

AVALIAÇÃO DE CARGAS DIFERENCIAIS NA BACIA DOS RIOS TURVO, SANTA ROSA E SANTO CRISTO, NO NOROESTE DO RIO GRANDE DO SUL

Dante Gama Larentis

*Consultor Técnico da Acqua Engenharia de Recursos Hídricos
Rua Dante Larentis, 170, Cidade Alta
Telefone/Fax: (54) 3452 1340 e-mail: dantelarentis@yahoo.com.br
CEP: 95700-000 – Bento Gonçalves, RS – Brasil*

Ana Lúcia M. Rodrigues e Raquel B. Binotto

*Técnicas da FEPAM/RS – Fundação Estadual de Proteção Ambiental do Rio Grande do Sul
Rua Carlos Chagas, 55/715, Centro
Telefone/Fax: (51) 3225 1588 Ramal 207 e-mail: reg.uruguai@fepam.rs.gov.br
CEP: 90030-020 – Porto Alegre, RS – Brasil*

Sidnei Gusmão Agra

*Consultor
Rua Pelotas, 420/23, Floresta
Telefone: (51) 8114-3233 e-mail: sgagra@terra.com.br
CEP: 90.220-110 – Porto Alegre, RS – Brasil.*

RESUMO

A Fundação de Proteção Ambiental do RS – FEPAM – monitorou a qualidade das águas da bacia U-030 em 44 pontos de controle. Foram coletadas amostras e analisadas 27 variáveis de qualidade de água em 8 campanhas de periodicidade mensal, acompanhadas da medição de vazão na seção de controle mais próxima da foz de cada rio principal. Um estudo propôs a regionalização das referidas vazões, medidas nas fozes, para as seções em que não ocorreu medição nos dias de coleta e realizou um balanço entre cargas afluentes e defluentes de cada sub-bacia da unidade U-030 para diferentes variáveis de qualidade de água. O cálculo das cargas diferenciais e sua relação com as áreas incrementais de cada sub-bacia permitiram uma análise de quais áreas apresentam maior criticidade com relação à qualidade das águas na região e a proposição de um indicador ambiental que considere não apenas a variável concentração, mas também a vazão.

ABSTRACT

The Environmental Protection Foundation of RS – FEPAM – monitored basin U-030 water quality in 44 control points. There were sampled and analyzed 27 water quality variables, though 8 monthly field expeditions combined with stream gauging at the section closer to the mouth of every main river. A study proposed an outflow regional analysis, from each mentioned river mouths, to the water quality measuring sections where it didn't occur combined stream gauging. It was proceeded too a load balance between inputs and outputs of every U-030 sub-basin to different water quality variables. The differential loads calculation and its relation to sub-basins incremental areas permitted an analysis of which areas have presented higher critical situation with regards to water quality and the proposition of an environmental indicator which comprehends not only the variable concentration but also the stream flow.

1. INTRODUÇÃO

A FEPAM/RS, realizou, no âmbito do Programa Nacional do Meio Ambiente –PNMA II, o monitoramento da qualidade das águas dos 7 principais rios da unidade básica de planejamento e gestão U-030, quais sejam: Turvo, Lajeado Grande, Buricá, Santo Cristo, Santa Rosa, Amandaú e Comandaí, todos afluentes da margem esquerda do rio Uruguai, a jusante do Salto Yucumã.

Foram coletadas amostras e analisadas 27 variáveis de qualidade de água em 8 campanhas de periodicidade mensal. Cada campanha foi realizada em 44 seções de controle ao longo dos principais rios da U-030, tendo sido medidas também as vazões apenas nas seções mais próximas da foz de cada um dos rios. Havia a necessidade da sistematização dos dados gerados e do cálculo de cargas poluentes para aplicação em outros estudos desenvolvidos pela FEPAM. Para tal, elaborou-se um estudo que, entre outros aspectos, regionalizou as vazões das fozes para as seções em que não ocorreu medição nos dias de coleta e realizou um balanço entre cargas afluentes e defluentes de cada sub-bacia da unidade U-030 para diferentes variáveis de qualidade de água.

O presente artigo apresenta a metodologia e os critérios utilizados, as análises realizadas e as discussões desenvolvidas no estudo de cargas diferenciais na bacia U-030.

2. METODOLOGIA

2.1. Regionalização de vazões

Para a obtenção das cargas poluentes em todas as 44 seções de monitoramento fez-se necessário, inicialmente, 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.

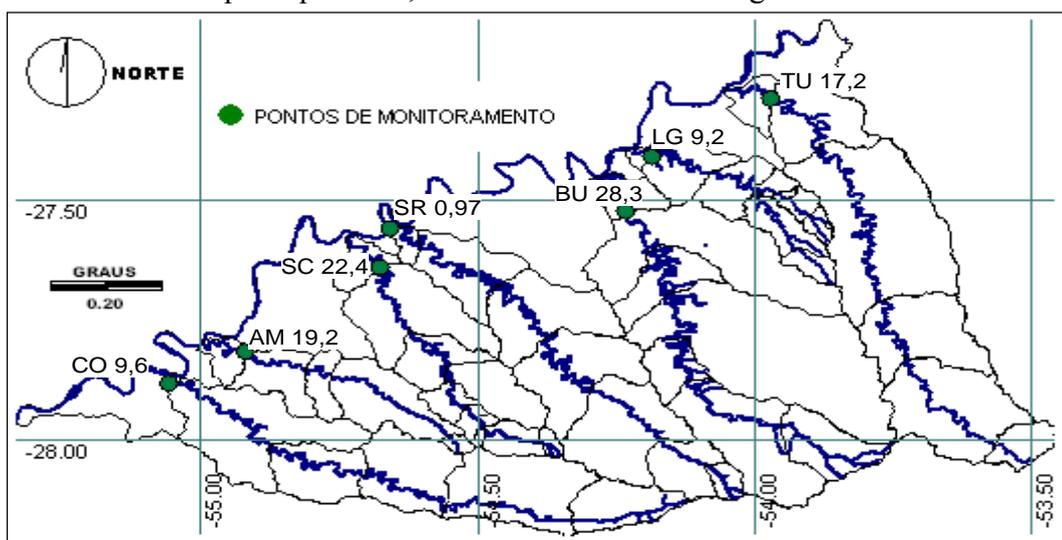


Figura 1. Localização dos pontos de medição de vazão e coleta amostras de água e subdivisão da U-030 em sub-bacias.

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 U-030, 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.

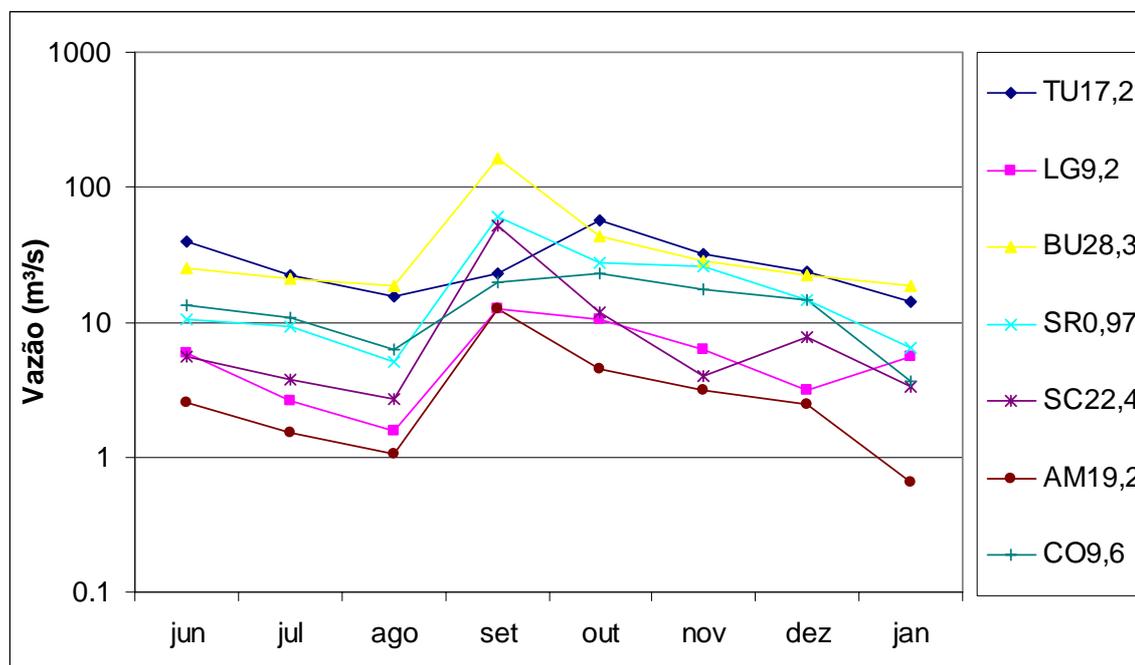


Figura 2. Vazões observadas na foz dos rios da bacia U-030 no período de junho de 2003 a janeiro de 2004.

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 apresentado na figura 1. O MNT utilizado possui uma resolução de aproximadamente 90x90 metros e foi obtido junto ao serviço geológico norte-americano (USGS).

A partir dos polígonos digitalizados foram calculadas as áreas de cada sub-bacia de interesse e as áreas acumuladas, conforme apresentado na tabela 1.

Tabela 1. Áreas calculadas nas sub-bacias da U-030.

Sub-bacia	A (Km²)	A acum (Km²)	Sub-bacia	A (Km²)	A acum (Km²)
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
AM (foz)	65	537	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	SC foz	82	895
BU44,9	161	1722	SR193,3	41	41
BU28,3	536	2258	SR163,3	137	177
BU foz	89	2348	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

Sub-bacia	A (Km ²)	A acum (Km ²)	Sub-bacia	A (Km ²)	A acum (Km ²)
CO44,2	189	449	SR0,97 (foz)	33	1388
CO9,6 (foz)	441	441	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
LEN0,13 (foz)	27	94	TU foz	81	1870
LG79,0	50	50			
LG56,0	102	151			
LG37,8	115	360			
LG9,2	148	509			
LG foz	19	528			

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	LEN 4,8			LEN 15,0		
	Vazão (Q) calculada	Vazão (Q) observada	erro (%)	Vazão (Q) calculada	Vazão (Q) observada	erro (%)
Set-04	1,57	2,79	-77	0,66	1,16	-78
Out-04	1,35	1,61	-19	0,56	0,42	26
Nov-04	0,81	1,79	-120	0,34	1,06	-213
Dez-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 calculada	76%			erro Q média calculada	94%	
				erro médio	-122 %	

Os resultados obtidos com a metodologia utilizada não foram satisfatórios para os trechos de rio muito distantes das fozes dos rios, como pode ser visualizado na tabela acima para as seções de controle LEN 4,8 e LEN 15,0, situadas respectivamente a 4,8 Km e 15 Km da foz do lajeado Erval Novo, afluente do lajeado Grande. Uma regra de variação linear, calculando as vazões da foz em direção a nascente tende a subestimar as vazões próximo as nascentes.

Frente à deficiência encontrada, foi implementada uma correção na 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 à nascente do 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:

$$\Delta Q (\%) = -1.7769 \times D + 96.024 \quad (1)$$

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

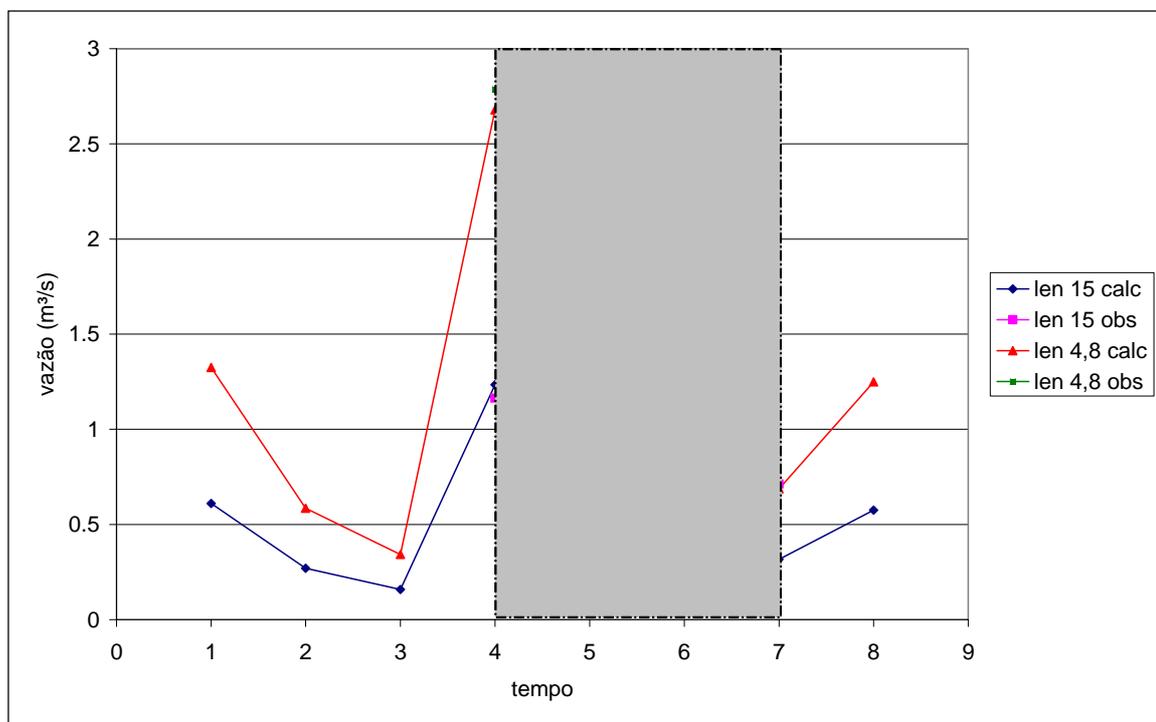


Figura 4. Ajuste das vazões na nascente do LEN e do LG.

A regra de variação corrigida 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 inerentes à própria metodologia, em termos médios, as estimativas tiveram uma melhora sensível em relação à metodologia sem a correção.

2.2. 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 ΔW é realizado através de um balanço de massa simples:

$$\Delta W = (W_i - W_{i-1})/W_{tot} \quad (2)$$

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, ΔW 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 artigo pode, em alguns casos, ser denominado “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, ou incremental, 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, há 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, 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.

3. RESULTADOS

A partir da metodologia descrita acima foram calculadas as cargas médias das 8 campanhas de qualidade de água para diferentes substâncias, nos 44 pontos de controle. Com os valores de carga afluente e defluente de cada sub-bacia calcularam-se as respectivas cargas diferenciais, com relação à carga total de cada substância no exutório de cada rio principal da U-030.

A tabela 3 apresenta resultados de análise da carga diferencial nas unidades de estudo da U-030.

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 média 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. Ao se utilizarem cargas médias de diferentes substâncias perde-se o sentido físico da análise, entretanto, a idéia de serem utilizados valores integrados no tempo e médios de diferentes substâncias leva a composição um indicador de mais fácil operação e apresentação do que no caso da utilização de toda a massa de dados.

Para que se compreenda parte das incertezas inerentes as análises desenvolvidas, 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 a metodologia apresentada no item 2.1.

A tabela 3 pode ser espacializada conforme se visualiza na figura 5, que utiliza a classificação de sub-bacia em função da relação entre carga diferencial e área incremental descrita anteriormente.

4. 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.

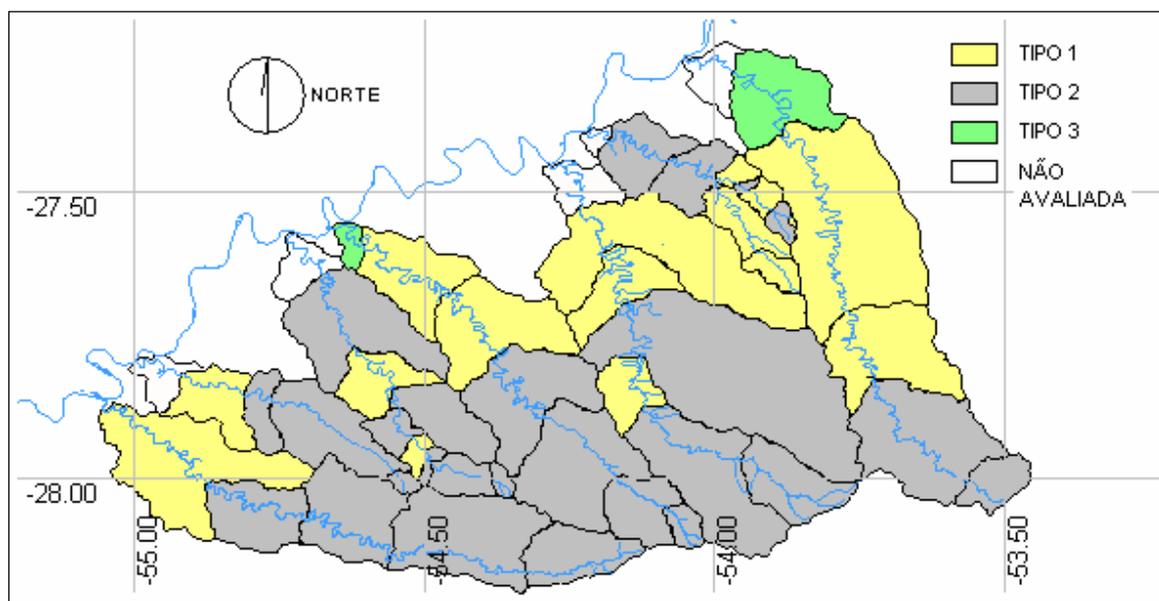


Figura 5. Classificação de bacias em função de cargas diferenciais médias.

Ressalta-se que, na ocasião da análise do órgão ambiental, com vistas a orientar uma intervenção na bacia, é importante que sejam verificados os indicadores de carga para cada variável de qualidade separadamente, o que não foi apresentado no presente artigo.

Destaca-se ainda que, na análise de cargas poluentes, 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.