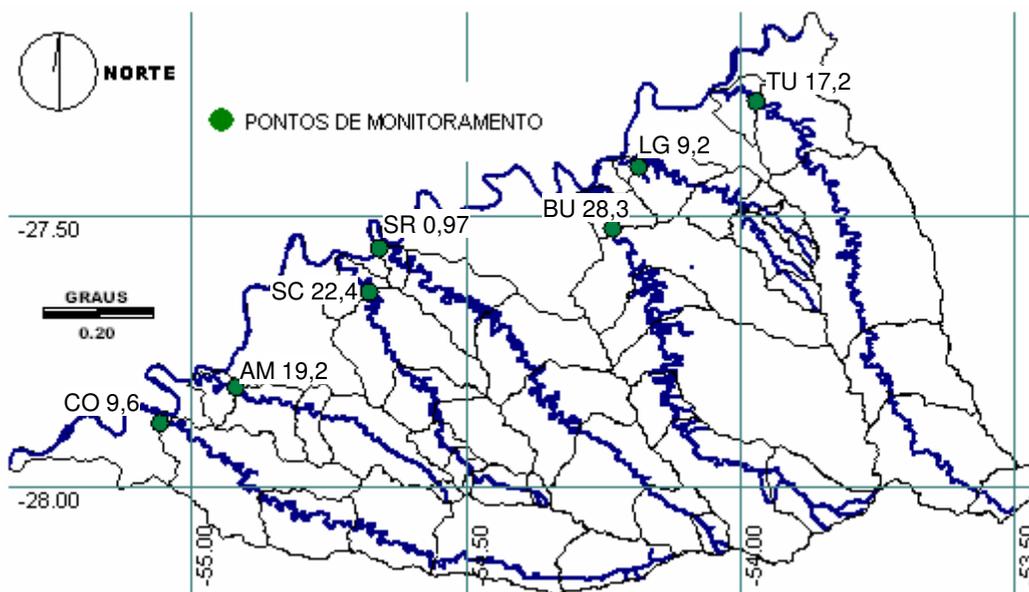


Figura 1. Localização dos pontos de medição de vazão e coleta amostras de água.

A metodologia adotada para o cálculo das vazões nos locais em que não há medição foi a da correlação simples entre áreas de drenagem e vazões. Desta forma, foram estimadas as vazões em 37 pontos ao longo dos 7 rios principais da U30, a partir das vazões medidas na foz de cada rio (figura 1), para as campanhas de junho a dezembro. Os dados de vazão medidos nos pontos indicados na figura 1, nos dias de campanha de monitoramento da qualidade da água estão representados no gráfico da figura 2.

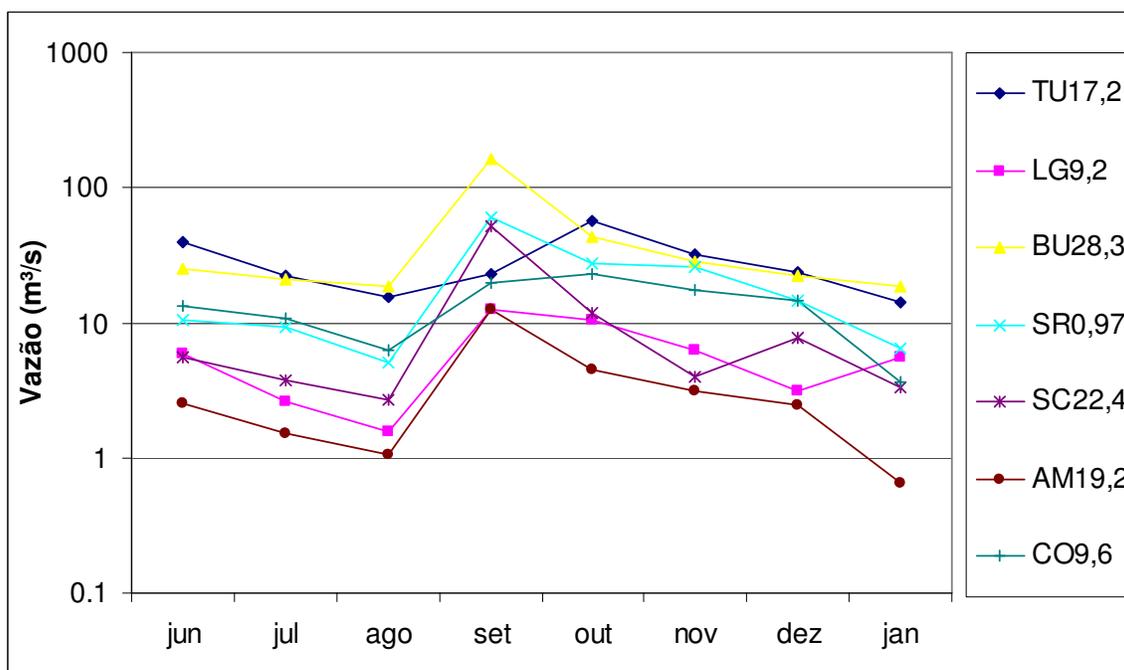


Figura 2. Vazões observadas na foz dos rios da bacia U30 no período de junho de 2003 a janeiro de 2004.

Observa-se na figura 2 que o evento registrado no mês de setembro foi o de vazão mais alta para todas as bacias, exceto a do rio Turvo, o que pode ser justificado pela sua forma bastante particular, alongada, diferente das demais unidades hidrográficas da U30.

O comportamento das vazões no tempo é importante e pode explicar o comportamento de algumas variáveis de qualidade de água e será analisado com mais cuidado posteriormente.

Inicialmente foram delimitadas as bacias e sub-bacias de interesse (em um total de 44) a partir no modelo numérico do terreno (MNT) da região, conforme apresenta a figura 3. O MNT utilizado possui uma resolução de aproximadamente 90x90 metros e foi obtido junto ao serviço geológico norte-americano (USGS).



Figura 3. Divisão de sub-bacias da U30 conforme os pontos de controle adotados.

Uma vez digitalizados os polígonos de cada sub-bacia de interesse, foram calculadas as áreas de cada sub-bacia e suas relações com a área total de cada respectiva bacia, conforme apresentado na tabela 1.

Tabela 1. Áreas calculadas nas sub-bacias da U30.

Sub-bacia	A (Km <sup>2</sup> )	A acum (Km <sup>2</sup> )	Sub-bacia	A (Km <sup>2</sup> )	A acum (Km <sup>2</sup> )
AM81,6	17	17	SC119,5	20	20
AM43,5	242	260	SC105,2	72	92
AM37,1	72	332	SC100,9	16	108
AM19,2	140	473	SC96,7	25	133
<b>AM (foz)</b>	<b>65</b>	<b>537</b>	SC85,9	53	186
BU166,5	182	182	SC79,0	157	343
BU134,2	391	572	SC58,2	128	471
BU107,8	106	678	SC22,4	343	813
BU79,7	883	1561	<b>SC foz</b>	<b>82</b>	<b>895</b>
BU44,9	161	1722	SR193,3	41	41
BU28,3	536	2258	SR163,3	137	177
<b>BU foz</b>	<b>89</b>	<b>2348</b>	SR157,3	349	526
CO179,3	168	168	SR105,9	308	835
CO136,8	368	536	SR65,4	300	1134
CO93,8	260	260	SR12,5	221	1355
CO44,2	189	449	<b>SR0,97 (foz)</b>	<b>33</b>	<b>1388</b>

Sub-bacia	A (Km²)	A acum (Km²)	Sub-bacia	A (Km²)	A acum (Km²)
<b>CO9,6 (foz)</b>	<b>441</b>	<b>441</b>	TU235,3	88	88
LEN18,4	2	2	TU179,8	399	487
LEN15,0	26	28	TU143,8	307	794
LEN7,7	32	60	TU51,3	752	1546
LEN4,8	7	67	TU17,2	243	1789
<b>LEN0,13 (foz)</b>	<b>27</b>	<b>94</b>	<b>TU foz</b>	<b>81</b>	<b>1870</b>
LG79,0	50	50			
LG56,0	102	151			
LG37,8	115	360			
LG9,2	148	509			
<b>LG foz</b>	<b>19</b>	<b>528</b>			

A verificação da metodologia foi realizada comparando-se os valores calculados nas seções do lajeado Erval Novo onde foram medidas as vazões junto com as campanhas de monitoramento ocorridas em setembro, outubro, novembro e dezembro de 2004.

A tabela 2 apresenta os resultados obtidos com a regionalização das vazões para as seções LEN 4,8 e LEN 15,0.

Tabela 2. Vazões calculadas e observadas e erros relativos nas seções LEN 4,8 e LEN 15,0 do lajeado Erval Novo

Data	LEN4,8		erro (%)	LEN15,0		erro (%)
	Qcalc	Qobs		Qcalc	Qobs	
sep-04	1.57	2.79	-77	0.66	1.16	-78
oct-04	1.35	1.61	-19	0.56	0.42	26
nov-04	0.81	1.79	-120	0.34	1.06	-213
dec-04	0.40	1.11	-174	0.17	0.71	-323
médias	1.04	1.82	-98	0.43	0.84	-147
erro Q média	76%		erro Q média	94%		
<b>erro médio (%)</b>					<b>-122</b>	

Os resultados obtidos com esta metodologia não foram satisfatórios para os trechos de rio muito distantes das fozes dos rios, onde foram medidas as vazões, como pode ser visualizado na tabela acima. Uma regra de variação linear, calculando as vazões da foz em direção a nascente tende a subestimar as vazões próximo as nascentes.

Frente a deficiência encontrada, foi testada outra metodologia de regionalização, considerando a contribuição das nascentes das bacias ao fluxo superficial. A nova estimativa visou diminuir os erros da regionalização realizada em bacias pequenas.

Baseando-se nos dados de vazão disponíveis em uma seção próxima a nascente do rio Lajeado Erval Novo foi ajustada uma curva representando o incremento no valor de vazão em função da variação da distância da seção em relação à nascente. Assim, obteve-se, para uma distância D (em Km) da nascente:

$$\Delta Q (\%) = -1.7769 \times D + 96.024$$

O erro médio relativo das novas estimativas apresentadas na figura 4, em relação aos valores observados de vazão foi de 10 %.

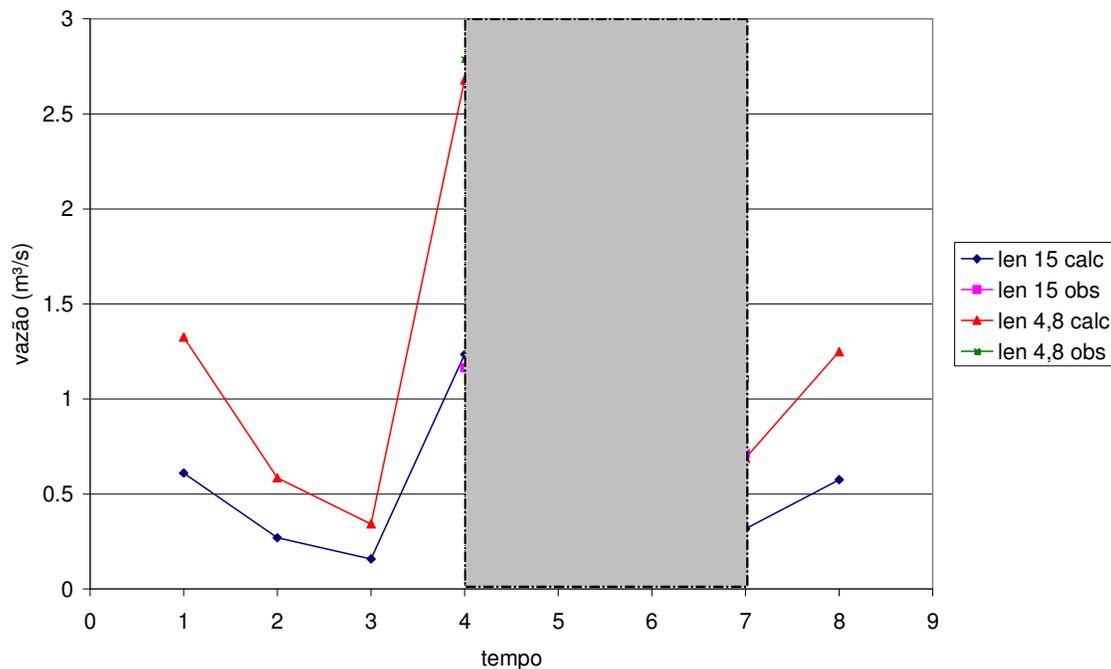


Figura 4. a) Ajuste das vazões na nascente do LEN e do LG.

A nova regra de variação dos valores de vazão da foz em direção a nascente calculada para a bacia do Lajeado Erval Novo foi adotada para as demais bacias, que passaram a apresentar uma vazão de nascente, o que é razoável.

Apesar de ainda se estar incorrendo em erros, em termos médios, as estimativas tiveram uma melhora sensível em relação a metodologia anterior.

## 4. ANÁLISE DE VAZÕES E CONCENTRAÇÕES

### 4.1. Cálculo de cargas poluentes

O cálculo da carga  $W$  de determinado poluente  $k$ , pode ser representado matematicamente por:

$$W(k) = Q \times C(k),$$

onde  $Q$  é a vazão em uma dada seção do corpo d'água e  $C$  é a concentração média de determinado poluente  $k$  na seção.

Utilizando a equação apresentada acima, foram calculadas as cargas de 15 variáveis de qualidade de água nos 44 pontos de controle e para os 8 dias de coleta compreendidos no período de junho de 2003 a janeiro de 2004, conforme apresentado no Anexo Digital, no arquivo “*cargas&concentrações.xls*”, na planilha “*cargas*”.

### 4.2. Cálculo das cargas diferenciais

Foram calculadas as relações de acréscimo ou decréscimo de carga de algumas variáveis de qualidade de água em cada ponto de controle do sistema com relação ao valor de carga da foz, ou seja, as cargas diferenciais por sub-bacia.

O cálculo da carga diferencial  $\Delta W$  é realizado através de um balanço de massa simples:

$$\Delta W = (W_i - W_{i-1})/W_{tot}$$

onde  $W_i$  é a carga no exutório da sub-bacia,  $W_{i-1}$  é a carga de entrada, ou, contribuinte à sub-bacia e  $W_{tot}$  é a carga no exutório do sistema (bacia).

Assim,  $\Delta W$  representa a contribuição da sub-bacia em questão, em termos de massa de uma substância qualquer, para a qualidade da água do sistema.

O que é denominado de “carga diferencial” no presente relatório pode, em alguns casos, ser denominado como “carga incremental”. Ocorre que o resultado do balanço descrito acima, pode ser tanto positivo quanto negativo. Quando a carga diferencial de uma substância qualquer for positiva, deduz-se que a sub-bacia é geradora, ou seja, ocorre ganho de massa da substância. Quando a carga diferencial for negativa, ocorre que no exutório da sub-bacia o valor de carga é inferior ao valor de entrada, concluindo-se que ocorrem mais perdas do que ganho de massa na sub-bacia.

Associando-se sentido físico ao balanço descrito acima, quando a carga diferencial é positiva é um indicativo de que a sub-bacia está gerando mais carga do que o ambiente consegue consumir, ou seja, os ganhos de massa são superiores as perdas. Conforme a substância que se estiver analisando, ganhos podem ser interpretados como o produto de processos erosivos, introdução de fertilizantes em lavouras, lavagem de superfícies pela água da chuva, contribuições de esgotos domésticos e industriais, etc. Perdas podem ocorrer, de acordo com cada tipo de substância, por consumo pela vegetação, retenção no solo, processos físicos e cinéticos de decaimento em cursos d’água, entre outros. A relação direta entre a carga diferencial e os processos naturais e atividades antrópicas desenvolvidos em uma bacia hidrográfica permite a utilização da variável como indicativo de qual o papel que determinada sub-bacia desempenha dentro do sistema em relação a qualidade da água.

Outra variável que pode ser incluída na análise é a área incremental. A vazão, da qual a carga de determinada substância depende diretamente da vazão, que por sua vez é uma variável que possui grande correlação com a área da bacia. Assim é de se esperar que a carga de determinada substância aumente no sentido de montante para jusante, em uma razão que pode ser proporcional ao incremento de área, caso a concentração da substância seja constante ao longo do curso d’água.

A tabela 3 apresenta resultados de análise da carga diferencial nas unidades de estudo da U30, , em amarelo, quando a carga incremental é superior a área incremental e, em verde, quando a carga diferencial é negativa.

Tabela 3. Cargas diferenciais médias de diferentes substâncias por sub-bacia e respectivas áreas incrementais.

Sub-bacia	área incremental	carga média incremental	Sub-bacia	área incremental	Carga media incremental
AM81,6	4%	3%	LG37,8	23%	21%
AM43,5	51%	42%	LG9,2	29%	21%
AM37,1	15%	10%	SC119,5	2%	2%
AM19,2	30%	45%	SC105,2	9%	7%
BU166,5	8%	6%	SC100,9	2%	1%
BU134,2	17%	11%	SC96,7	3%	5%
BU107,8	5%	5%	SC85,9	7%	3%
BU79,7	39%	38%	SC79,0	19%	19%
BU44,9	7%	8%	SC58,2	16%	43%
BU28,3	24%	38%	SC22,4	42%	21%
CO179,3	12%	6%	SR193,3	3%	2%
CO136,8	26%	14%	SR163,3	10%	5%
CO93,8	18%	15%	SR157,3	25%	20%
CO44,2	13%	9%	SR105,9	22%	15%
CO9,6	31%	56%	SR65,4	22%	40%
LEN18,4	0%	0%	SR12,5	16%	22%
LEN15,0	5%	5%	SR0,97	2%	-4%
LEN7,7	6%	11%	TU235,3	5%	4%
LEN4,8	1%	1%	TU179,8	22%	20%
LEN0,13	5%	10%	TU143,8	17%	32%
LG79,0	10%	11%	TU51,3	42%	74%
LG56,0	20%	20%	TU17,2	14%	-29%

De forma a sistematizar a análise da tabela acima serão individualizados 3 casos distintos de relação entre carga diferencial e área incremental:

- (1) sub-bacias em que os valores de carga incremental média (em que os valores estão destacados em amarelo) são **maiores** que os da área incremental;
- (2) sub-bacias em que os valores de carga incremental média (em que os valores estão destacados em cinza) são **menores** que os da área incremental e **positivos**;

- (3) sub-bacias em que os valores de carga incremental média (em que os valores estão destacados em verde) são **menores** que os da área incremental e **negativos**.

Uma análise simples que pode ser realizada a partir da classificação estabelecida acima é a de que algumas regiões do sistema em estudo, as sub-bacias tipo 1, estão contribuindo com cargas médias maiores que outras, as sub-bacias tipo 2, ao sistema.

Por outro lado, algumas sub-bacias (tipo 3), na média, estão abatendo cargas.

A análise desenvolvida acima pode apontar para uma metodologia de avaliação ambiental, por bacia hidrográfica, utilizando a variável carga, que indique quais são pontos críticos no sistema que devam receber atenção especial de planejamento e controle ambiental.

Ressalta-se que a tabela 3 apresenta valores de carga diferencial média no tempo e média de diversas substâncias por sub-bacia, não permitindo a análise de uma substância específica. Pode ocorrer de que em uma mesma sub-bacia, a carga diferencial para uma substância analisada, por exemplo o Cobre, seja positiva e para outra, por exemplo a DBO, seja negativa. Os valores de carga diferencial por sub-bacia, por substância constam no Anexo Digital do presente relatório, no arquivo “*cargas&concentrações.xls*”, na planilha “*cargas*”.

A idéia de se utilizar valores integrados no tempo e médios de diferentes substâncias é no sentido de compor um indicador de mais fácil operação e apresentação do que no caso da utilização de toda a massa de dados.

É importante ressaltar que as cargas diferenciais, neste estudo, foram obtidas a partir dos valores de concentração do monitoramento dos cursos d’água e das vazões calculadas conforme apresentado no item 3 do presente relatório.

A tabela 3 pode ser visualizada no espaço na figura 5, que utiliza a classificação de sub-bacia em função da relação entre carga diferencial e área incremental descrita anteriormente.

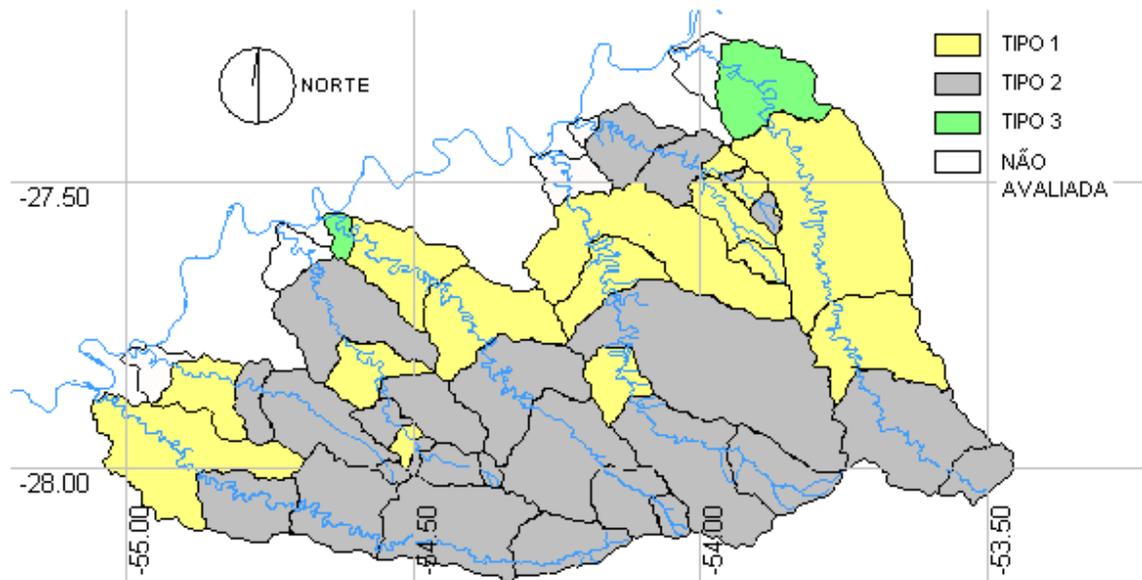


Figura 5. Classificação de bacias em função de cargas diferenciais médias.

### 4.3. Análise gráfica de vazões e concentrações

Foi realizada uma análise gráfica relacionando os valores de vazão e concentração obtidos nos dias em que houve medição e coleta, na foz de cada rio da U30. Tratam-se portanto, de valores obtidos diretamente do monitoramento. A mesma análise poderia ser realizada para os demais pontos de controle, entretanto, os resultados seriam bastante semelhantes, uma vez que os valores de vazão nos exutórios de cada sub-bacia foram calculados a partir dos valores observados na foz de cada rio, através de uma regra linear simples.

As figuras 6 e 7 apresentam os gráficos obtidos para os rios Amandaú e Buricá. Os resultados obtidos para os demais rios da U 30 podem ser observados no Anexo Digital, no arquivo “*cargas&concentrações.xls*”, na planilha “*medianas*”. É importante ressaltar que, apesar de os gráficos apresentarem uma linha contínua ligando os pontos referentes aos valores de vazão e concentração, os gráficos não devem ser interpretados como hidrogramas e polutogramas,

respectivamente. Não se trata de eventos, mas sim de pontos dispersos em um extenso intervalo de tempo, que não guardam nenhuma relação de dependência entre si.

Assim, na análise dos gráficos apresentados a seguir, não devem ser tiradas conclusões de causa e efeito a partir da variação da concentração de uma variável de qualidade em relação a evolução das vazões no tempo.

A análise que pode ser realizada, ainda assim com ressalvas, em função do tamanho da amostra, é a da correlação entre vazão e concentração, independentemente do tempo.

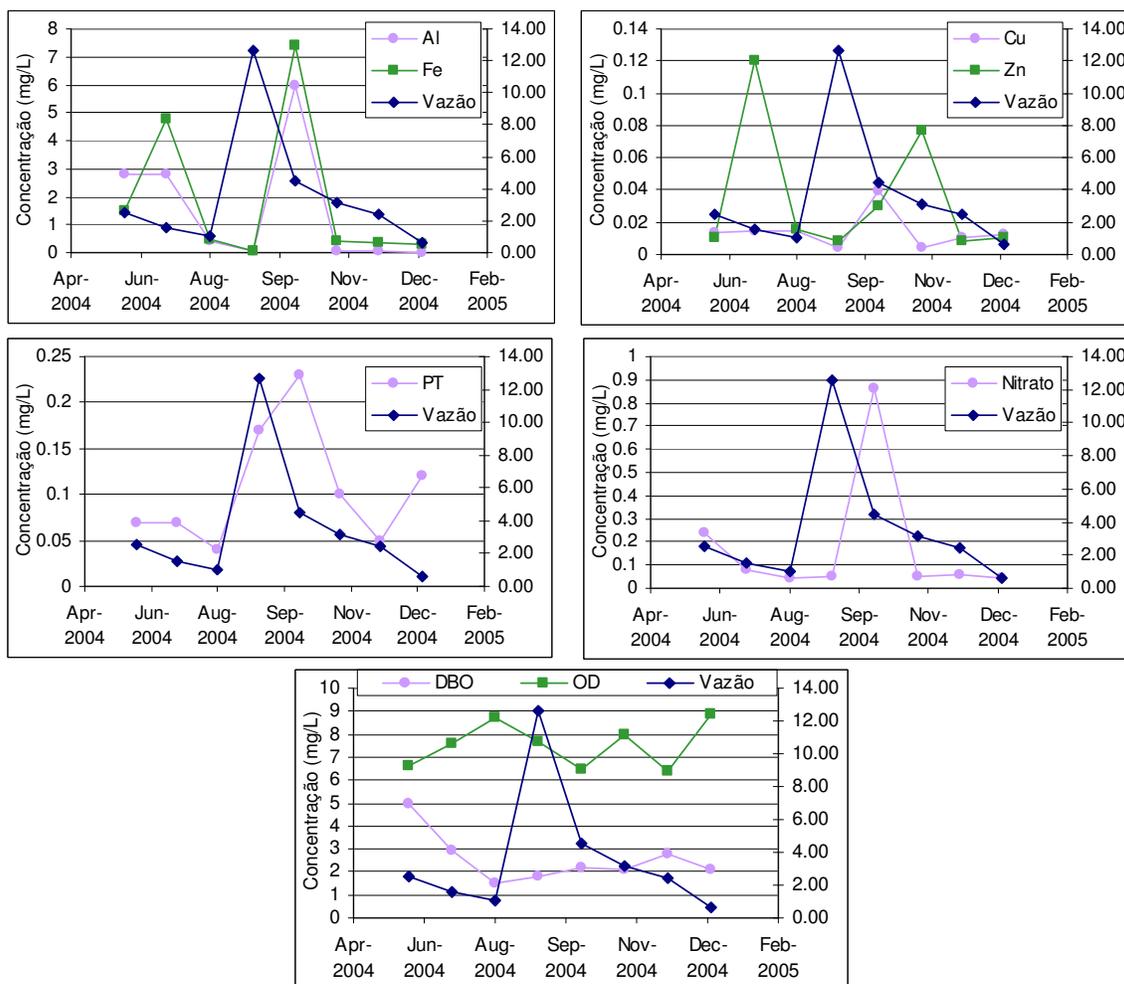


Figura 6. Vazões e concentrações de Alumínio, Ferro, Cobre, Zinco, fósforo total, nitrato, OD e DBO na foz do rio Amandaú.

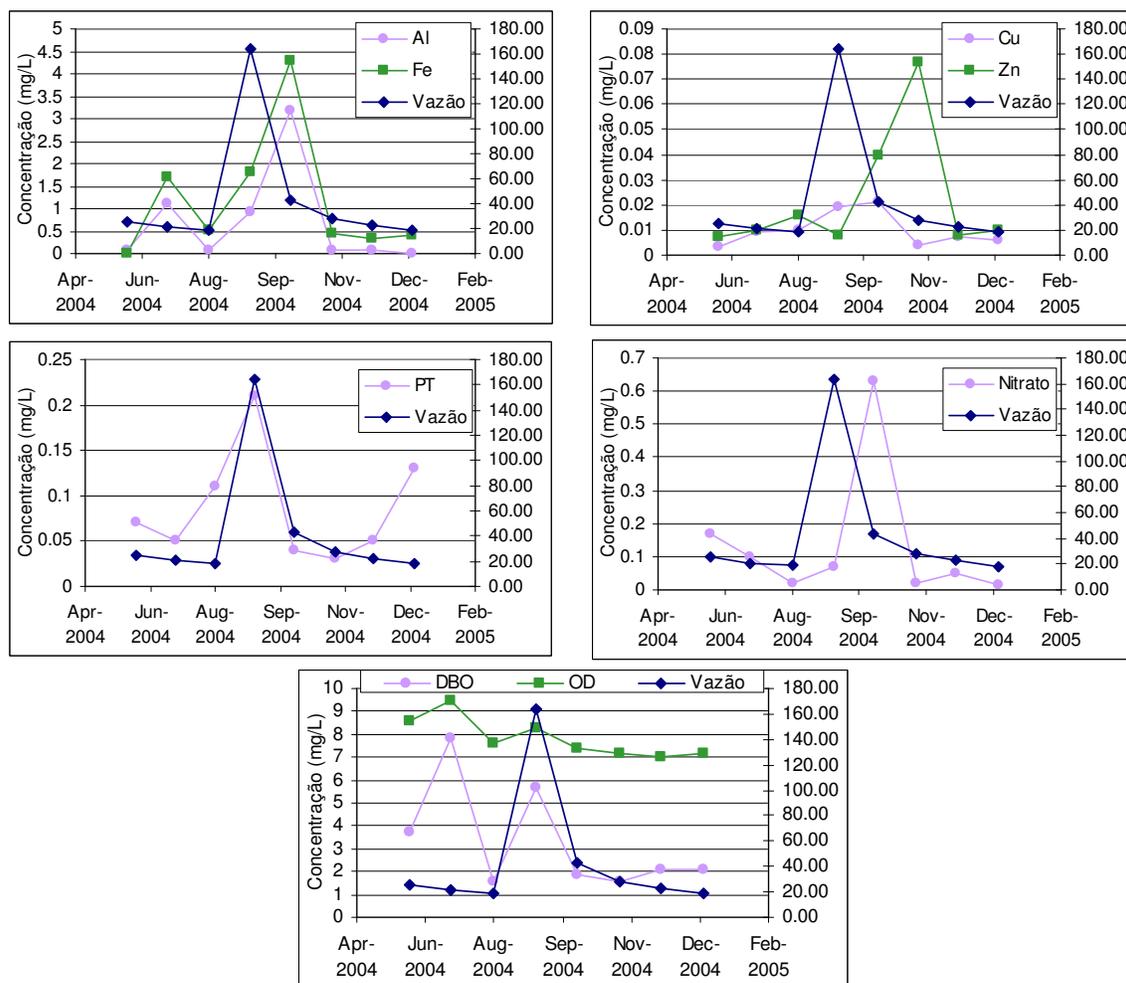


Figura 7. Vazões e concentrações de Alumínio, Ferro, Cobre, Zinco, fósforo total, nitrato, OD e DBO na foz do rio Buricá.

Não se pode afirmar, a partir da análise dos gráficos acima e demais gráficos constantes no Anexo Digital, com a amostra de dados de concentração e vazão disponível, que haja uma correlação positiva ou negativa significativa entre as referidas variáveis, para ambas as substâncias analisadas. Em outras palavras, a vazão não explica os valores de concentração das diferentes variáveis analisadas. Para uma análise mais consistente seria necessária uma série mais longa de dados.

## 5. CLASSIFICAÇÃO DOS CORPOS D'ÁGUA

Uma vez que foram disponibilizadas as séries de concentração de poluentes revisadas e corrigidas pela FEPAM os pontos de monitoramento de qualidade da bacia foram classificados conforme os padrões de qualidade de água definidos na Resolução 357/05 do CONAMA.

### 5.1. Análise espacial

As figuras 8 e 9 apresentam o resultado da classificação da qualidade da água em cada uma das 44 sub-bacias da bacia U30, para coliformes fecais, DBO, Alumínio e Cobre, considerados representativos dos três grupos de variáveis: microorganismos patogênicos, carga orgânica e metais.

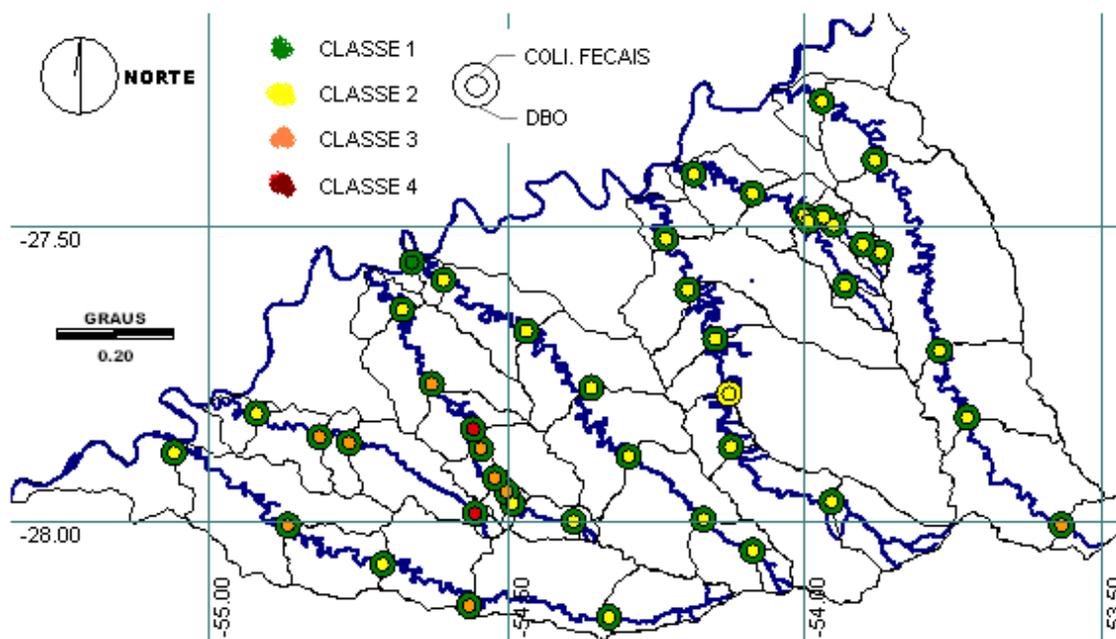


Figura 8. Classificação dos rios da bacia U30 conforme a Resolução 357/05 do CONAMA para coliformes fecais e DBO.

Ressalta-se que os valores utilizados para a realização da classificação da qualidade da água foram valores estatísticos calculados a partir do dados de

monitoramento. A classificação foi realizada sobre a mediana dos valores de concentração medidos. O fato de usar um valor estatístico elimina parte da subjetividade do processo de classificação, entretanto, perde-se sensibilidade na análise.

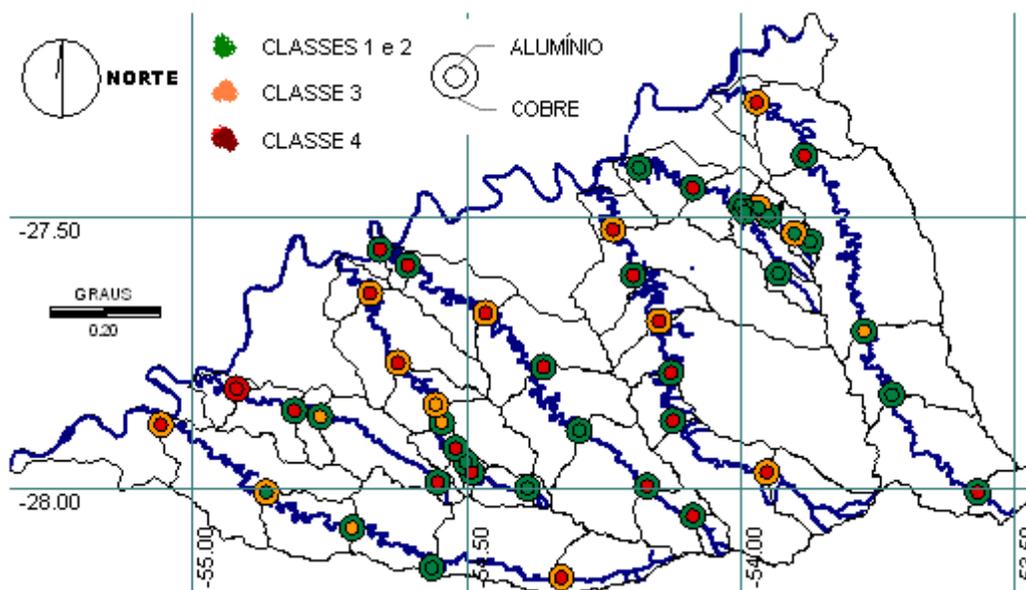


Figura 9. Classificação dos rios da bacia U30 conforme a Resolução 357/05 do CONAMA para alumínio e cobre.

Como se pode visualizar na figura 8, os coliformes fecais conferem uma menor qualidade as água da bacia de modo geral, se comparado aos padrões referentes a DBO. A condição mais crítica quanto aos coliformes fecais é verificada nos rios Santo Cristo e Amandaú.

Este fato pode ser explicado pela maior intensidade de núcleos urbanos desenvolvidos na bacia do Santo Cristo em relação as demais bacias da U 30, com destaque para o município de Santa Rosa, conforme de visualiza na figura 10. Santa Rosa, situada no terço médio da bacia do rio Santo Cristo é um importante contribuinte de efluentes de esgoto doméstico e apresenta uma característica diferente de outros municípios da U30, como Giruá, Três Passos, Horizontina e Três de Maio, por não estar localizada sobre divisores de água. A

maior parte da concentração urbana de Santa Rosa está situada em um afluente direto do rio Santo Cristo, fazendo com que, normalmente, os poluentes cheguem com mais facilidade e rapidez ao curso d'água principal, do que se estivesse em uma região de nascentes.

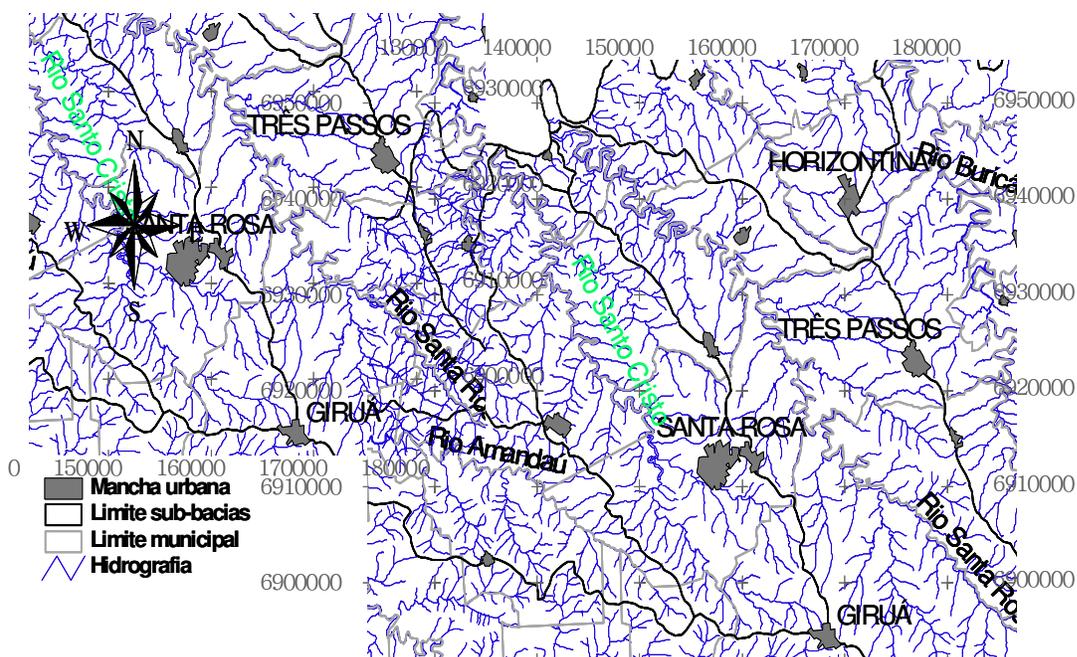


Figura 10. Situação de núcleos urbanos na bacia do rio Santo Cristo.

A importância do município de Santa Rosa na qualidade da água da bacia do rio Santo Cristo se verifica também na análise realizada no item 4.2, através do cálculo das cargas diferenciais.

Quanto à concentração de metais, ambas as variáveis, alumínio e cobre apontam para uma baixa qualidade dos recursos hídricos na região. Conforme apresentado na figura 9, a ocorrência de seções de monitoramento de classes 3 e 4 se verifica ao longo de praticamente toda a extensão dos principais rios da bacia.

Os indicadores de nutrientes, fósforo total e nitrato, apresentaram um resultado de classes 1 e 2 (para nitratos, também classe 3) em todas as seções de monitoramento em estudo e, em consequência, não estão representados

graficamente. A classificação dos rios da U 30 para todos as variáveis de qualidade de água monitoradas pela FEPAM que possuem padrão estabelecido pelo CONAMA constam no Anexo Digital, arquivo “*cargas&concentrações*”, planilha “*padrões*” concentração.

## ***5.2. Freqüências de ocorrência***

Outra metodologia de análise da classificação da qualidade da água foi realizada utilizando freqüências de ocorrência de cada classe de acordo com os valores de monitoramento.

As freqüências de ocorrência de valores de cada variável de qualidade de água padronizada pela CONAMA 357/05 foram sintetizadas da seguinte forma:

- foi atribuída uma classe a cada valor singular de concentração de cada variável padronizada pela CONAMA 357/05;
- foram somados os números de ocorrência de cada classe para cada sub-bacia e para cada variável de qualidade de água classificada;
- para cada sub-bacia foram somados os números de ocorrência de cada classe para todos as variáveis de qualidade de água classificadas;
- o valor resultante de ocorrências de cada classe foi colocado em relação ao número total de ocorrências, resultando em um valor percentual, apresentado na figura 11 para cada sub-bacia.

A figura 11 indica que há uma proporção média na bacia U 30 de que 40% das amostras atenda à classe 1, 30% atenda à classe 2, 20% atenda à classe 3 e 10% atenda à classe 4.

Valores estatísticos, baseados em dados de monitoramento, ou relações estabelecidas entre eles, podem compor um índice simples que caracterize a qualidade das água de uma bacia.

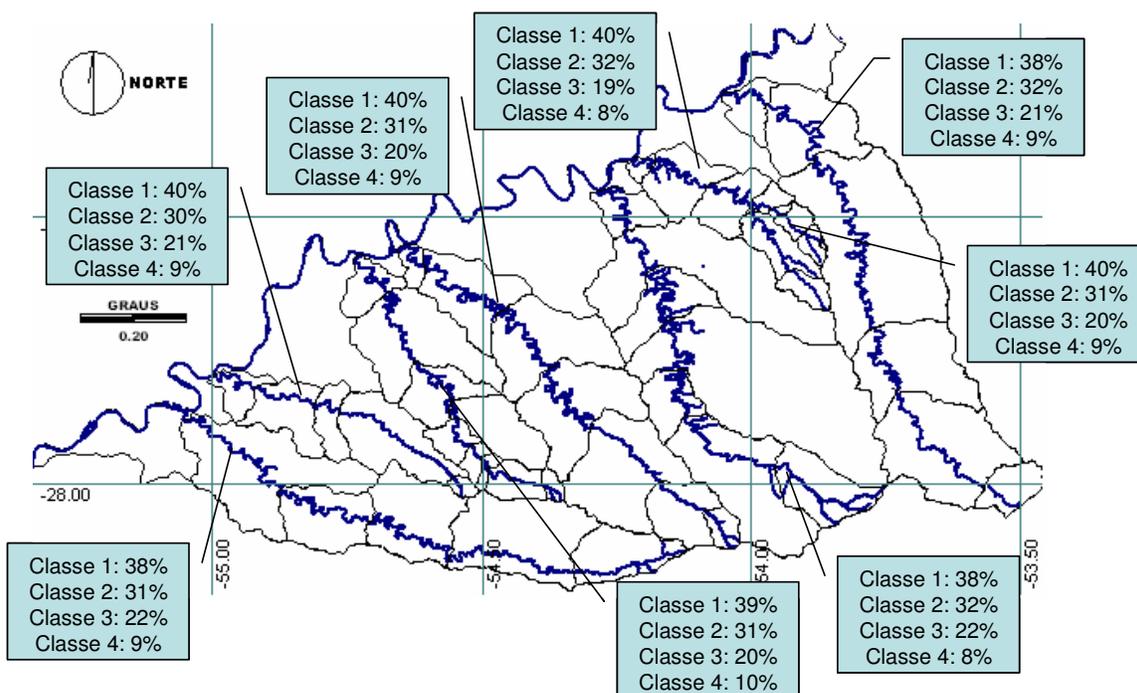


Figura 11. Frequência de ocorrência de classes conforme o CONAMA 357/05.

Os valores de frequência de ocorrência das classes estabelecidas na Resolução 357/05 do CONAMA podem ser observados de outra forma através de gráficos de barra. As figuras 12 a 18 apresentam, para cada curso d'água principal da U30, os gráficos de barra de frequência de ocorrência de cada classe de qualidade de água, em valores absolutos.

A variável OD não havia aparecido nas análises anteriores por motivos que podem ser visualizados na figura 12. Apesar da grande importância da variável na caracterização da qualidade das água, os valores de concentração de OD em todos os rios principais da U 30 conferem às águas, na maior parte das análises, uma qualidade equivalente a classe 1 do CONAMA.

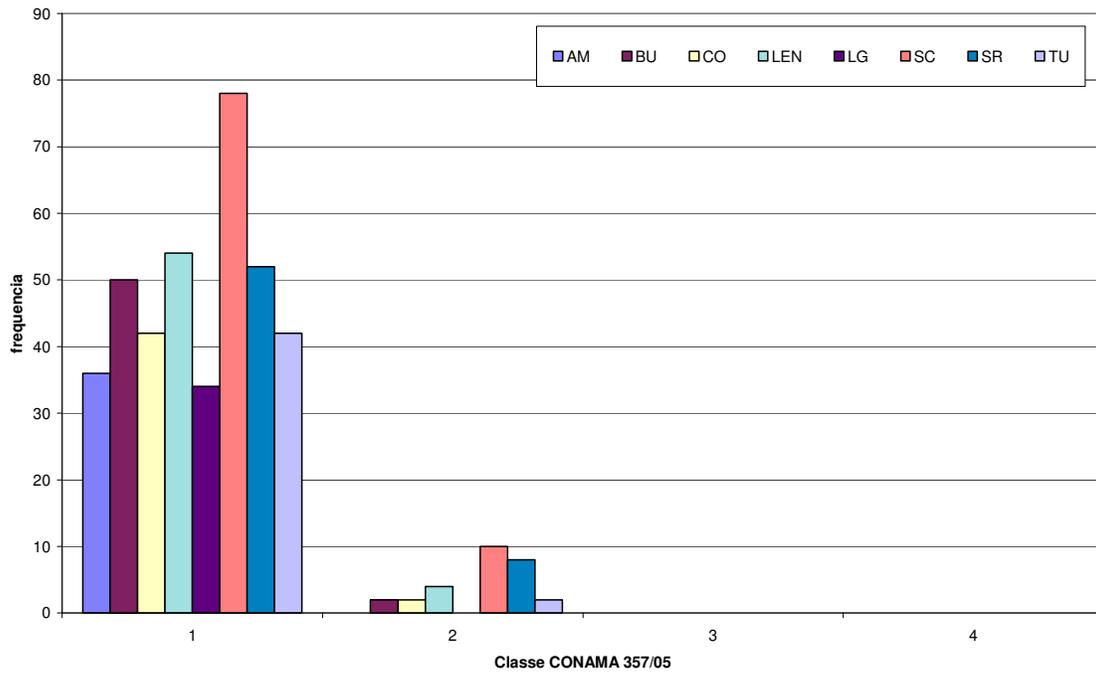


Figura 12. Frequências conforme a classificação CONAMA 357/05 para o OD.

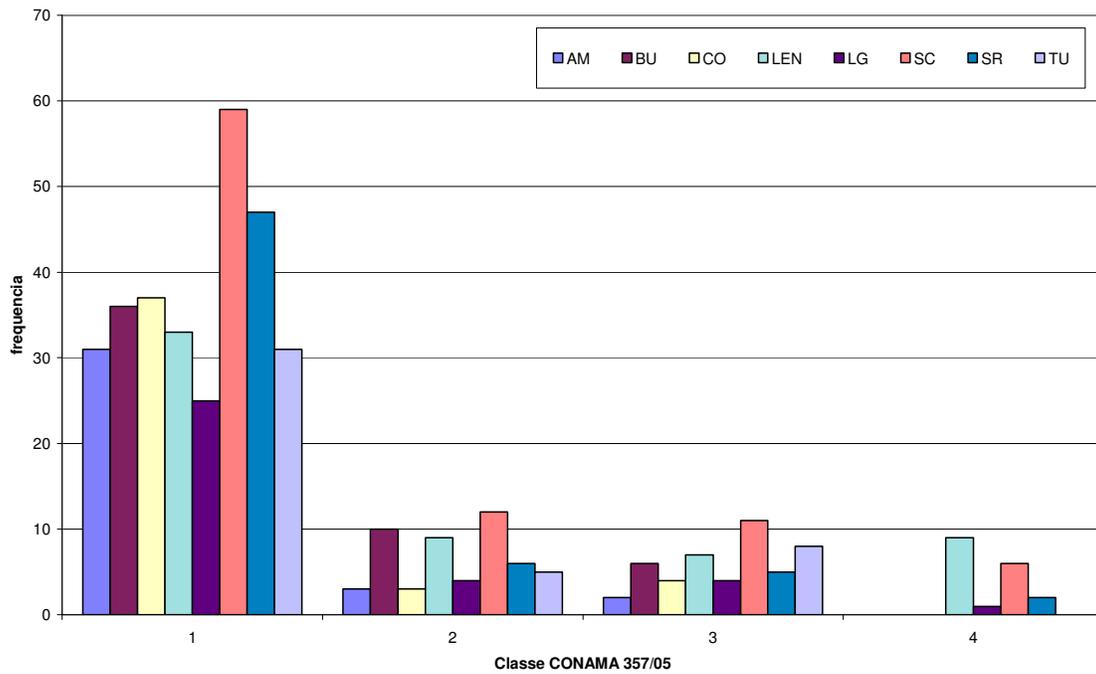


Figura 13. Frequências conforme a classificação CONAMA 357/05 para a DBO.

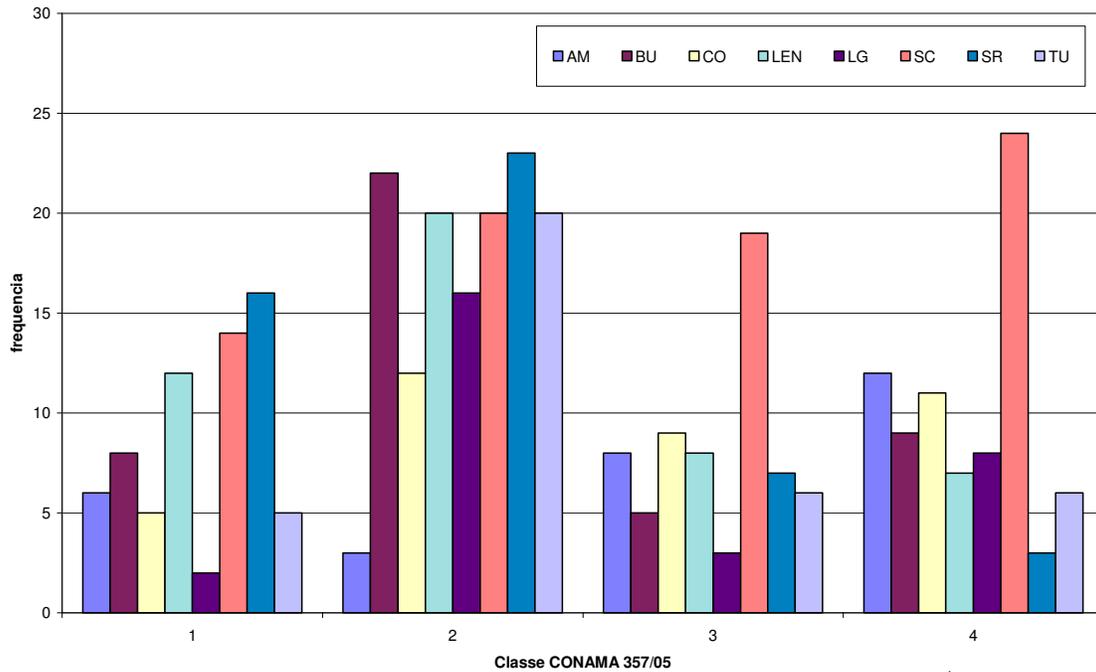


Figura 14. Frequências conforme a classificação CONAMA 357/05 para coliformes fecais.

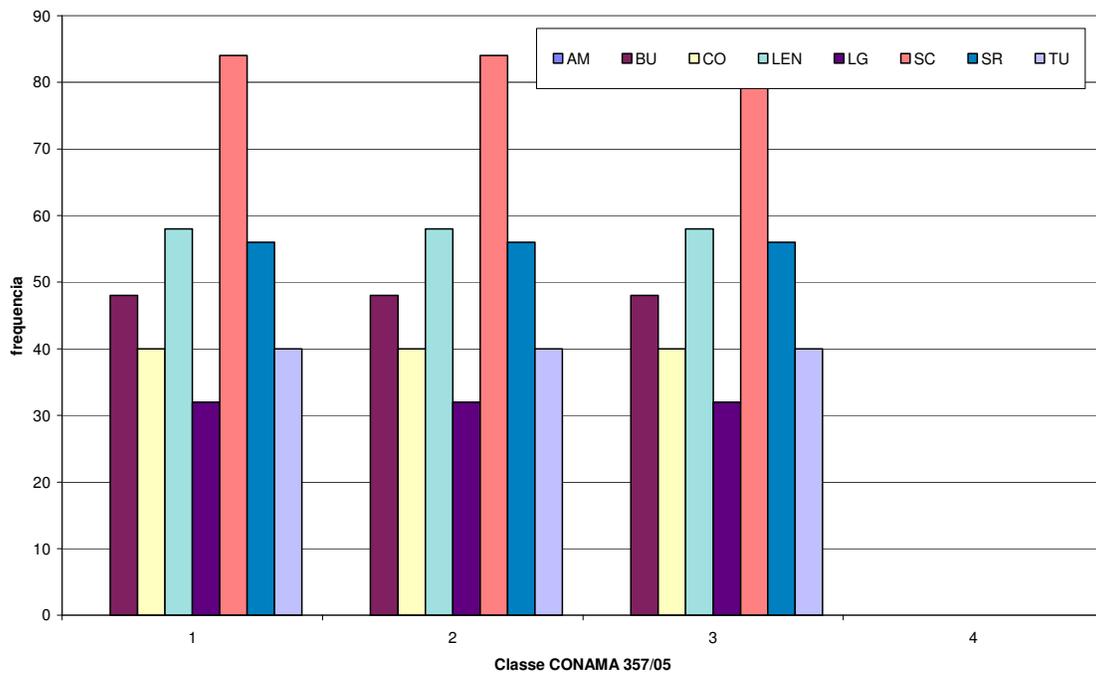


Figura 15. Frequências conforme a classificação CONAMA 357/05 para nitratos.

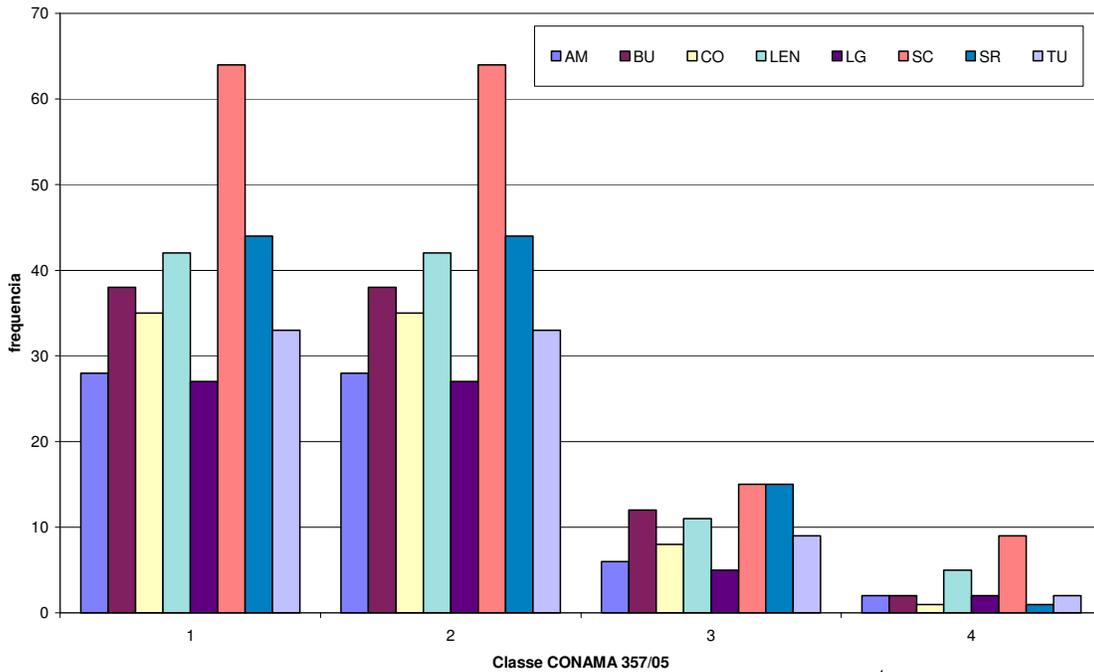


Figura 16. Frequências conforme a classificação CONAMA 357/05 para fosfatos.

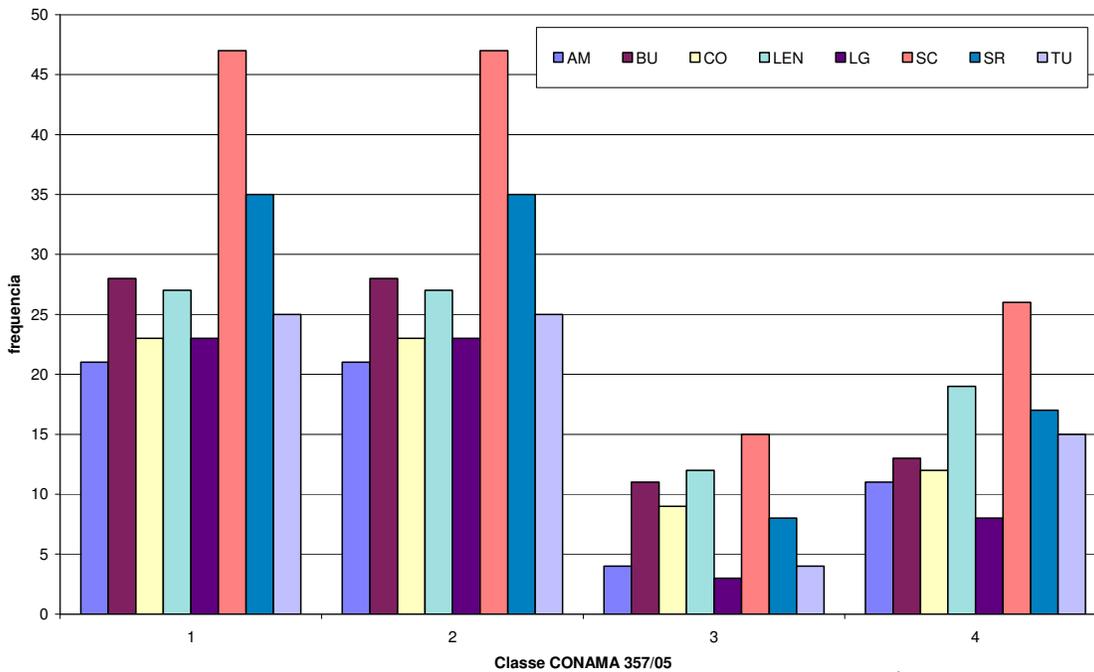


Figura 17. Frequências conforme a classificação CONAMA 357/05 para cobre.

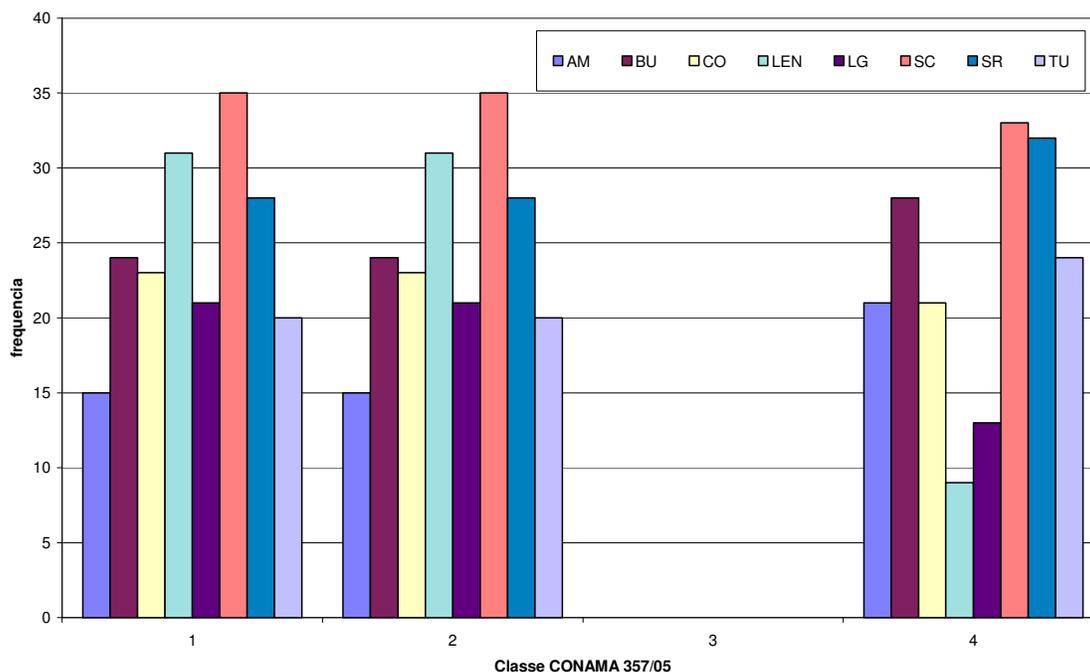


Figura 18. Freqüências conforme a classificação CONAMA 357/05 para alumínio.

As figuras acima refletem as análises descritas anteriormente, utilizando valores medianos e também os valores de freqüência globais, ilustrados na figura 11.

Uma inconsistência entre as metodologias de análise (valores estatísticos de tendência central e freqüências de ocorrência) aparece de forma bastante clara para a variável concentração de alumínio.

Na figura 9 aparecem inúmeros pontos classe 3 para a variável alumínio, obtidos a partir do cálculo da mediana para os valores de monitoramento em cada sub-bacia. Na figura 18, entretanto, não aparecem ocorrências de valores na classe 3. São duas formas distintas de análise em que cabe se definir qual o resultado que se pretende obter. Para obter uma resposta rigorosa quanto aos padrões definidos pela CONAMA 357/05, é conveniente utilizar sempre valores de freqüência. Entretanto, se há necessidade de se obter simplesmente uma caracterização da qualidade da água, baseada em concentração média (ou

mediana) sem se ater a padrões específicos, pode se adotar uma metodologia que utilize valores estatísticos de tendência central.

## 6. CONCLUSÕES

A análise de cargas diferenciais desenvolvida no presente estudo é uma contribuição importante do ponto de vista metodológico, que pode incorporar futuros estudos de avaliação ambiental de bacias hidrográficas, levando em consideração dados de concentração e vazão.

Quando não houver disponíveis dados de vazão, podem ser explorados os indicadores de qualidade de água em termos de freqüências de ocorrência, obtidos a partir da classificação dos corpos d'água de acordo com a Resolução 357/05 do CONAMA.

Para uma avaliação mais consistente da qualidade da água na bacia U 30 e das relações de correlação entre vazões e concentrações são necessárias séries mais longas das referidas variáveis. Entretanto, a tendência observada a partir dos dados disponíveis é da não existência de uma correlação entre vazão e concentração das diferentes variáveis de concentração de qualidade de água analisadas.

Uma avaliação que se confirma a partir das diferentes metodologias utilizadas no estudo é a da importância dos centros urbanos na qualidade da água das bacias, com destaque para a cidade de Santa Rosa, na bacia do rio Santo Cristo.

O presente estudo aponta para diferentes metodologias de avaliação da qualidade da água e, ao mesmo tempo, ressalta a importância da atividade de monitoramento. Nas análise de carga, além das séries de concentração das variáveis de qualidade da água, fica clara a importância da medição conjunta de vazão nas seções de análise dos rios, reduzindo as incertezas em posteriores estudos.

Quanto a utilização dos dados de vazão apresentados neste Relatório na composição de um índice de qualidade de água, utilizando métodos estatísticos de análise de componentes principais, sugere-se que sejam descartados todos os valores calculados a partir dos valores observados na foz dos rios principais.

Uma vez que os valores de vazão calculados foram obtidos a partir de uma correlação da variável com a área das sub-bacias, estes guardam uma relação de dependência entre si. Assim, é adequado, na composição do IQA, a utilização apenas dos valores observados na foz dos rios principais da U 30, por serem valores de caráter aleatório.