

PRODUÇÃO BIOLÓGICA DE TIOSSULFATO VISANDO À LIXIVIAÇÃO DE MINÉRIO PRIMÁRIO DE OURO

Jéssica Côrtes Martins

Aluna de Graduação em Ciências Biológicas, 7º período, FTESM.

Período PIBIC/CETEM : agosto de 2013 a julho de 2014

jessica.cortes.rj@gmail.com

Débora Monteiro Oliveira

Orientadora, Bióloga, M.Sc.

dmonteiro@cetem.gov.br

Luis Gonzaga Santos Sobral

Orientador, Engenheiro Químico, Ph.D.

Lsobral@cetem.gov.br

1. INTRODUÇÃO

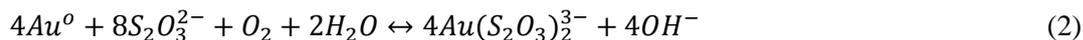
Diversos processos podem ser utilizados na extração de ouro a partir de minérios. No processo mais utilizado industrialmente é realizado o beneficiamento do minério de ouro visando elevar o teor do metal para que, em uma etapa posterior, o concentrado gerado seja submetido ao processo de cianetação. Após essa etapa, processos de recuperação são utilizados na obtenção do ouro metálico com elevada pureza.

Considerando os efeitos danosos ao meio ambiente e os riscos inerentes ao transporte e manuseio de cianeto, diversos estudos vêm sendo realizados visando o desenvolvimento de rotas tecnológicas alternativas à cianetação como, por exemplo, a lixiviação com tiosulfato. Em escala industrial, o tiosulfato de sódio é produzido, principalmente, a partir de efluentes líquidos da fabricação do sulfeto de sódio ou corantes de enxofre. Nos processos biológicos de oxidação de compostos reduzidos de enxofre, o tiosulfato é produzido, como um intermediário de reação.

De acordo com Madigan *et. al.*, (2004) ocorre a geração de tiosulfato durante a bio-oxidação do enxofre elementar por bactérias dos gêneros *Thiobacillus* e *Acidithiobacillus* conforme a Equação 1, a seguir.



Se o ouro estiver presente no sistema, no qual ocorre a Equação 1, para formar um complexo estável com o tiosulfato, é possível que o tiosulfato possa reagir com o ouro antes de ser oxidado a sulfato fazendo, dessa forma, com que o ouro, em seu estado elementar (Au^0), seja solubilizado (HISKEY, 1988). Para que a reação de solubilização do ouro aconteça é necessário, ainda, a presença de oxigênio que é o agente oxidante. O tiosulfato atua como agente complexante da reação para formar um complexo aniônico com íons $Au(I)$, como pode ser observado na Equação 2;



Não foram encontrados estudos de lixiviação de ouro utilizando tiosulfato produzido biologicamente. Contudo, durante a revisão da literatura, foi encontrado um estudo que mostrou que tiosulfato é acumulado, transitoriamente, em cultura de *T. thioparus* cultivados em pH neutro. (van den ENDE & van GEMERDEN, 1993).

2. OBJETIVO

Avaliar o processo de lixiviação de minério primário de ouro a partir da utilização de tiosulfato produzido biologicamente.

3. METODOLOGIA

3.1. Micro-organismo, meio de cultura e preparo do inóculo

Foi utilizada uma linhagem de *Thiobacillus thioparus* (CETEM-1) isolada do sedimento de um dos lagos do CETEM. A manutenção da cepa foi realizada através de transferências periódicas (repiques mensais) em meio S6 [Na_2HPO_4 : 1,2 g.L⁻¹; $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$: 0,205 g.L⁻¹; $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$: 0,1 g.L⁻¹; $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$: 0,04 g.L⁻¹ e $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$: 0,02 g.L⁻¹] (HUTCHINSON, 1965) com pH ajustado para 6,6 e autoclavado a 120°C durante 20 minutos. Para o preparo do meio sólido utilizou-se o meio de cultura S6 acrescido de 12 g.L⁻¹ de agarose.

O inóculo foi preparado em frasco *Erlenmeyer* de 250 mL contendo 100 mL de meio de cultivo S6 e 2% de CETEM-1. Para evitar a decomposição do tiosulfato, o cultivo foi mantido ao abrigo da luz (envolvido por folha de alumínio). Os frascos foram incubados sob temperatura de 30°C e agitação orbital de 150 rpm.

3.2. Experimentos de Lixiviação

CETEM-1 foi inoculada em frascos contendo 200 mL de meio contendo sais minerais do meio S0 (Meio de cultivo S6 isento de tiosulfato) (pH 6,6) e, ainda, contendo 2,0 g de enxofre elementar (S⁰) e 10 g de minério primário de ouro ou 20 mg de padrão de Au⁰. Controles negativo (não inoculado) e positivo (não inoculado, mas com 40 mg $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) foram incluídos (Tabela 1). O meio de cultivo utilizado foi autoclavado a 120°C durante 20 minutos e o S⁰ foi esterilizado por tinalização.

Tabela 1: Composição dos ensaios de lixiviação.

	Meio S0 (mL)	S ⁰ (g)	Au ⁰ (mg)	Inóculo
Ensaio 1	200	2,0	0,0884*	2,0 mL CETEM-1
Ensaio 2	200	2,0	0,0884*	Sem inóculo
Ensaio 3	200	2,0	0,0884*	sem inóculo, 40 mg $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
Ensaio 4	200	2,0	20**	2,0 mL CETEM-1
Ensaio 5	200	2,0	20**	Sem inóculo
Ensaio 6	200	2,0	20**	sem inóculo, 40 mg $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

* Massa de Au contida em 10 g de minério primário adicionado cujo teor de ouro é 8,84 g.t⁻¹; ** Massa de ouro metálico puro adicionado.

Os frascos foram incubados no escuro a 30°C e 150 rpm (agitação orbital). Periodicamente, amostras foram retiradas para medir as concentrações de sulfato, tiosulfato e ouro, além do monitoramento de pH e potencial de oxi-redução. Antes de cada amostragem era realizada a reposição da água evaporada nos frascos *Erlenmeyers*, sendo estimada pela perda de massa e compensada pela adição de água destilada.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como pode ser observado no gráfico da Figura 1, a maior extração de ouro alcançada (23%) ocorreu quando do contato do minério aurífero com o inóculo CETEM-1.

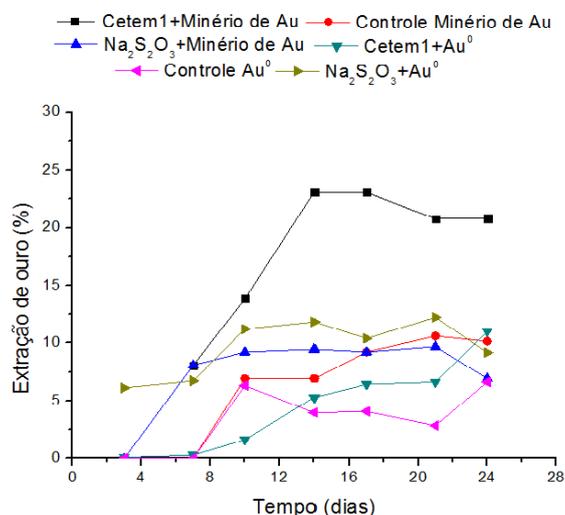


Figura 1: Extração de ouro a partir de minério aurífero e de amostra de ouro elementar.

Entretanto, com o andamento desse teste a curva de extração começou a ficar assintótica ao eixo dos X. Essa tendência foi devido à elevação da força iônica do meio, como resultado de uma maior dissolução do minério tornando o meio inóspito aos micro-organismos, fato que poderá ser resolvido, posteriormente, com a ampliação da escala de produção associada à prática da lixiviação em sistema contínuo acarretando, conseqüentemente, a renovação da fase aquosa.

Com o monitoramento do potencial redox, durante os testes de lixiviação supramencionados, pode-se afirmar que o processo oxidativo do minério aurífero, em utilizando o inóculo CETEM-1, é mais efetivo, como mostrado na Figura 2.

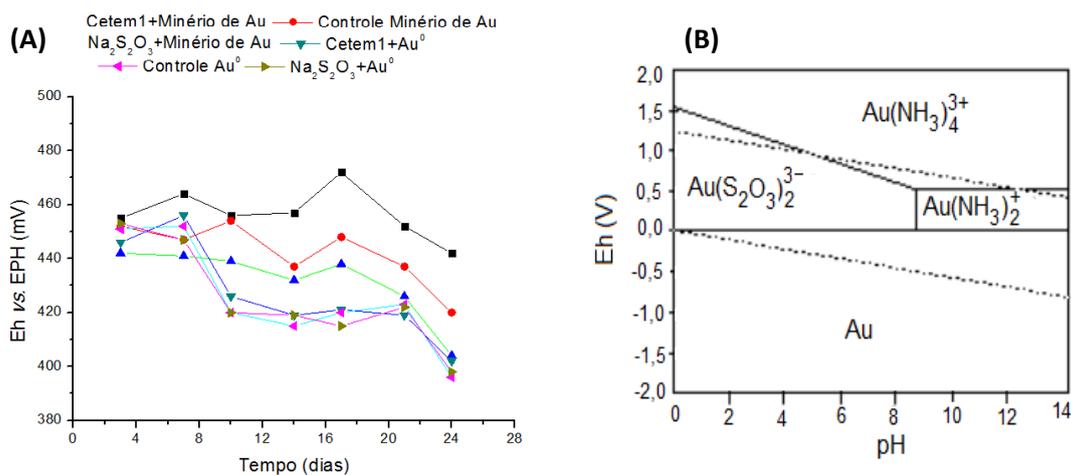


Figura 2: Monitoramento do potencial redox dos processos extrativos de ouro (A) e diagrama de estabilidade termodinâmica do sistema Au-amônia-S₂O₃²⁻-H₂O, a 25°C, amônia 0,1M, tiosulfato 0,1M e Au 5x10⁻⁵M (adaptado de Li *et al.*, 1995) (B).

Com a ação dos micro-organismos ocorre uma maior disponibilização de espécies oxidantes, os íons Fe^{3+} em particular, como resultado da oxidação da pirita acarretando a elevação do poder oxidativo do meio reacional.

5. CONCLUSÕES

Com os dados experimentais disponíveis até o momento, pode-se afirmar que:

A extração de ouro a partir de minério primário vem ocorrendo de maneira satisfatória mediada pela geração biológica de íons tiosulfato como consequência da oxidação de enxofre elementar e da pirita presente no referido minério, com formação do respectivo complexo solúvel ($\text{Au}(\text{S}_2\text{O}_3)_2^{3-}$) de onde o ouro é posteriormente eletrorecuperado;

A otimização das condições de geração de íons tiosulfato, a partir, principalmente, de sulfetos minerais que encapsulam partículas de ouro em minérios auríferos, e a manutenção da estabilidade desses íons no processo extrativo, será possível, futuramente, substituir o processo de cianetação, que tantos danos causa ao meio ambiente, além dos aspectos inerentes à periculosidade do manuseio do cianeto de sódio.

6. AGRADECIMENTOS

Ao PIBIC/CNPq pela bolsa concedida; ao CETEM pela oportunidade e infraestrutura; aos meus orientadores Débora Monteiro e Luis Sobral pelo apoio durante o desenvolvimento do trabalho; ao microbiologista Gregory Olson, responsável pelo isolamento da bactéria utilizada nessa pesquisa e a COAM pela realização das análises químicas.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

HISKEY, J.B. & ATLURY, V. P. Dissolution chemistry of gold and silver in different lixiviants, **Min. Proc. & Extr. Met. Review**, 4, 95-134, 1988.

MADIGAN, M., T., MARTINKO, J., M., PARKER, J. **Microbiologia de Brock**, São Paulo: Prentice Hall, 2004.

van den Ende, F.P., van Gemerden, H., Sulfide oxidation under oxygen limitation by a *thiobacillus thioparus* isolated from a marine microbial mat, **FEMS Microb. Ecol.** 13:69-77, 1993.

LI, J. *et al.*, The ammoniacal thiosulfate system for precious metal recovery, **XIX International Mineral Processing Congress**, v.4, p.37, San Francisco, Oct. 1995.