

# TRATAMENTO DO REJEITO DA MINERAÇÃO BOQUIRA POR ELETROLIXIVIAÇÃO

L.A.D. Barbosa<sup>1</sup>, L.R.P. de Andrade Lima<sup>2</sup>, C.S.A. Vasconcelos<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Coordenação de Metalurgia, Instituto Federal da Bahia

Via Universitária, s/n, Pitanguinha, Simões Filho, BA, 43700-000. e-mail: [ladantas@msn.com](mailto:ladantas@msn.com)

<sup>2</sup>Departamento de Ciência e Tecnologia dos Materiais, Universidade Federal da Bahia

Rua Aristides Novis, 2, Salvador, BA, 40210-630. e-mail: [lelo@ufba.br](mailto:lelo@ufba.br)

## RESUMO

A Mineração Boquira entre 1959 e 1974 produziu um concentrado de chumbo que era enviado para a usina pirometalúrgica em Santo Amaro da Purificação. Posteriormente a usina passou a produzir também um concentrado de zinco. O rejeito desta primeira fase de operação é estimado em 2,4 milhões de toneladas. Este material possui uma quantidade significativa de zinco e chumbo (1,57% de ZnO e 1,44% de PbO), que pode eventualmente ser recuperada. Neste trabalho foram realizados ensaios de eletrolixiviação do rejeito e a dissolução do zinco em três horas foi de 83% enquanto a do chumbo foi de 67%. A alcalinização da solução aquosa resultante da filtração da polpa após a eletrolixiviação resultou na separação do zinco do chumbo. Em pH 4 mais de 99% do chumbo e apenas 6% do zinco presente na solução aquosa precipitam. Em pH 12 mais de 99% do zinco e do chumbo precipitam. Estes resultados indicam que a eletrolixiviação pode ser considerada para o tratamento do rejeito da Mineração Boquira e que a precipitação seletiva por aumento do pH pode ser usada para tratamento da solução resultante visando a recuperação do chumbo e do zinco.

PALAVRAS-CHAVE: Chumbo, Zinco, Eletrolixiviação, Galena

## 1. INTRODUÇÃO

O depósito de chumbo de Boquira, localizada na região do centro-sul do Estado da Bahia, foi encontrado em 1952 e em 1959 uma usina de flotação foi implantada visando produzir um concentrado de chumbo que foi enviado para a usina pirometalúrgica em Santo Amaro da Purificação por mais de trinta anos. Em 1974 foi implantada a flotação diferencial para produção de concentrado de zinco, além do concentrado original de chumbo (Johnson, 1962; Esporteille e Fleischer, 1980; da Luz e de Almeida, 1989). A usina da Mineração Boquira foi desativada nos anos 1990 e o rejeito da usina referente a fase pré-flotação diferencial é estimado em cerca de 2,4 milhões de toneladas.

A composição química do rejeito pré-flotação diferencial da Mineração Boquira é apresentada na Tabela I (de Andrade Lima et al., 2009). Note-se uma expressiva quantidade de ferro, silício, magnésio e cálcio e significativos teores de zinco e chumbo.

Tabela I: Composição Química do Rejeito de Boquira (em %)

Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	45,00
SiO <sub>2</sub>	38,19
MgO	7,59
CaO	2,80
ZnO	1,57
PbO	1,44
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,76
MnO	0,71
Total	98,06

A Figura 1 mostra o difratograma de raios-X do e indica que as fases mais abundantes são actinolita (Ca<sub>2</sub>(Mg,Fe)<sub>5</sub>Si<sub>8</sub>O<sub>22</sub>(OH)<sub>2</sub>) e tremolita (Ca<sub>2</sub>Mg<sub>5</sub>Si<sub>8</sub>O<sub>22</sub>(OH)<sub>2</sub>), e possui apreciável quantidade de magnetita (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>), quartzo (SiO<sub>2</sub>), biotita (K(Mg,Fe)<sub>3</sub>(OH,F)<sub>2</sub>(Al,Fe)Si<sub>3</sub>O<sub>10</sub>), dolomita (CaMg(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>) e clorita ((Mg,Al,Fe)<sub>12</sub>(Si,Al)<sub>8</sub>O<sub>20</sub>).

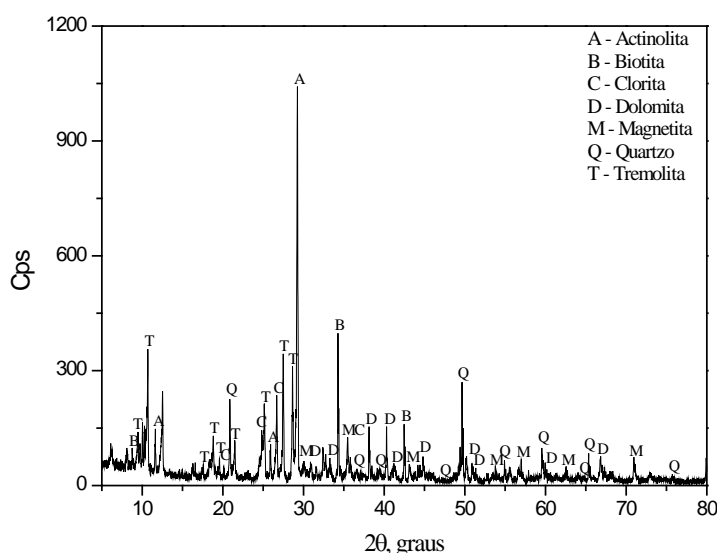


Figura 1: Difratograma do rejeito da Mineração Boquira.

Este trabalho reporta o emprego de eletrolixiviação no rejeito da flotação da Mineração Boquira, uma vez que este método em geral tem baixo custo operacional e é aplicável para a lixiviação de minerais sulfetados. Na eletrolixiviação usa-se uma solução aquosa de cloreto de sódio. Na superfície do anodo os

íons cloreto são oxidados a cloro gasoso. No catodo ocorre a redução da água, com a produção de hidrogênio e íons hidroxila. O ácido hipocloroso é gerado simultaneamente na solução através da reação do cloro com água. Dependendo do pH do meio, pode ocorrer a dissociação do ácido hipocloroso com a formação de íons hipoclorito e hidrogênio. Os íons hidrogênio reagem com os íons hidroxila, gerados no catodo, para formar água. Durante o processo ocorre ainda geração química de íons clorato, que dissolve diversos elementos (Sobral et al, 2000, de Andrade Lima et al, 2008).

## 2. METODOLOGIA

Os testes de eletrolixiviação foram realizados no sistema mostrado na Figura 2, que consiste de uma fonte estabilizada de corrente que alimenta os eletrodos dispostos em um reator de 500 ml.

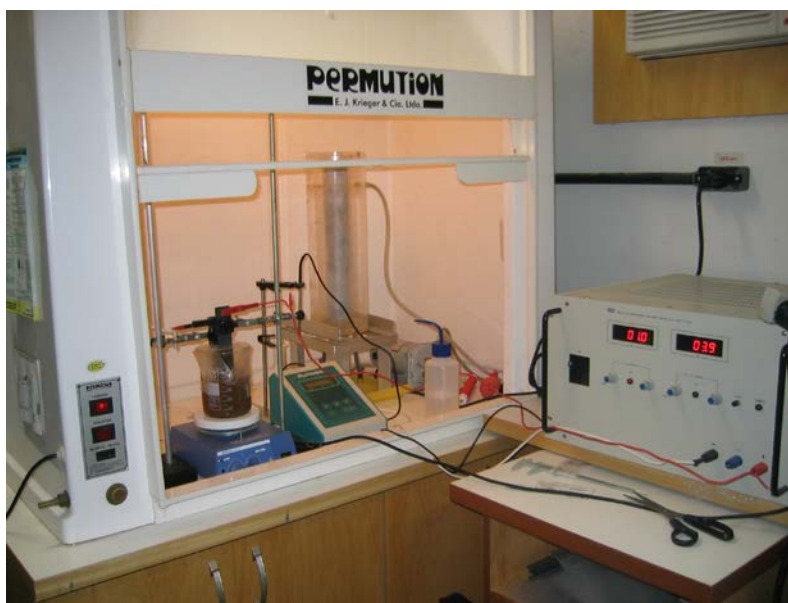


Figura 2: Montagem experimental para a eletrolixiviação.

Utilizou-se em cada experimento 20 gramas do rejeito e 250 ml de uma solução aquosa dois molar de cloreto de sódio. Foi utilizado um agitador magnético com uma velocidade de rotação suficiente para garantir que todo o sólido estivesse em suspensão. Como anodo foi utilizado um eletrodo de grafita com dimensões de 2 x 54 x 40 mm e como catodo foi utilizado um eletrodo de aço inoxidável AISI 316 com 2,0 x 4,5 x 40,0 mm. O espaçamento dos eletrodos foi de 25,4 mm. O pH foi ajustado para  $1,6 \pm 0,1$  e controlado com adição de ácido clorídrico. A tensão foi mantida entre 5,0 e 5,5 V e a corrente em 2,0 A (o que resultou em uma densidade de corrente de cerca de  $5,3 \text{ A/dm}^2$ ), que é próxima dos valores usados por Boulanger (2007). Os testes foram realizados a temperatura ambiente, cerca de  $26^\circ\text{C}$ .

O efeito do tempo de reação foi observado em três experimentos distintos com duração de uma, três e quatro horas. Ao final do processo foi realizada a filtração da polpa, produzindo um sólido reagido e um líquido enriquecido, e a remoção do pó eletrodepositado na superfície do catodo. As amostras foram analisadas para avaliação da efetividade do processo. Posteriormente, a fase líquida foi utilizada para testes de precipitação com alteração do pH com hidróxido de sódio, seguida por filtração e secagem do precipitado para posterior caracterização. A Figura 3 sumariza o tratamento utilizado.

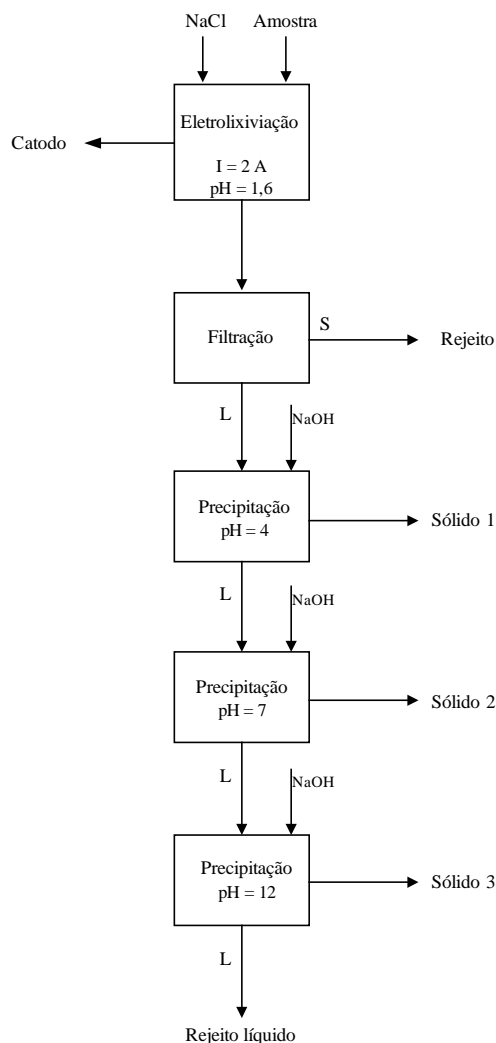


Figura 3: Procedimentos empregados para o tratamento e recuperação dos metais.

Durante os ensaios de precipitação, o pH foi inicialmente ajustado para 4 e a solução foi deixada em repouso por 20 minutos. Após a filtração o pH da solução foi ajustado para 7 e a solução foi deixada em repouso por 20 minutos. Após a filtração o pH da solução foi ajustado para 12 e a solução foi deixada em repouso por 20 minutos, sendo em seguida filtrada. O conteúdo de metais na fase aquosa foi determinado por espectroscopia de absorção atômica (AAS). O rejeito sólido foi analisado por espectrometria de fluorescência de raios-X (XRF). Uma parte da fase líquida foi evaporada e a composição do sal resultante também foi analisada por XRF.

Sabendo que o meio é fortemente oxidante, precipitação seletiva foi utilizada para recuperação do ferro em pH 4, do zinco em pH 7 e do chumbo em pH 12, conforme indicam os diagramas Eh-pH para os sistemas metal-cloreto-água mostrados nas figuras 4a, 4b e 4c.

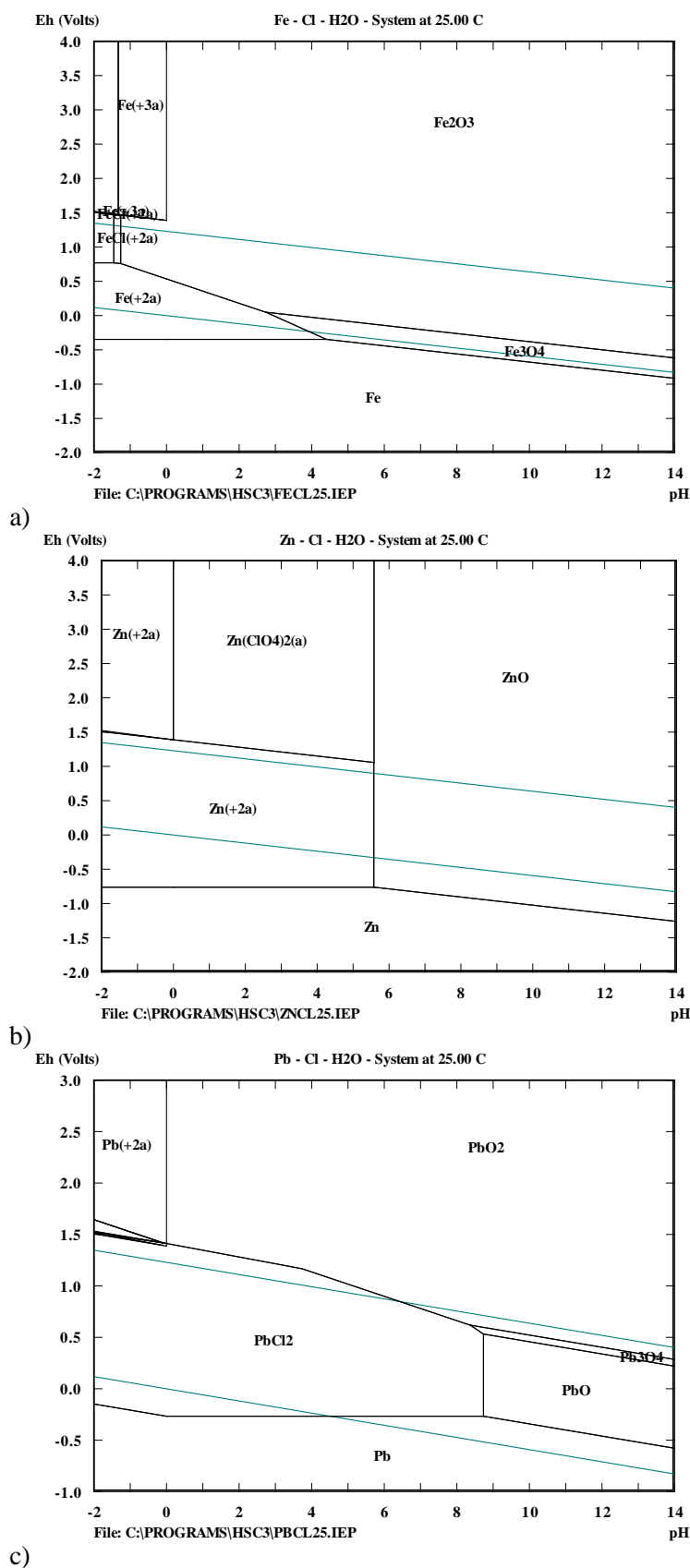


Figura 4: Diagrama potencial de oxidação-redução versus pH para os sistemas: a) Fe-Cl-H<sub>2</sub>O, b) Zn-Cl-H<sub>2</sub>O e c) Pb-Cl-H<sub>2</sub>O,

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A dissolução de chumbo e zinco em função do tempo de eletrolixiviação é mostrado na Figura 5. Observa-se que no início do processo a extração é significativa (cerca de 77 % para o Zn e 61 % para o Pb), entretanto a dissolução não evolui muito a partir deste ponto ficando a recuperação global em cerca de 81% para o Zn e 71% para o Pb. Foi constatado que a dissolução do ferro não foi significativa.

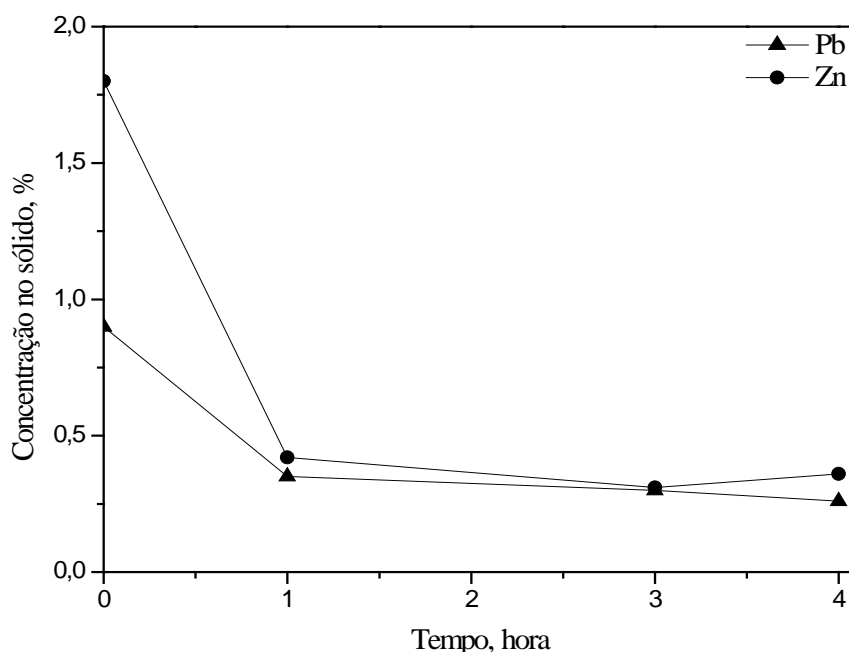


Figura 5: Evolução da concentração dos metais na fase sólida.

A Figura 6 mostra a evolução temporal das concentrações de chumbo e zinco na fase líquida. Nota-se que tanto para o chumbo quanto para o zinco um aumento das concentrações com o tempo, embora seja possível a eletrodeposição de ambos metais após a dissolução.

Durante o processo houve deposição de zinco e chumbo sobre a superfície do catodo. As concentrações de zinco e de chumbo apresentaram valores máximos de 31 e 15%, respectivamente.

A Figura 7 mostra a evolução temporal da concentração de Pb, Zn e Fe no sólido depositado na superfície do catodo. Como esperado há uma correlação entre a quantidade de material depositada e o aumento na concentração na solução e a redução da concentração na fase sólida.

A Figura 8 mostra o fluxograma que sumariza os resultados da precipitação seletiva para ferro, chumbo e zinco através do aumento do pH da solução aquosa oriunda da eletrolixiviação de três horas. A solução inicial apresentou concentrações de chumbo de 2720 mg/l e de zinco de 1650 mg/l. A recuperação do Zn com o aumento do pH para 4 foi de 5,6%, com o aumento do pH para 7 foi de 66,9% e com o aumento do pH para 12 foi de 99,98%. Paralelamente a recuperação do Pb com o aumento do pH para 4 foi de 99,3%, com o aumento do pH para 7 foi de 99,92% e com o aumento do pH para 12 foi de 99,93%. Estes resultados são coerentes com os diagramas Eh x pH apresentados na Figura 4. A solução final apresentou uma quantidade residual de chumbo de 2,0 mg/l e de zinco de 0,34 mg/l.

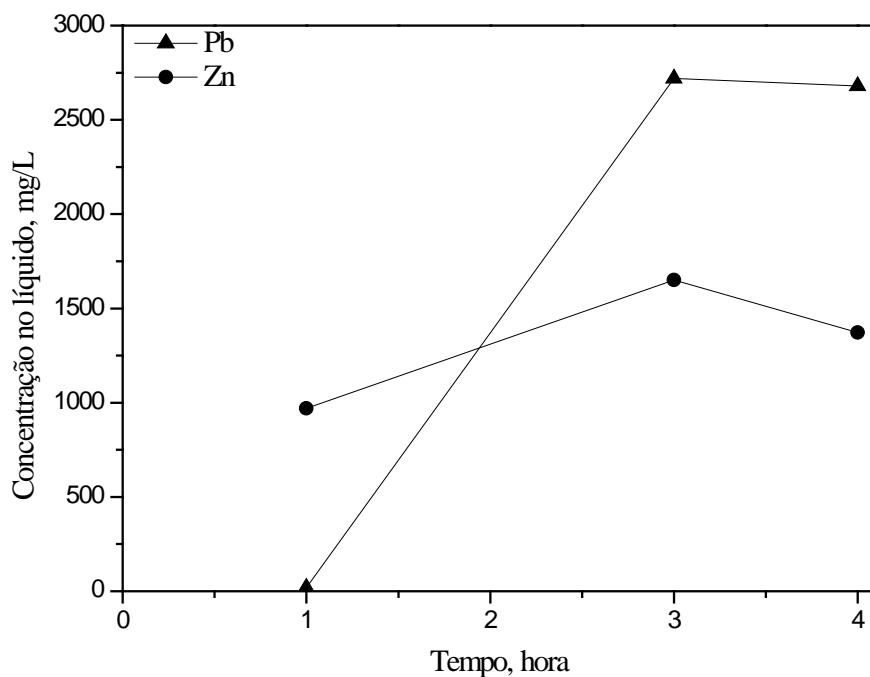


Figura 6: Evolução da concentração dos metais na fase líquida.

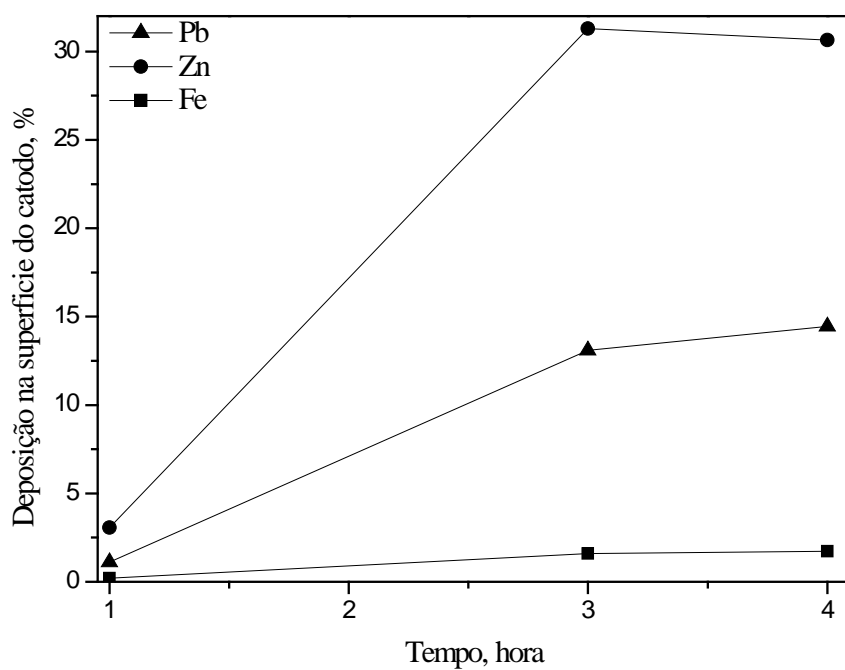


Figura 7: Evolução da deposição na superfície do catodo.

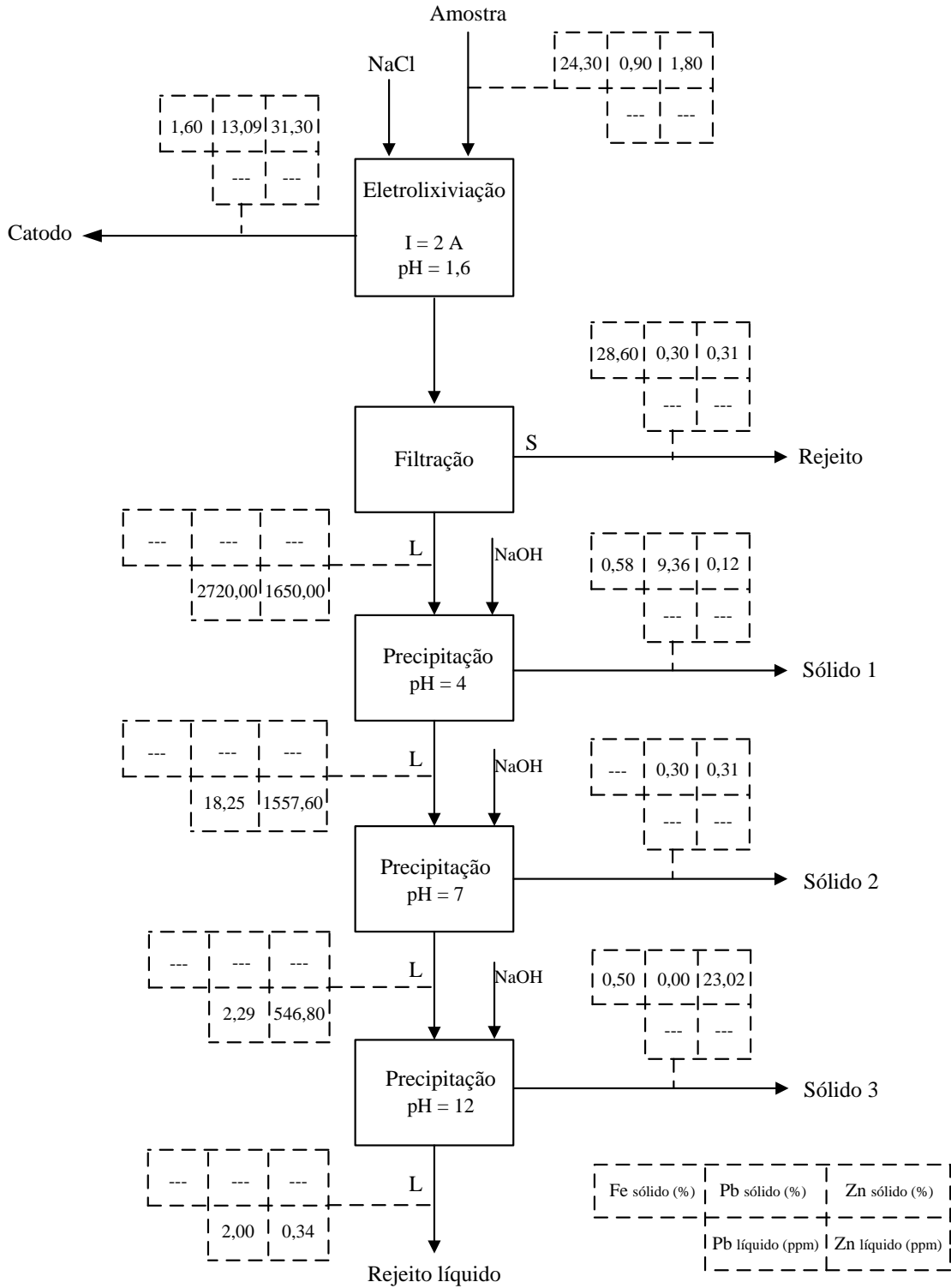


Figura 8: Tratamento da solução aquosa após três horas de eletro-lixiviação e filtração.



#### 4. CONCLUSÕES

O rejeito da flotação da Mineração Boquira referente à fase pré-flotação diferencial foi caracterizado e apresentou apreciáveis teores de zinco e chumbo predominantemente na forma de sulfetos. O tratamento deste rejeito por eletrolixiviação foi realizado em temperatura ambiente em um meio com NaCl e pH 1,6. A dissolução do zinco em três horas foi de 83% e do chumbo foi de 67%. A alcalinização da solução aquosa resultante da filtração da polpa após a eletrolixiviação resultou na separação do zinco do chumbo. Em pH 4 mais de 99% do chumbo e apenas 6% do zinco presente na solução aquosa precipitam. Em pH 12 mais de 99% do zinco e do chumbo precipitam, o que mostra que a precipitação seletiva por aumento do pH pode ser usada para tratamento da solução resultante da eletrolixiviação do rejeito da Mineração Boquira.

#### 5. AGRADECIMENTOS

Ao CNPq e FAPESB pela concessão de bolsa de iniciação científica para este projeto.

#### 6. REFERÊNCIAS

Boulanger, C., Guillaume, P., Leclerc, N. & Lapique, F. Electroleaching and electrodeposition of zinc in a single-cell process for the treatment of solid waste. *Journal of Hazardous Materials* 152, 85–92, 2008.

de Andrade Lima, L.R.P., Bernardez, L.A., Barbosa, L.A.D. Characterization and Treatment of Artisanal Gold Mine Tailings. *Journal of Hazardous Materials*, 150, 747-753, 2008.

de Andrade Lima, L.R., Barbosa, L.A.D., Vasconcelos, C.S.A & Balbino, J.B.S. Caracterização e tratamento do rejeito da mineração Boquira. XXIII Encontro Nacional de Tratamento de Minerio e Metalurgia Extrativa, Gramado, 2009.

da Luz, A.B., de Almeida, S.L.M., Manual de Usinas de Beneficiamento, CETEM-CNPq, 203p, 1989.

Esporteille, F., Fleischer, R., A Mina de Boquira. In: *Geologia e Recursos Minerais do Estado da Bahia*, Inda, H.A.V. e Duarte, F.B. (Eds); *Textos Básicos*, Secretaria das Minas e Energia, Salvador, 3, 103-125, 1980.

Johnson, R.F., Lead-Zinc Deposits of the Boquira District State of Bahia, Brazil, *Geological Survey Bulletin*, 1110-A, 1-33, 1962.

Rocha, G.M.F., Caracterização da fácies ferrífera de Boquira-encaixante da mineralização de chumbo-zinco. In: *Geologia e Recursos Minerais do Estado da Bahia: Textos Básicos*, Secretaria das Minas e Energia, Salvador, Salvador, 8, 3-75, 1990.

Sobral, L.G.S. Santos, R.L.C. Barbosa, L.A.D. Electrolytic treatment of mercury-loaded activated carbon from a gas cleaning system, *The Science of the Total Environment*, 261, 195-201, 2000.