

sympo=097-0704

## COMPORTAMENTO GEOQUÍMICO DO ALUMÍNIO E METAIS PESADOS EM SOLOS E AQUÍFEROS ASSOCIADOS A PROCESSOS DE RECICLAGEM DE METAIS

Hypolito R.<sup>1</sup>, Shinzato M.C.<sup>2</sup>, Varnier, C.L.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Docente do Departamento de Geologia Econômica do Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo CP 11348 CEP 05422-970, Brasil

<sup>2</sup> Doutoranda do Departamento de Mineralogia e Petrologia do Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo

<sup>3</sup> Aluna de graduação do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo.

### ABSTRACT

The chemistry of aluminum and some heavy metals related to waste products of aluminum industry have been studied to detect its environmental pollutions. Because aluminum is abundant in the earth's crust and is produced and consumed in huge amounts, it is inevitable that relatively high residues will be found in surface and ground waters. The environmental significance of aluminum has waxed in recent years for two reasons: increased mobilization due to acidification of surface waters and potential agent in the genesis of Alzheimer's and related diseases.

### INTRODUÇÃO

O alumínio, depois do ferro, constitui-se num dos metais de mais largo emprego. De modo geral é obtido de seu principal minério, a bauxita, que é fundida com criolita ( $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ ). Neste processo, parte do alumínio é separada com a ganga. Algumas micro e média empresas reaproveitam-no tratando a ganga através de técnicas improvisadas, como por exemplo, aquelas que utilizam cloreto de sódio como fundente e maçaricos oxiacetilênicos. Forma-se, deste modo, nova ganga que é vendida a outras empresas que tornam a recuperá-lo. Como é de se prever, tem-se uma mistura bastante complexa contendo metais livres, óxidos metálicos, carbetas ( $\text{K}_2\text{C}_2$ ), acetiletos ( $\text{CaC}_2$ ), metanetos como  $\text{Mg}_2\text{C}$ ,  $\text{Al}_4\text{C}_3$  etc. O rejeito final, gerado por estas empresas, é estocado diretamente sobre o solo, e o efluente, descartado sem sofrer qualquer tipo de tratamento prévio. O alumínio obtido desta forma torna-se bastante lucrativo e por isto muitas empresas têm proliferado principalmente próximo a locais com água disponível e gratuita. Se, por um lado essas atividades geram empregos (10 a 15 pessoas por empresa), de outro, podem causar sérios danos ao homem e ao meio ambiente, na maioria das vezes, de modo irreversível.

Altas concentrações de alumínio são responsáveis pela contínua diminuição de peixes em muitos sistemas aquáticos (Baird 1995), e sua influência sobre a fisiologia humana tem sido muito discutida, nos últimos anos, principalmente por associá-lo à doença de Alzheimer, de insuficiência renal, entre outros (Fishbein 1992).

O presente trabalho está sendo desenvolvido numa das empresas que reciclam alumínio localizada no município de Itaquaquecetuba - Grande São Paulo, Brasil (Fig. 1). Ela se acha em atividade, já há vários anos, nas margens de uma lagoa (com cerca de  $1\text{km}^2$  de espelho d'água) que se liga ao rio Tietê (importante rio que atravessa o interior do Estado e a cidade de São Paulo).

O objetivo deste trabalho é o de estudar o comportamento geoquímico de alguns elementos prejudiciais ao meio ambiente associados ao processo de reciclagem e diagnosticar a extensão dessa agressividade.

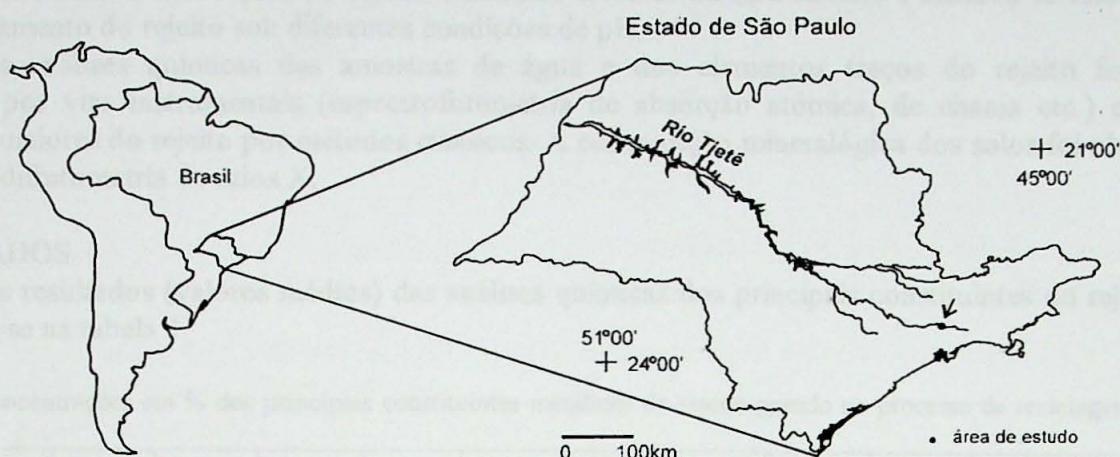


Figura 1: Localização da área de estudo.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Para as análises químicas foram coletadas amostras do rejeito (gerado pela reciclagem), do efluente descartado para a lagoa, de águas da lagoa (em locais próximos e afastados do ponto de descarga do efluente) (Fig. 2) e de águas associadas a zona saturada.

As coletas de águas da zona saturada ocorreram em várias etapas objetivando o estudo da migração iônica, em diferentes épocas do ano. Foram construídos três poços de monitoramento (PM1, PM2 e PM3), estrategicamente distribuídos: PM1 encontra-se próximo a área onde se estoca a matéria-prima, PM2 acha-se junto aos montes de rejeito e PM3 numa área totalmente afastada dos demais e, no caso, representa o ponto de referência (branco) (Fig. 2). A perfuração dos poços possibilitou a coleta de amostras representativas do solo do local de estudo.

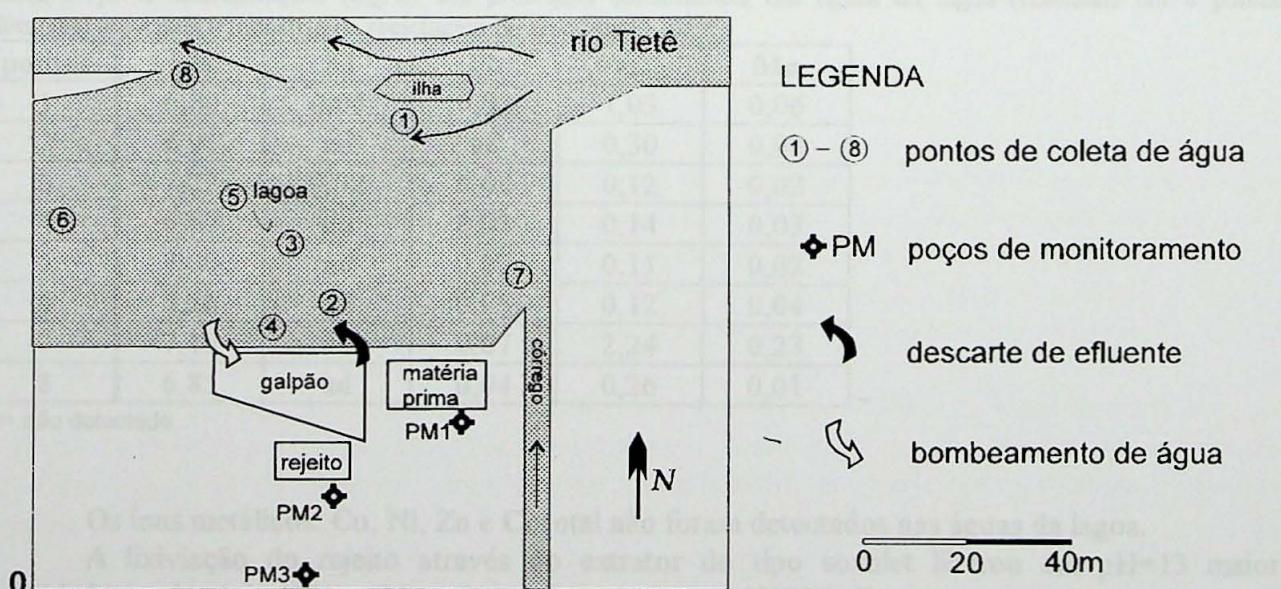


Figura 2: Desenho esquemático da disposição dos poços de monitoramento e dos pontos de coleta das águas da lagoa na área de estudo.

Efetuaram-se lixiviações do rejeito utilizando extrator do tipo soxhlet e estudou-se também o comportamento do rejeito sob diferentes condições de pH.

As análises químicas das amostras de água e dos elementos traços do rejeito foram realizadas por vias instrumentais (espectrofotometria de absorção atômica, de chama etc.) e os elementos maiores do rejeito por métodos clássicos. A composição mineralógica dos solos foi obtida através de difratometria de raios X.

## RESULTADOS

Os resultados (valores médios) das análises químicas dos principais constituintes do rejeito encontram-se na tabela 1.

Tabela 1: Concentrações em % dos principais constituintes metálicos do rejeito gerado no processo de reciclagem de alumínio.

Al	Mg	Ca	Fe <sub>total</sub>	Na	K	Pb	Mn	Zn	Cu	Cr	H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>
4,97	4,09	0,71	0,48	3,54	0,21	0,04	0,10	0,05	0,07	0,01	10,09	33,67

Tem-se na tabela 2 a composição química do efluente gerado na reciclagem do alumínio.

Tabela 2: Concentrações em mg/L dos principais constituintes do efluente gerado na reciclagem de alumínio.

Al	Fe <sub>total</sub>	Pb	Cu	Ni	Zn	Mn <sub>total</sub>	Cr <sub>total</sub>
0,05	3,44	0,02	0,11	1,49	0,13	4,09	nd

O pH do efluente foi de 9,89.

A tabela 3 mostra os resultados analíticos dos constituintes dissolvidos nas águas da lagoa e respectivos valores de pH.

Tabela 3: pH e concentrações (mg/L) dos principais constituintes das águas da lagoa (coletadas em 8 pontos diferentes) associada a indústria de reciclagem de alumínio.

pontos	pH	Al	Pb	Fe <sub>total</sub>	Mn
1	6,80	0,04	0,02	1,03	0,06
2	6,91	nd	nd	0,30	0,08
3	7,03	0,02	0,08	0,12	0,02
4	6,87	nd	0,03	0,14	0,03
5	7,00	nd	0,07	0,11	0,02
6	7,26	nd	0,05	0,12	0,04
7	7,15	nd	0,07	2,24	0,23
8	6,85	nd	0,04	0,26	0,01

nd= não detectado

Os íons metálicos: Cu, Ni, Zn e Cr total não foram detectados nas águas da lagoa.

A lixiviação do rejeito através do extrator do tipo soxhlet liberou em pH=13 maior quantidade de alumínio (12 mg/L) na forma de complexo [ Al(OH)<sub>4</sub> ].

O comportamento do alumínio, contido no rejeito, foi estudado em condições de pHs iniciais variadas em atmosfera inerte de nitrogênio; os resultados encontram-se na tabela 4.

Tabela 4: Teores de alumínio liberados pelo rejeito em diferentes condições de pH de partida.

pH inicial	pH final	Al <sup>3+</sup> ppm
0,15	0,35	450,00
2,00	7,80	0,41
6,00	9,25	0,30
10,00	9,50	0,59

A tabela 5 mostra os resultados de pH, Eh, nível freático e de análises químicas das águas subterrâneas estudadas, em diferentes épocas do ano de 1996.

Tabela 5: Valores de pH, Eh, Nível Freático (NF) e análises químicas das águas coletadas nos meses de janeiro e março (mais chuvosos) e abril, junho (menos chuvosos).

Jan/96	pH	Eh(mV)	NF(m)	Al(ppm)	Mn(ppm)	Ni(ppm)	Pb(ppm)	Zn(ppm)	Cu(ppm)
PM1	4,5	255	1,21	13,61	2,59	0,34	0,54	0,66	0,10
PM2	5,9	47	1,60	nd	14,80	0,29	0,14	0,42	0,08
PM3	6,0	32	0,65	nd	1,15	nd	nd	nd	nd
Mar/96									
PM1	4,5	255	1,50	11,58	2,79	0,30	0,36	0,66	0,10
PM2	6,2	65	1,46	0,17	15,00	0,41	0,21	0,36	0,09
PM3	6,2	83	0,50	nd	0,93	nd	nd	nd	nd
Abr/96									
PM1	4,3	261	2,50	18,90	2,34	0,50	0,40	0,37	0,12
PM2	5,8	48	1,20	0,17	11,20	0,27	0,13	0,28	0,08
PM3	5,9	27	1,02	nd	0,98	0,01	nd	0,02	nd
Jun/96									
PM1	4,3	233	2,49	16,05	3,33	0,35	0,18	0,37	0,11
PM2	5,5	76	1,20	0,17	9,25	0,19	0,14	0,25	0,08
PM3	5,9	32	1,02	nd	0,98	nd	nd	0,01	nd

A análise mineralógica dos diversos níveis do solo indicaram homogeneidade na composição com predomínio de quartzo, feldspatos, caulinita, goethita e gibbsita.

## CONCLUSÕES

As análises químicas das águas dos poços de monitoramento indicam que os teores de Al, Mn, Ni, Pb e Zn acham-se acima dos limites considerados como nocivo ao consumo humano.

A mobilidade do alumínio ocorre principalmente quando associado à matéria-prima e sua disponibilidade está ligada principalmente à intensidade de lixiviação e a variações de pH.

O comportamento do manganês está intimamente relacionado ao pH, ao Eh e à sua concentração no material original.

Os resultados analíticos das águas da lagoa, que recebe o esgoto, indicam conterem teores dentro dos limites permitidos pelas normas ambientais. Neste caso os constituintes são imobilizados, em parte, através de ligações com os minerais do solo e, em parte, por precipitação devido a variações de pH.

## REFERÊNCIAS

- Baird C. (1995) Environmental chemistry. W.H. Freeman & Company, New York, 484p.  
 Fishbein L. (1992) Recent Toxicological and environmental aspects of aluminum; an overview. In Metal compounds in environmental and life (ed. E. Merian, W. Haerdi). Science and technology letters, Northwood, p. 383-389.

AGRADECIMENTOS à FAPESP pelo auxílio concedido (processos nº 95/3744-0 e 95/3899-4).