

ESTUDO DA INFLUÊNCIA DO TEMPO NA LIXIVIAÇÃO EM LEITO ESTÁTICO COM H₂SO₄ DO MINÉRIO DE COBRE DA MINA DO SOSSEGO*

Torben Ulisses da Silva Carvalho¹
Renan Correa Aranha¹
Adielson Rafael Oliveira Marinho¹
João Henrique Assunção Vieira¹
Amanda Maria Machado de Oliveira¹
Leonardo Vilarinho Antunes Junior¹
Ana Rosa Rabelo de Lima¹
Lucas de Freitas Brasil Marins¹
Raulim Oliveira Galvão²

Resumo

A lixiviação é um processo hidrometalúrgico que consiste na separação entre o metal e a ganga através da dissolução em meio aquoso do mineral contendo os metais de interesse. O presente trabalho utilizou o minério de cobre oxidado da Mina do Sossego, sendo lixiviado em escala laboratorial com diferentes períodos de tempo, utilizando o ácido sulfúrico como agente lixiviante. A partir desses ensaios foram construídas curvas contendo os teores do minério de interesse contidos no licor e no rejeito, além do cálculo da recuperação metalúrgica. Os resultados foram encontrados utilizando a técnica de titulometria. Houve notada variação dos teores encontrados, os quais aumentavam proporcionalmente com os períodos de lixiviação. Esse comportamento mostra a necessidade de um maior número de etapas nos determinados períodos de tempo para uma recuperação metalúrgica adequada.

Palavras-chave: Lixiviação; Minério de cobre; Mina do sossego; Hidrometalurgia.

STUDY OF TIME INFLUENCE IN STATIC LAY LEACHING USING H₂SO₄ OF COPPER ORE FROM SOSSEGO MINE

Abstract

Leaching is a hydrometallurgical process that consists in the separation of the metal and the gangue by dissolution in aqueous solution of the ore containing the metals of interest. The present study utilized the oxidized copper ore from Sossego Mine, leached in laboratory scale with different periods, using sulfuric acid. With the data found through these test, graphics were made showing the metallurgical recovery and the metal content in the waste and in the liquor. The results were found using the titration technique. There were changes in the content levels, which increased proportionally with the leaching period. This behavior demonstrates the need for a larger number of steps in a certain period for proper metallurgical recovery.

Keywords: Leaching; Copper ore; Sossego mine; Hydrometallurgy.

¹ Graduando em Engenharia de Materiais, Estudante, Faculdade de Engenharia de Materiais, Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, Marabá, Pará, Brasil.

² Graduado em Engenharia de Minas e Meio Ambiente, Bacharel, Faculdade de Engenharia de Materiais, Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, Marabá, Pará, Brasil.

1 INTRODUÇÃO

As reservas mundiais de minério de cobre registraram em 2012 um total de 680 milhões de toneladas em metal contido, quantidade 1,4% inferior à de 2011. As reservas lavráveis brasileiras de cobre em 2012 somaram 11,42 milhões de toneladas de cobre contido, apresentando aumento de 3,2 % frente às do ano anterior, com destaques para os estados do Pará, com 81% desse total, Goiás, Alagoas e Bahia [1].

A lixiviação é um processo hidrometalúrgico que consiste no beneficiamento dos minérios, no qual o metal de interesse é separado da ganga através da dissolução em meio aquoso do cobre proveniente do minério. Esse tipo de processamento metalúrgico já vem sendo amplamente utilizado para a posterior produção de cobre catódico com alta pureza (aproximadamente 99,99%) [1,2]. Sua grande viabilidade para o tratamento de minérios oxidados de cobre, pode ser constatado já que a lixiviação em pilhas é a técnica de maior relevância industrial para o tratamento de tais minérios.

Sua grande importância comercial tende a crescer ainda mais com o fato de ser a forma de processamento mais adequada para a reciclagem e para o tratamento de minérios de baixo teor [3]. O ganho de importância resulta na necessidade de um constante estudo, para o adequado desenvolvimento tecnológico, otimizando a extração hidrometalúrgica do cobre oxidado.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

A amostra de minério de cobre utilizada foi originada da Mina Sossego, localizada em Canaã dos Carajás, Sudeste do Estado do Pará. A amostra foi britada, peneirada, homogeneizada e quarteada. A fração granulométrica utilizada na lixiviação ácida descrita neste trabalho foi próxima de 5 mm.

2.1 Lixiviação

Para o presente estudo foram feitos ensaios de lixiviação em leito estático com quatro alíquotas de minério de cobre oxidado apresentando granulometria por volta de 5 mm. Como agente lixiviante foi utilizado ácido sulfúrico (H_2SO_4) a uma concentração de 8%. Alíquotas contendo 100 gramas de minério foram homogeneizadas e lixiviadas em um béquer com a adição de 250 ml da solução, resultando em uma relação sólido/líquido de 1:2,5. A lixiviação ocorreu durante períodos determinados de 0,25, 0,5, 1, 2, 3,5, 12, 19 e 24 horas.

A lixiviação de cobres oxidados é usualmente feita com soluções de ácido sulfúrico, por uma combinação de questões de economia e eficiência. Dentre os minérios oxidados de cobre existem espécies que são caracterizadas pelo tempo de lixiviação do minério [4]. Após os tempos determinados, as amostras foram filtradas para promover a separação do licor contendo o metal de interesse e o rejeito sólido.

2.2 Análise do Licor

Uma amostra de cada licor previamente separado e reservado foi diluída, apresentando uma nova concentração de 10% em relação à anterior. Em um erlenmeyer foram adicionadas as amostras, acrescidas de 2 g de iodeto de potássio (KI) e 4 gotas de ácido sulfúrico concentrado. A mistura foi colocada em repouso,

sem a presença de luz, durante o período necessário para que a reação se completasse.

Em seguida a titulação foi iniciada, com a liberação do iodo através da solução de tiossulfato de sódio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,1N). Depois disso as amostras sofreram a adição de 2 ml de amido. Foram então registradas as quantidades de tiossulfato de sódio para cada amostra.

Utilizou-se os resultados das análises feitas do licor, cujos valores podem ser encontrados nas Tabela 1, para calcular a massa de cobre presente no licor através da Equação 1. Onde m_{Cu} representa a massa, em gramas, de cobre presente na amostra do licor; N a normalidade do tiossulfato de sódio utilizado; V o volume, em litros, de tiossulfato utilizado para a titulação; MM_{Cu} a massa molar do Cobre; e $F_{\text{diluição}}$ o fator de diluição utilizado, no caso, igual a 4.

$$m_{\text{Cu}} = N \times V \times MM_{\text{Cu}} \times F_{\text{diluição}} \quad (1)$$

A Figura 1 apresenta alguns dos balões volumétricos com os licores dos ensaios de lixiviação realizados para cada uma das amostras.



Figura 1. Licores dos ensaios de lixiviação.

2.3 Análise do Rejeito

Para a análise do rejeito sólido obtido após a lixiviação, o mesmo foi seco utilizando uma estufa a 100°C . Uma amostra do sólido, cuja massa pode ser encontrada na Tabela 2, foi retirada e pulverizada utilizando o almofariz e o pistilo. Em um erlenmeyer, o cobre contido na amostra foi dissolvido com a utilização de 15 ml de ácido perclórico (HClO_4 72%). Em uma capela, o erlenmeyer, foi aquecido por uma chapa durante cinco minutos contados após o início da ebulição. Em seguida foi resfriado durante cinco minutos e então foram acrescentados 50 ml de água destilada. Após isso a amostra foi novamente aquecida pela chapa durante cinco minutos contados após a ebulição.

Após resfriar, foram adicionadas cinco gotas de solução de amônia (NH_3 1:1), 2 g de hidrogenofluoreto de amônio ($(\text{NH}_4)\text{HF}_2$), e 6 ml da solução de iodeto de potássio à solução. Em seguida iniciou-se a titulação com tiossulfato de sódio, acrescentando simultaneamente 20 ml da solução de tiocianato de potássio a 10%. Assim foram adquiridos os valores encontrados na Tabela 2 para os volumes do titulante utilizado.

Foram obtidos os valores do teor do rejeito produzido durante a lixiviação de acordo com a Equação 2. Onde $\%Cu_{rej}$ representa o teor de cobre presente na amostra do rejeito; N a normalidade do tiossulfato de sódio utilizado; V o volume, em litros, de tiossulfato utilizado para a titulação; MM_{Cu} a massa molar do cobre; e $m_{amostra}$ a massa da amostra de rejeito utilizada para a titulação, no caso, igual a 0,6.

$$\%Cu_{rej} = N \times V \times MM_{Cu} / m_{amostra} \quad (2)$$

Como o minério oxidado de cobre dessa região apresenta teores de cobre de 0,74% [5], pôde-se obter a recuperação metalúrgica. A Equação 3 determina a recuperação metalúrgica na qual RM representa a recuperação metalúrgica, em porcentagem; m_{Cu1} a massa, em gramas, de cobre presente na amostra do licor; e o teor da alimentação igual a 0,74%.

$$RM = \frac{m_{Cu1}}{\text{teor da alimentação}} \times 100 \quad (3)$$

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise do licor resultante do processo de lixiviação, para os tempos determinados, e os valores de recuperação metalúrgica calculados através da Equação 3 estão dispostos na Tabela 1.

Tabela 1. Resultados dos licores provindos do processo de lixiviação em diferentes períodos de tempo

AMOSTRA	PERÍODO DE LIXIVIAÇÃO (h)	TIOSULFATO DE SÓDIO UTILIZADO (mL).	MASSA DE COBRE NO LICOR (g/L)	RECUPERAÇÃO METALÚRGICA (%)
I	0,25	5,6	0,142	19,235
II	0,50	9,2	0,233	31,601
III	1,00	7,5	0,190	25,761
IV	2,00	5,7	0,144	19,579
V	3,50	11,0	0,279	37,784
VI	12,00	12,5	0,317	42,936
VII	19,00	11,9	0,302	40,875
VIII	24,00	20,0	0,508	68,698

Foi notada uma discrepância no valor da amostra VIII, com o tempo de 24 h. Visto isso, tal ponto pode ser desconsiderado, tornando a amostra VI a que mais se obteve a separação do mineral de interesse no processo, alcançando 0,317 g/L de cobre. Como o processo foi feito em leitos estáticos, o teor de cobre extraído foi mínimo. A pressão do líquido lixiviante sobre o minério também pode ter sido relevante, pois ela limita a formação de sulfato de cobre no licor, além de diminuir o limite de solubilidade do cobre, ocorrendo assim, a saturação da solução. Em vista disso, alguns desacertos podem ter sido gerados nos resultados do teor de cobre no licor.

A utilização de agitação na lixiviação aumenta o teor de cobre recuperado. Na literatura existem trabalhos que utilizam a lixiviação de tanque agitados onde obtiveram resultados com recuperação acima de 60% para este tipo de minério [5]. A partir dos dados apresentados, foi possível plotar um gráfico (Figura 2) referente à recuperação do cobre pelo tempo de lixiviação.

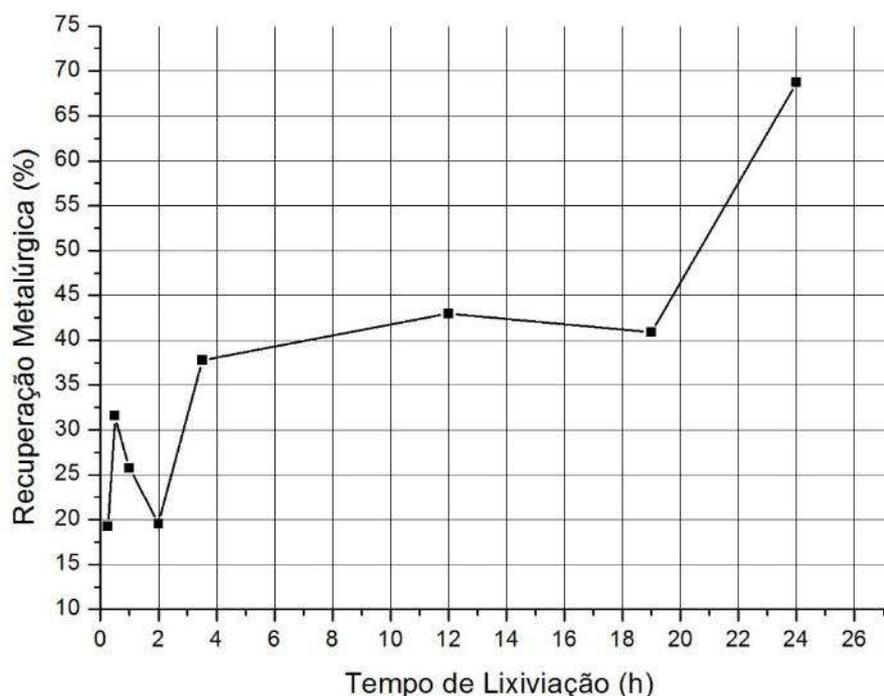


Figura 2. Recuperação metalúrgica pelo tempo de lixiviação.

Com os resultados obtidos a partir da Equação 02, foram obtidas as massas presentes em cada um dos rejeitos oriundos dos processos de lixiviação deste trabalho. Esses dados estão presentes na Tabela 2.

Tabela 2. Resultados das análises das massas de rejeito providas do processo de lixiviação

AMOSTRA	TEMPO (h)	VOLUME DE SOLUÇÃO TITULANTE (mL)	MASSA DE COBRE (g/L)	TEOR DE COBRE (%)	COBRE NÃO RECUPERADO (%)
I	0,25	54,0	0,343	0,572	77,29
II	0,50	50,4	0,320	0,534	72,13
III	1,00	40,1	0,255	0,425	57,39
IV	2,00	36,5	0,232	0,387	52,33
V	3,50	50,0	0,317	0,529	71,56
VI	12,00	48,0	0,305	0,508	68,69
VII	19,00	51,1	0,324	0,541	73,13
VIII	24,00	52,0	0,330	0,550	74,42

Pode-se observar o alto teor de cobre não recuperado acima de 50% para todos os tempos analisados, o que em escala industrial seria totalmente inviável para o processo. O ponto da amostra VIII continua sendo o mais divergente dentre os calculados, sendo passivo de exclusão mais uma vez. Observou-se uma alta taxa de cobre não recuperado que está ligada diretamente à relação líquido/sólido do processo. Tal relação faz com que ocorra uma interferência no limite de solubilidade, precipitando cristais de cobre no licor que, após a filtração, ficam situados no rejeito. Diferentemente dos resultados da análise do licor, percebe-se a diminuição do teor de cobre no rejeito com o tempo até a amostra IV, dentro do que era esperado. A Figura 3 exibe os pontos analisados de cobre não recuperado pelo tempo.

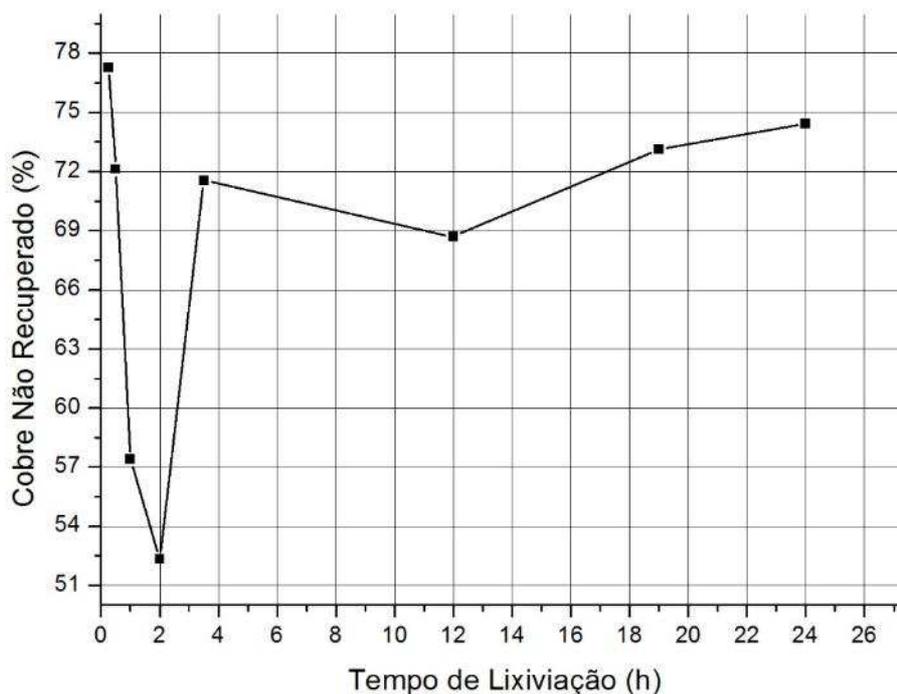


Figura 3. Cobre não recuperado pelo tempo de lixiviação.

Para uma análise mais clara, feito um tratamento dos dados do licor, foi plotada uma curva de recuperação metalúrgica versus tempo, exibida na Figura 4.

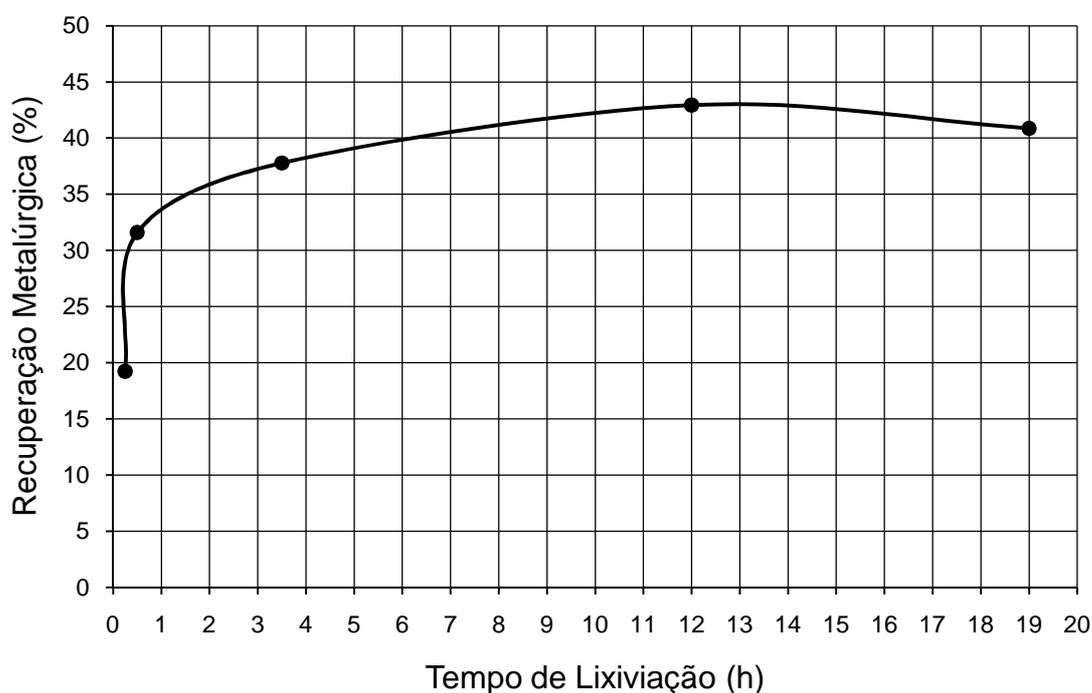


Figura 4. Curva de recuperação versus tempo de lixiviação.

Na curva é possível visualizar que o tempo ótimo de lixiviação foi de 12 horas, com 42,93% de recuperação metalúrgica. Pode-se notar que após esse tempo ocorre uma diminuição na recuperação, ao invés da sua constância, o que pode ser explicado pela concentração de cobre no licor ultrapassar o limite de solubilidade na

solução, ocasionando a formação de cristais e sua consequente precipitação impedindo que haja sua passagem através do papel de filtro.

4 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos para os ensaios de lixiviação do cobre da Mina do Sossego não podem ser tidos como conclusivos ainda, uma vez que o ideal seria que o experimento fosse repetido algumas vezes para se ter um universo amostral representativo, já que os valores são divergentes com resultados encontrados por outros autores. A análise dos períodos de lixiviação e dos teores de cobre no licor e no rejeito adotados neste trabalho, tornou possível determinar que o melhor tempo de extração foi o de 12 horas com recuperação metalúrgica de 42,94%.

Contudo, um estudo mais aprofundado pode ser feito para que se verifique a influência do fator granulometria versus tempo de lixiviação, bem como a relação sólido/líquido, parâmetros que podem ser acumuladores de erros e maquiar os resultados reais, mesmo para uma análise analítica, que normalmente apresenta falhas.

Por fim, é importante ressaltar a preponderância da lixiviação ácida do cobre para a sua recuperação metalúrgica, tornando o processo de suma importância para o conhecimento na área da hidrometalurgia, afeita que este trabalho proporcionou a obtenção de um grande embasamento prático e teórico acerca do tema.

REFERÊNCIAS

- 1 Ribeiro JAS. Cobre – Sumário Mineral 2014. Sumários Departamento Nacional de Produção Mineral. 2013 [acesso em 13 nov. 2014]. Disponível em: <http://www.dnpm.gov.br/dnpm/sumarios/cobre-sumario-mineral-2014>.
- 2 Masson IOC, Soares PSM. Recuperação do Cobre do Minério Oxidado de Caraíba por Extração por Solventes em Escala Semi-piloto. Centro de Tecnologia Mineral – CETEM. Brasília; 1981.
- 3 Ferreira AE, Agarwal S, Machado RM, Gameiro LF. Extraction of Copper from Acidic Leach Solution with Acorga M5640 Using a Pulsed Sieve Plate Column. Hydrometallurgy. 2010; 30.
- 4 Carriconde LL. Estudo prévio da Viabilidade de Extração de Cobre a partir de Minérios Oxidados por Lixiviação Ácida. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 2011.
- 5 Braga ACL, Júnior RNC, Paiva RS, Vale SB. Estudo do Comportamento da Recuperação Metalúrgica do Cobre Oxidado da Mina do Sossego de Canaã dos Carajás Submetido à Lixiviação com H₂SO₄. In: XXIV ENTMME. Bahia, 2011.