

Acta Limnol. Brasil.	Vol. III	979-992	1990
----------------------	----------	---------	------

ACIDIFICAÇÃO DE CURSOS DE ÁGUA POR EFLUENTES DE MINERAÇÃO DE CARVÃO NO RIO GRANDE DO SUL

FONSECA, O.J.M.*

RESUMO

Nas regiões carboníferas do Rio Grande do Sul, os corpos de água estão sujeitos a um processo de acidificação em consequência das atividades de extração, beneficiamento e uso de carvão. A mineração do tipo céu aberto, deixa imensos buracos que são aterrados e preenchidos com os rejeitos e cinzas provenientes da purificação e queima do combustível em processos industriais e geração de termoeletricidade. Nas regiões de Candiota e Butiã, o carvão tem um teor de cinzas acima de 51% e concentração de enxofre variando de 1,34 a 2,31%.

A lixiviação desse material pelo "runoff" leva para os cursos de água uma grande quantidade de sólidos entre os quais o enxofre que altera o balanço iônico, anula a reserva alcalina, aumenta a condutividade elétrica da água e leva os índices de pH para valores extremamente baixos. O problema tem implicações graves sobre os cursos de água a jusante das minerações e aponta no sentido da acidificação das bacias dos rios Jaguarão e Jacuí além das lagoas costeiras onde o rio Jaguarão desemboca. Este trabalho visa determinar algumas alterações produzidas

* Centro de Ecologia UFRGS / MCT, RS

pelos efluentes das minas em vários percentuais de mistura com as águas da região, livres de influência de atividade carbonífera.

**ABSTRACT - ACIDIFICATION OF STREAMS BY ACID MINE DRAINAGE
IN THE STATE OF RIO GRANDE DO SUL**

In coal-bearing regions of the State of Rio Grande do Sul, bodies of water are subject to acidification as a consequence of extraction, processing and use of coal. Open-pit mining leaves immense craters which are filled by waste and ashes generated by concentration and combustion, for industry and generation of thermoelectric power. In the regions of Candiota and Butiá, the coal has ash content above 51% and sulphur concentrations between 1.34 and 2.31%.

Leaching of this material by runoff brings to watercourses a large quantity of solids, among which the sulphur alters the ionic balance, eliminates alkaline reserves, increases electrical conductivity, and brings pH values to extremely low levels. The problem has grave implications for watercourses near mining operations, as well as for acidification of the basins of the Jaguarão and Jacuí Rivers, and of coastal lakes into which the Jaguarão River flows. This work describes some alterations produced by mine effluents mixed in various proportions with regional waters uninfluenced by coal-processing activities.

INTRODUÇÃO

O problema da acidificação de corpos de água, como consequência da lavra, beneficiamento e uso de carvão, é bastante conhecido em países da Europa e América do Norte.

No Brasil a questão tem sido tratada

principalmente a nível de relatórios técnicos, a maioria dos quais de circulação restrita, embora o problema tenha perspectivas graves a nível de Região Sul, onde se localiza a maior reserva brasileira desse combustível.

A acidez da drenagem das minas se deve a uma série de oxidações da pirita, que envolve a formação de Fe^{3+} , $Fe(OH)_3$, SO_4^{2-} e H^+ , sendo essa, uma das mais ácidas reações produzidas por intemperismo (STUMM & MORGAN, 1981).

Os trabalhos de maior relevância sobre o impacto ambiental do carvão no Rio Grande do Sul (BORTOLUZZI, 1984; ANDRADE, 1985; FIEDLER, 1987) situam a questão da drenagem ácida como fundamental no âmbito da alteração dos recursos hídricos.

A jazida de Candiota, onde se concentrou a maior parte da amostragem desse trabalho, tem uma reserva estimada de 11945.10^6 ton. de carvão (FIEDLER, 1987) e a exploração é do tipo "contour mining". Das formas de enxofre analisadas nessa jazida, há dominância do S pirítico (48,9-53,6%) sobre o S orgânico e S sulfático e o teor de S total varia, de acordo com a camada, de 1,5-3,2% (FIEDLER, 1987).

A produção atual, de 720.000 ton./ano, deve passar para 1.990.000 ton./ano e alcançar, mais tarde, 48.000.000 ton./ano, para uma potência termoelétrica futura de 8.000 MW (MACHADO et alii, 1984). O teor de cinza desse carvão é de cerca de 51% e nesse resíduo o enxofre representa 0,18 a 0,93% (FIEDLER, 1987).

Este trabalho mostra o efeito da mineração, beneficiamento e estocagem de cinzas, sobre corpos de água próximos às minas de Butiã e Candiota, no Rio Grande do Sul, ressaltando as alterações na reserva alcalina, condutividade elétrica da água, balanço iônico e pH.

MATERIAL E MÉTODOS

Os efluentes utilizados foram coletados nas minas de Candiota e Butiá (Fig. 1) e as águas livres de contaminação por carvão, foram retiradas de arroios e barragens próximos às minas. A garantia da não influência da mineração sobre essas águas foi padronizada pelas baixas concentrações de sulfato, baixa condutividade elétrica da água e pH próximo da neutralidade.

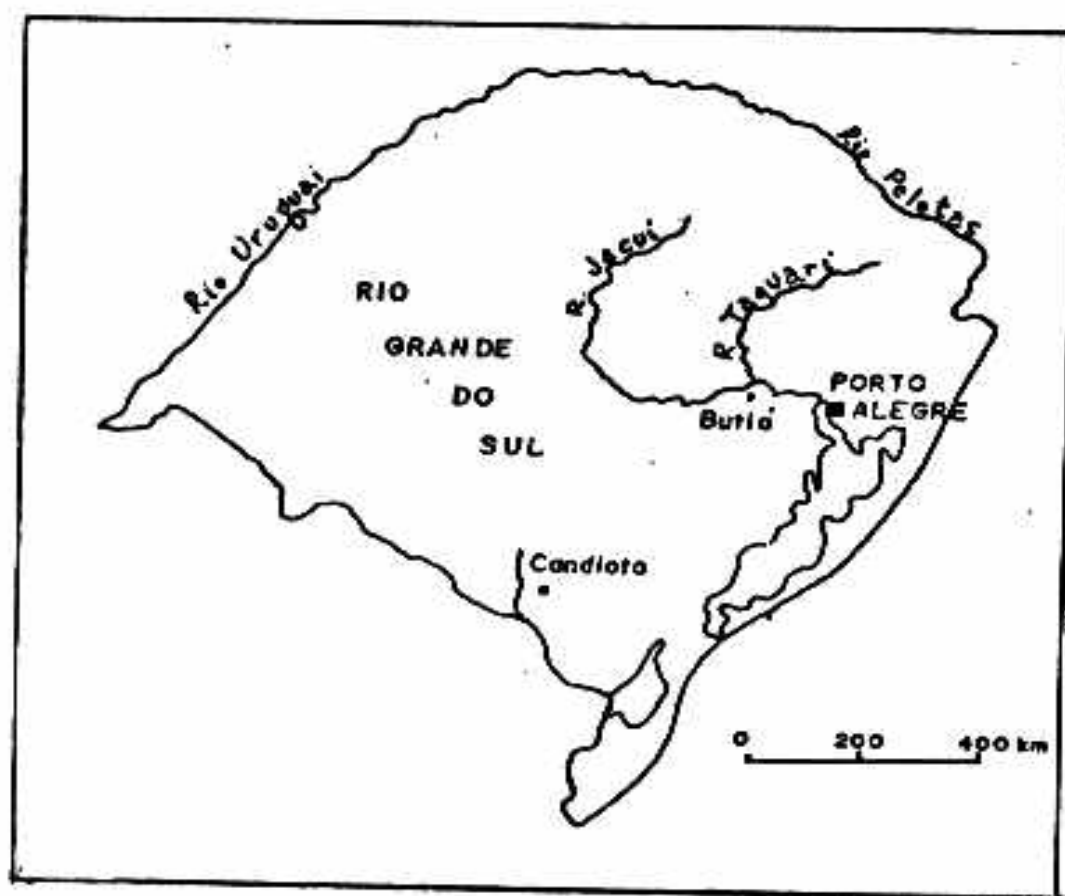


Figura 1 - Mapa de localização das minas de Candiota e Butiá no Rio Grande do Sul.

Foram analisadas 16 amostras de efluentes e 52 amostras de águas limpas.

Para avaliar a influência da drenagem da mina sobre os cursos de água, utilizou-se um sistema de mistura em percentuais crescentes de efluente e decrescentes de água limpa.

As análises realizadas e os métodos analíticos empregados foram: pH (potenciômetro Methron, mod. 632); condutividade elétrica da água (condutivímetro WTW Digi 610); alcalinidade (método potenciométrico com HCl 0,05N até pH 4,6); sulfato (método turbidimétrico descrito em GOLTERMAN et alii, 1978); cloretos (método argentométrico descrito em APHA, 1985); bicarbonatos (cálculos a partir da alcalinidade); cálcio, magnésio, sódio e potássio (absorção atômica, segundo método descrito em APHA, 1985).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados revelados pelas análises de efluentes e de águas livres de contaminação, mostram grande diferença qualitativa entre os dois sistemas aquáticos regionais, isto é, entre os que recebem e os que não estão sob influência das minas. A Tab. 1 relaciona a variação de grandeza de algumas variáveis medidas em amostras coletadas em locais e datas diferentes.

As principais características diferenciais entre os sistemas estudados são os valores de pH, condutividade elétrica da água, alcalinidade, concentração de SO_4^{2-} e balanço iônico (Tab. 1 e 2).

Nos efluentes, há uma correlação exponencial significativa ($\alpha 0,01$) entre os valores de sulfato e condutividade elétrica, com coeficiente de correlação $r = 0,999$ para Butiã e $r = 0,986$ para Candiota (Fig. 2), evidenciando que o íon sulfato é o principal responsável pelo aumento da condutância. Essa relação não aparece nas águas limpas analisadas, onde a condutividade elétrica está relacionada à soma dos principais íons, numa equação determinada como:

$$\mu\text{S}_{20} \cdot \text{cm}^{-1} = 0,7024 + 6,18 = \text{Ca} + \text{Mg} + \text{Na} + \text{K} + \text{HCO}_3^- + \text{Cl} + \text{SO}_4^{2-}$$

Tabela 1 - Valores máximos e mínimos de algumas variáveis ambientais de cor-
pos de água com e sem influência de mineração.

Variáveis	Águas Limpas	\bar{x}	Efluentes	\bar{x}
pH	5,8 - 8,0	6,7	2,7 - 5,7	3,9
$\mu\text{S}20.\text{cm}^{-1}$	18,7 - 71,6	45,4	162,4 - 1880,1	622,7
Alcalinidade (meq/l)	0,10 - 0,55	0,34	0,00 - 0,05	0,01
Dureza (dOH)	0,4 - 1,7	0,9	2,7 - 17,6	7,9
Cl^- (mg/l)	1,0 - 3,5	3,0	1,5 - 5,5	3,5
SO_4^{2-} (mg/l)	0,0 - 15,5	6,3	63,8 - 1214,6	327,6
HCO_3^- (mg/l)	6,1 - 33,5	20,6	0,0 - 3,0	0,6
Calcio (mg/l)	0,18 - 3,98	1,73	2,75 - 934,10	79,80
Magnésio (mg/l)	0,32 - 3,20	1,23	0,75 - 281,01	25,43
Sódio (mg/l)	0,68 - 6,70	2,83	1,65 - 53,50	10,79
Potássio (mg/l)	0,44 - 4,30	1,42	0,62 - 39,50	6,01

Tabela 2 - Balanço iônico dos sistemas de água limpa e de efluentes de mineração de Candiota e Butiã. (Dados médios)

Ion	Águas Limpas		Efluentes	
	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l
Ca	1,73	0,0863	79,81	3,9825
Mg	1,23	0,1012	25,43	2,0914
Na	2,83	0,1230	10,79	0,4691
K	1,42	0,0363	6,01	0,1537
Sub-total	7,21	0,3468	122,04	6,6967
HCO ⁻	20,6	0,3376	0,60	0,0098
Cl ⁻	3,0	0,0846	3,5	0,0987
SO ₄ ²⁻	6,3	0,1312	327,6	6,8206
Sub-total	29,9	0,5534	331,7	6,9291
Total	37,11	0,9002	453,7	13,6258

com coeficiente de correlação linear (r) igual a 0,871.

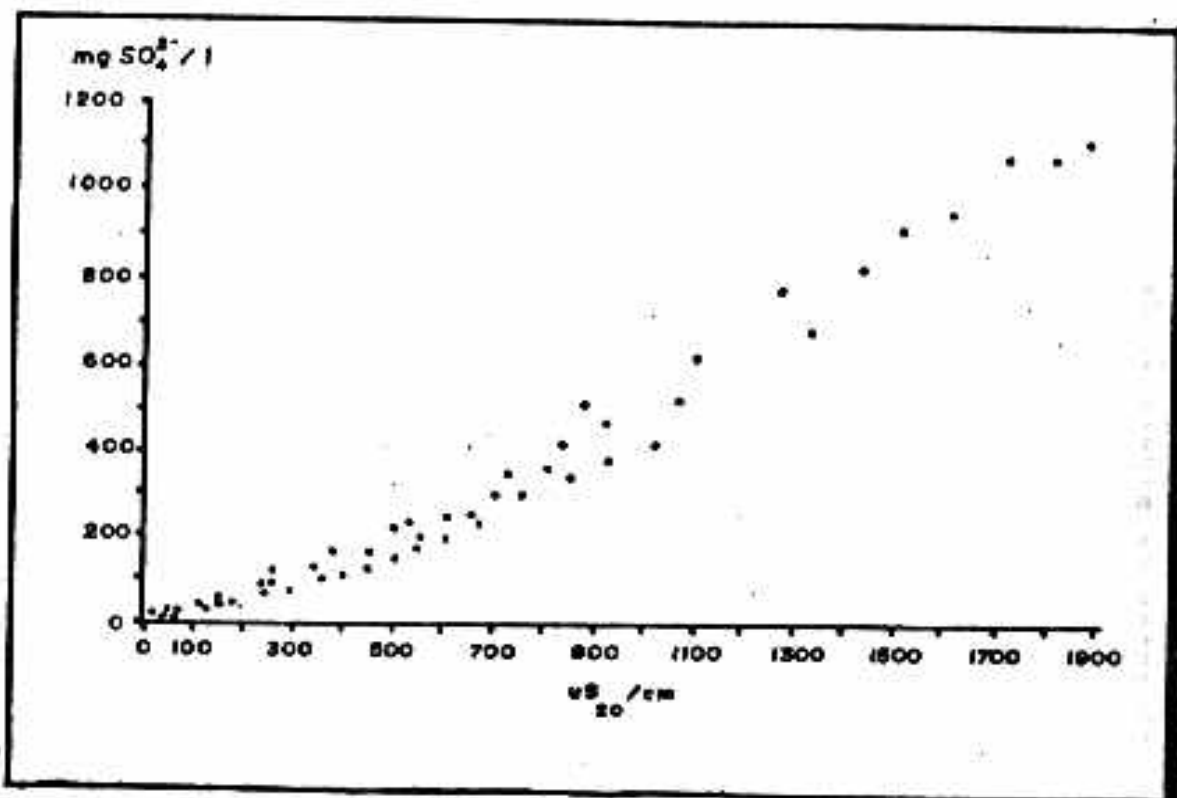


Figura 2 - Relação entre $\mu S_{20}/cm$ e SO_4^{2-} .

A relação entre sulfato e pH na drenagem das minas se apresenta como uma curva do tipo exponencial (Fig. 3) ressaltando a forte influência das concentrações de SO_4^{2-} sobre os índices de acidez. Como os valores de condutividade elétrica e pH são determinados pelas concentrações de SO_4^{2-} , a relação entre condutividade e pH também é do tipo exponencial (Fig. 4) pois basicamente, a condutância é determinada pelo íon sulfato e este acidifica o sistema.

A concentração média de sulfato para todas as amostras de efluentes testadas é de 327,6 mg/l, 58 vezes superior à quantidade média verificada nas águas limpas. No entanto, para os limites de amplitude de variação total, os

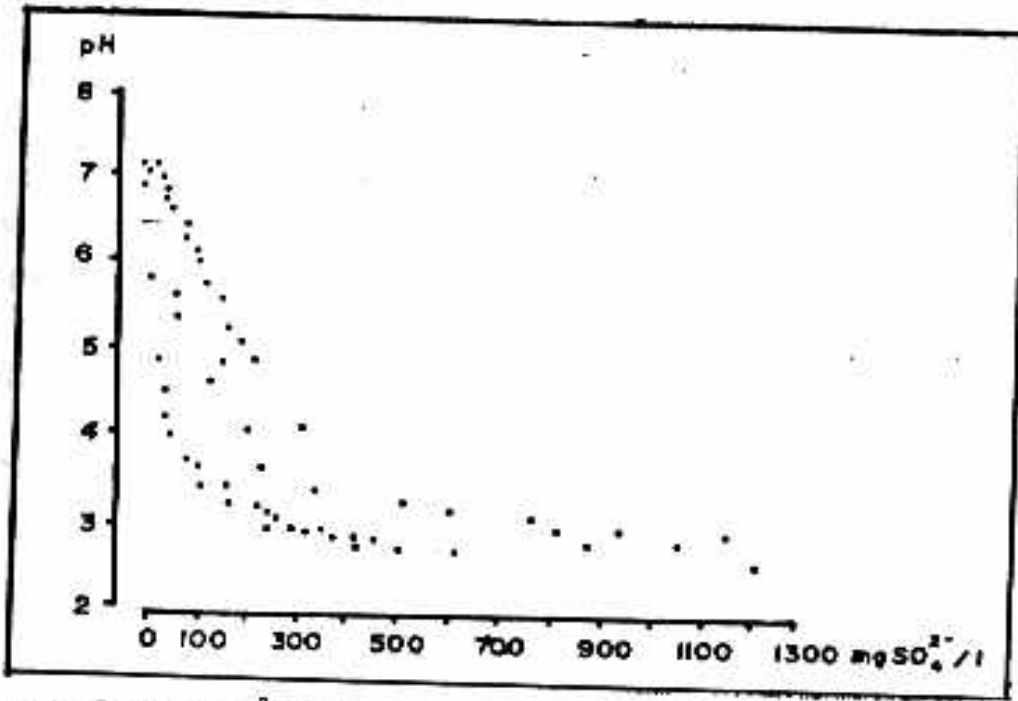


Figura 3 - Relação entre SO_4^{2-} e pH.

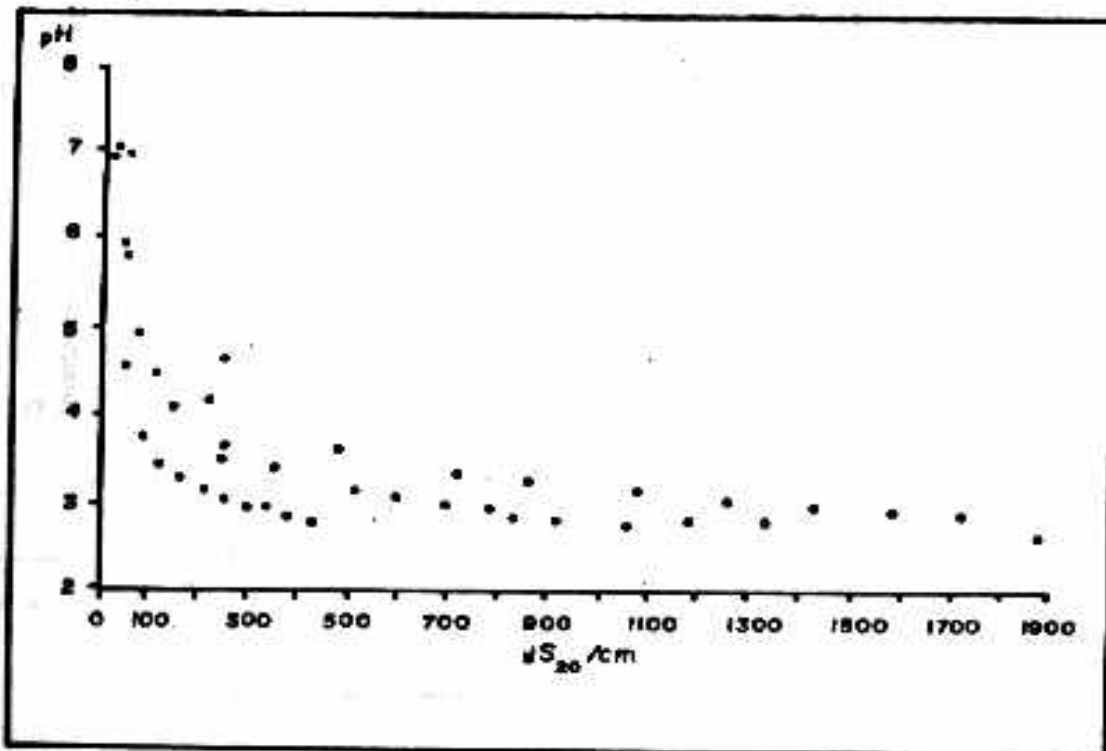


Figura 4 - Relação entre $\mu\text{S}_{20}/\text{cm}$ e pH.

valores mínimos e máximos dos efluentes são 63,8 e 78,4 vezes superiores aos encontrados nos corpos de água da região.

Para os principais cátions, os efluentes mostram uma carga cerca de 17 vezes maior que os arroios. Além disso, a drenagem das minas possui uma relação de dominância do tipo $Ca > Mg > Na > K$ enquanto nas águas limpas a relação é $Na > Ca > K > Mg$. Os resultados revelam que as águas da região são sódicas enquanto os efluentes são predominantemente cálcicos mas as concentrações são de tal forma maiores na drenagem que a diluição precisa ser muito grande para restabelecer a condição natural. Essa diferença na predominância, além de alterar a relação iônica (Fig. 5) ainda muda a relação monovalentes:divalentes (M:D) que é de 1,43 nos sistemas limpos e 0,16 nos efluentes.

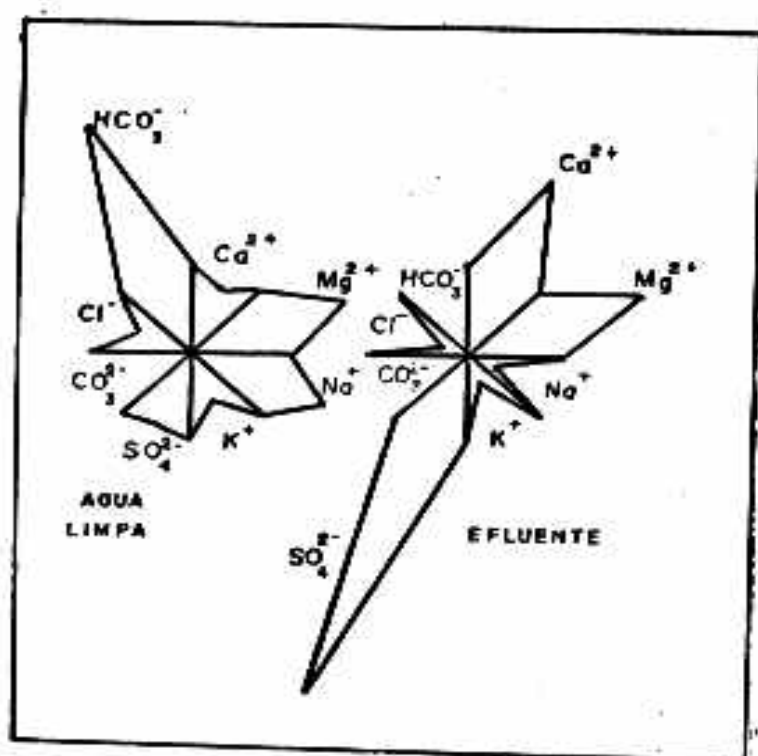


Figura 5 - Diagrama iônico comparativo de um arroio de água limpa e de efluente de mineração.

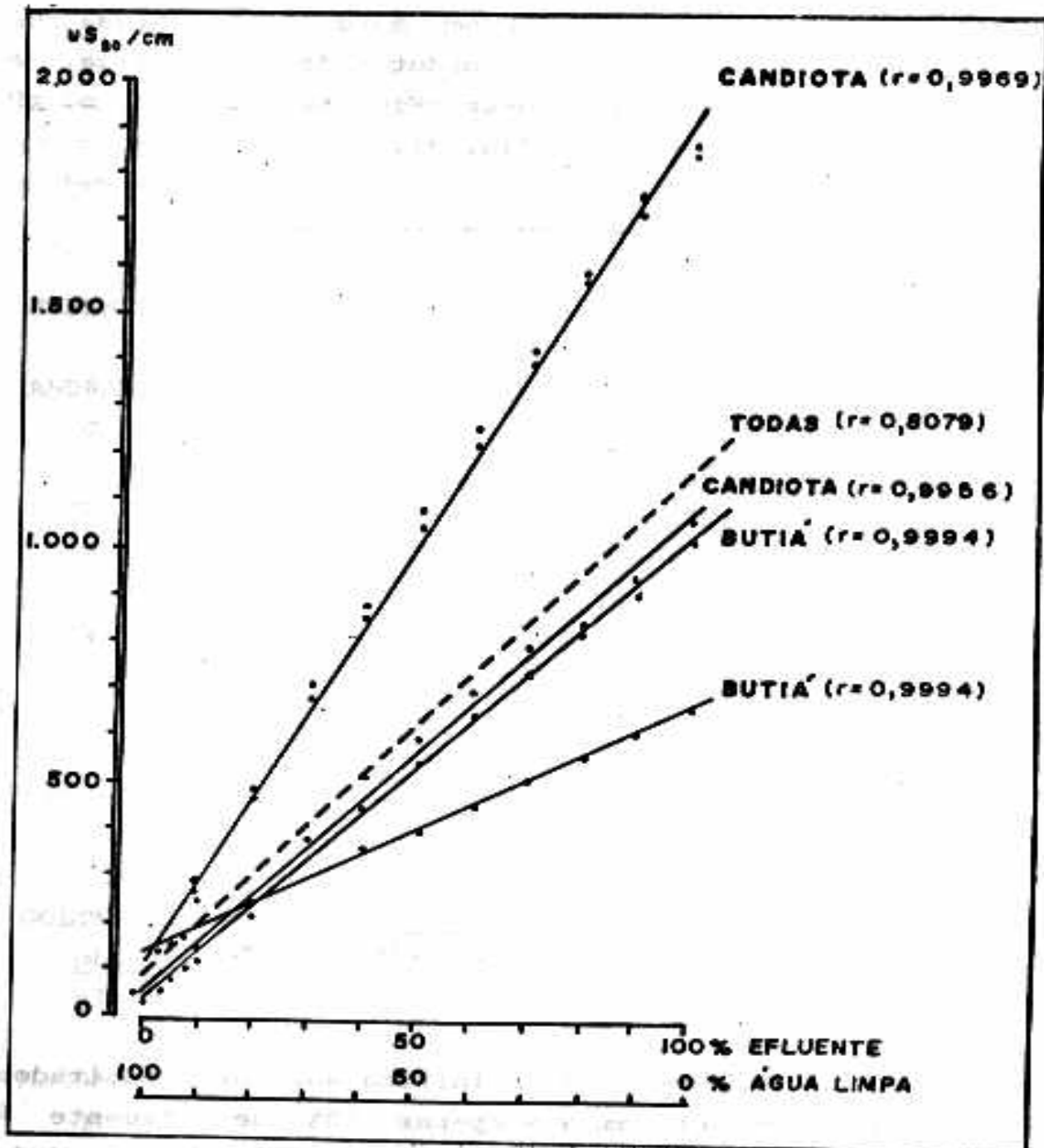


Figura 6 - Influência da diluição do efluente da mineração nos valores da condutividade elétrica.

OBS.: Cada linha corresponde a uma carga de poluentes inicial.

A linha tracejada representa a correlação de todas as amostras.

Para verificar o efeito da diluição da drenagem sobre os cursos de água da região, foi feita uma série de diluições crescentes de efluente em água de arroios. Os resultados mostram que para a condutividade elétrica, a diluição revela uma relação linear (Fig. 6) enquanto o pH mostra uma curva exponencial (Fig. 7).

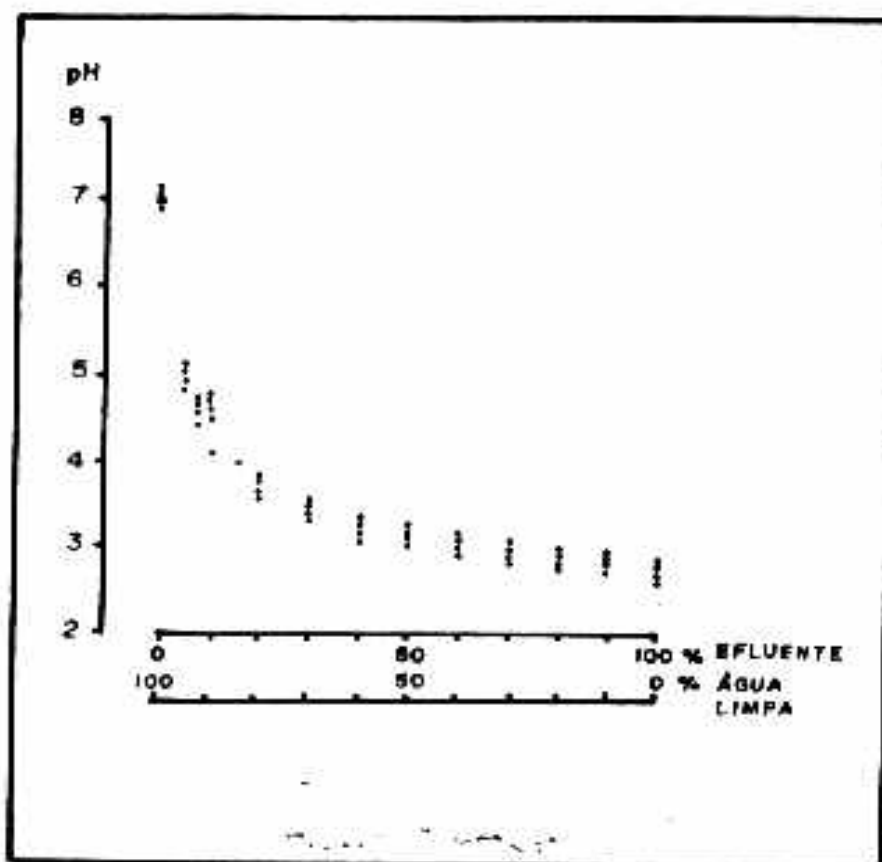


Figura 7 - Influência da diluição do efluente sobre os índices de pH.

Para o problema da acidificação, os resultados desse procedimento mostram que apenas 10% de efluente é capaz de reduzir o pH em até 3 unidades (Fig. 7), um dado bastante importante tendo em vista a pequena vazão dos arroios da região carbonífera.

Do ponto de vista regional vale ressaltar que a região de Butiã faz parte da bacia de drenagem do rio Jacuí, um dos formadores do sistema Guaíba-Laguna dos Patos

e a região de Candiota drena para a bacia do rio Jaguarão que desemboca na Lagoa Mirim.

Tendo em vista que, na região do rio Jacuí ainda existem outras minerações e complexos para geração de termoeletricidade e que na bacia do arroio Candiota se instala um polo energético de grande potência, a médio prazo essas duas bacias hidrográficas do Rio Grande do Sul podem sofrer um processo de acidificação bastante grave.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, A. Caracterização das cinzas volantes do carvão de Candiota. Porto Alegre-RS, UFRGS, 1985. (Dissertação)
- APHA. Standard methods for examination of water and wastewater. Washington-USA, APHA, AWWA & SPCF, 1985.
- BORTOLUZZI, I.P. Estudos de características de efluentes de lavadores de carvão. Porto Alegre-RS, UFRGS, 1984. (Dissertação)
- FIEDLER, H.D. Caracterização ambiental do carvão de Candiota. Porto Alegre-RS, UFRGS, 1987. (Dissertação)
- GOLTERMAN, H.L.; CLYMO, R.S.; OHNSTAD, M.A.M. Methods for physical and chemical analysis of freshwater. Oxford, Blackweel, 1978.
- MACHADO, J.L.F.; PERUFFO, N.; LIMA, J.E.F. Projeto de estudo de vulnerabilidade à contaminação dos mananciais subterrâneos decorrentes da extração mineral. CPRM, Porto Alegre-RS, CPRM, 1984.
- STUMM, W.; MORGAN, J.J. Aquatic chemistry: an introduction emphasizing chemical equilibria in natural waters. 2 ed. New York, Wiley-Interscience, 1981.

ENDEREÇO DO AUTOR

FONSECA, O.J.M.

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Centro de Ecologia
Av. Paulo Gama, s/n
90049 - Porto Alegre, RS