

THIOBACILLUS FERROXIDANS NA LIXIVIAÇÃO  
DE MINÉRIO DE COBRE

José Farias de Oliveira

Cia. de Pesquisa de Recursos Minerais

RESUMO

A variação da velocidade de lixiviação em decorrência da atuação do Thiobacillus ferroxidans foi estudada utilizando-se um mi-  
nério de cobre de baixo teor. É também descrito o método seguido para  
isolamento das bactérias utilizadas no trabalho.

Foram realizados experimentos de lixiviação em colunas, sendo o minério britado a - 3/4". Duas colunas foram inoculadas com o Thiobacillus ferroxidans, sendo o pH da solução lixivante ajustado diariamente para 1.8 e 2.5, respectivamente. Uma terceira coluna onde o pH da solução lixivante era também conservado em 2.5 foi esterilizada e mantida sob controle. A lixiviação foi acompanhada pela análise semanal da concentração dos ions  $Cu^{++}$ ,  $Fe^{++}$  e  $Fe^{+++}$ , nas três colu-  
nas, sendo o ferro dosado por colorimetria utilizando-se um espectro-  
fotometro de absorção molecular e o cobre dosado por absorção atômica.

Os resultados obtidos permitem comparar a velocidade de lixiviação puramente química com aquela obtida através da ação bacte-  
riana. É discutido também o efeito de diferentes concentrações ácidas.

SUMMARY

The role of Thiobacillus ferroxidans on the leaching rate of a low grade copper ore has been studied. The method for the isolation of bacteria has also been described.

Column leaching tests were carried out with the ore crushed to  $\frac{3}{4}$ ". Two columns were inoculated with Thiobacillus ferroxidans and the pH of the leaching solution was kept at 1.8 and 2.5. A sterile column at pH 2.5 was also set up as control. The leaching rate was followed by analysing  $\text{Cu}^{++}$ ,  $\text{Fe}^{++}$  and  $\text{Fe}^{+++}$  weekly.

Results show the effect of a combined biological and chemical leaching as compared with a chemical leaching only.

plificação decresce rapidamente a temperaturas acima de 40°C e, a 50°C esta função é completamente inibida. Entre 60° e 80°C o limite de resistência do T. ferroxidans é ultrapassado, ocorrendo a morte celular.<sup>3</sup>

Embora alguns ions metálicos (Mo, U, Cu, Zn), tenham um efeito tóxico em determinadas concentrações, através de uma adaptação gradual da cultura, uma tolerância pode ser desenvolvida. No caso do cobre, por exemplo, tem sido possível produzir culturas de T. ferroxidans ativas em soluções contendo até 15 g/l de cobre.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

A bactéria utilizada no presente trabalho foi isolada de águas provenientes de mina de cobre, utilizando-se para tal um meio de cultura (4 K) modificado a partir do meio de Silverman e Lundgren<sup>4</sup> (9 K), cuja composição encontra-se na Tabela I.

Tabela I - Meio de cultura modificado a partir do meio de Silverman e Lundgren (1959)

Componentes	g
Substrato:	
$(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4$	3.0
KCl	0.10
$\text{K}_2 \text{HPO}_4$	0.50
$\text{MgSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$	0.50
$\text{Ca} (\text{NO}_3)_2$	0.01
	Água destilada para 920 ml
Fonte de energia:	
$\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$	80 ml de solução 24.6% (p/v)

Após ajustagem do pH para 3.5 o meio era autoclavado a 15 psi durante 20 minutos. Em seguida, 100 ml do meio eram colocados em frascos erlenmeyers de 250 ml e 5 ml das amostras de água eram adicionados. Os frascos eram colocados em incubadores orbitais com temperatura controlada (30°C), ficando em observação por um período de 28 dias.

O minério utilizado, contendo um pouco de pirita, apresentava um teor de 0.3% Cu na forma de sulfetos, predominando a calcopirita. A amostra foi britada a  $\frac{3}{4}$ " e três colunas de PVC de 3" de diâmetro foram preparadas. A lixiviação foi efetuada a 30°C com solução diluída de ácido sulfúrico, sendo o pH da coluna A ajustado para 1.8 e o das colunas B e C para 2.5. As colunas A e B foram inoculadas com I. ferrooxidans e a coluna C foi esterilizada com Paracyde.

A lixiviação era efetuada uma vez por dia através da percolação da mesma solução através da coluna, permitindo-se cerca de 10 minutos de tempo de contacto, após o que a solução lixiviante era descarregada em becher graduado. Diariamente, antes de cada lixiviação, o volume e o pH da solução eram ajustados para os valores iniciais. Periodicamente a solução era amostrada para dosagem da concentração dos ions  $\text{Cu}^{++}$ ,  $\text{Fe}^{++}$  e  $\text{Fe}^{+++}$ . Desta forma, 1 ml de solução era tomado e diluído adequadamente para análise. O  $\text{Cu}^{++}$  era dosado por absorção atômica e o  $\text{Fe}^{++}$  e  $\text{Fe}^{+++}$ , por colorimetria em espectrofotometro de absorção molecular, utilizando-se DipyriddyI como reagente e determinando-se a densidade ótica a 522 nm. Após a determinação do ferro total e  $\text{Fe}^{++}$  pelo método citado, o  $\text{Fe}^{+++}$  era calculado por diferença.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da lixiviação num período de 70 dias estão apresentados nas figuras 1, 2 e 3.

Pela figura 2 (coluna B), observa-se que até aproximadamente um período de 25 dias, a velocidade de lixiviação foi relativamente baixa, sendo semelhante àquela da coluna C (esterilizada), onde

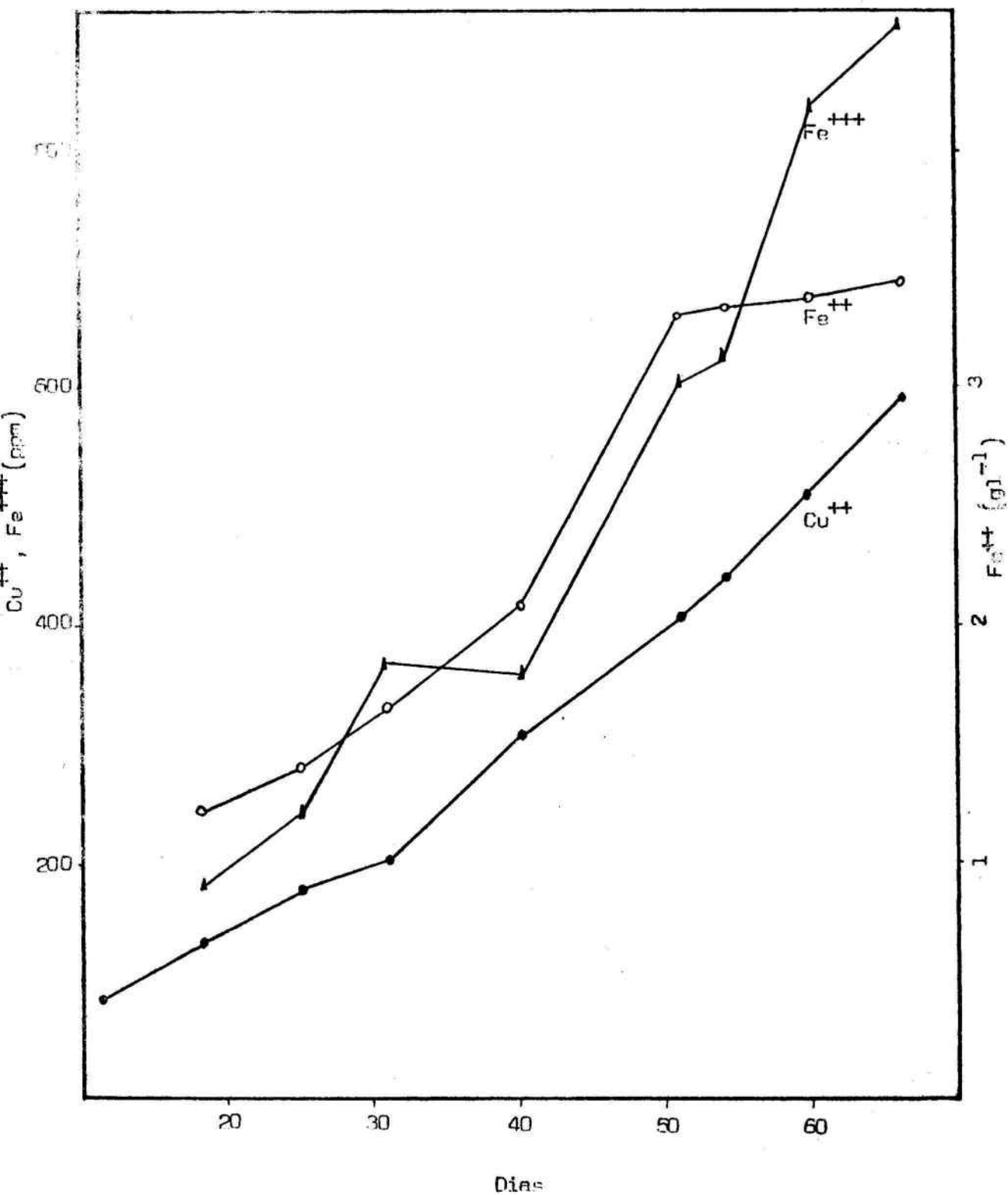


Fig.1 - Coluna A, inoculada com Thiobacillus ferrooxidans. Evolução da concentração iônica de Fe<sup>++</sup> e Fe<sup>+++</sup> e Cu<sup>++</sup> na solução lixiviante. pH = 1.8

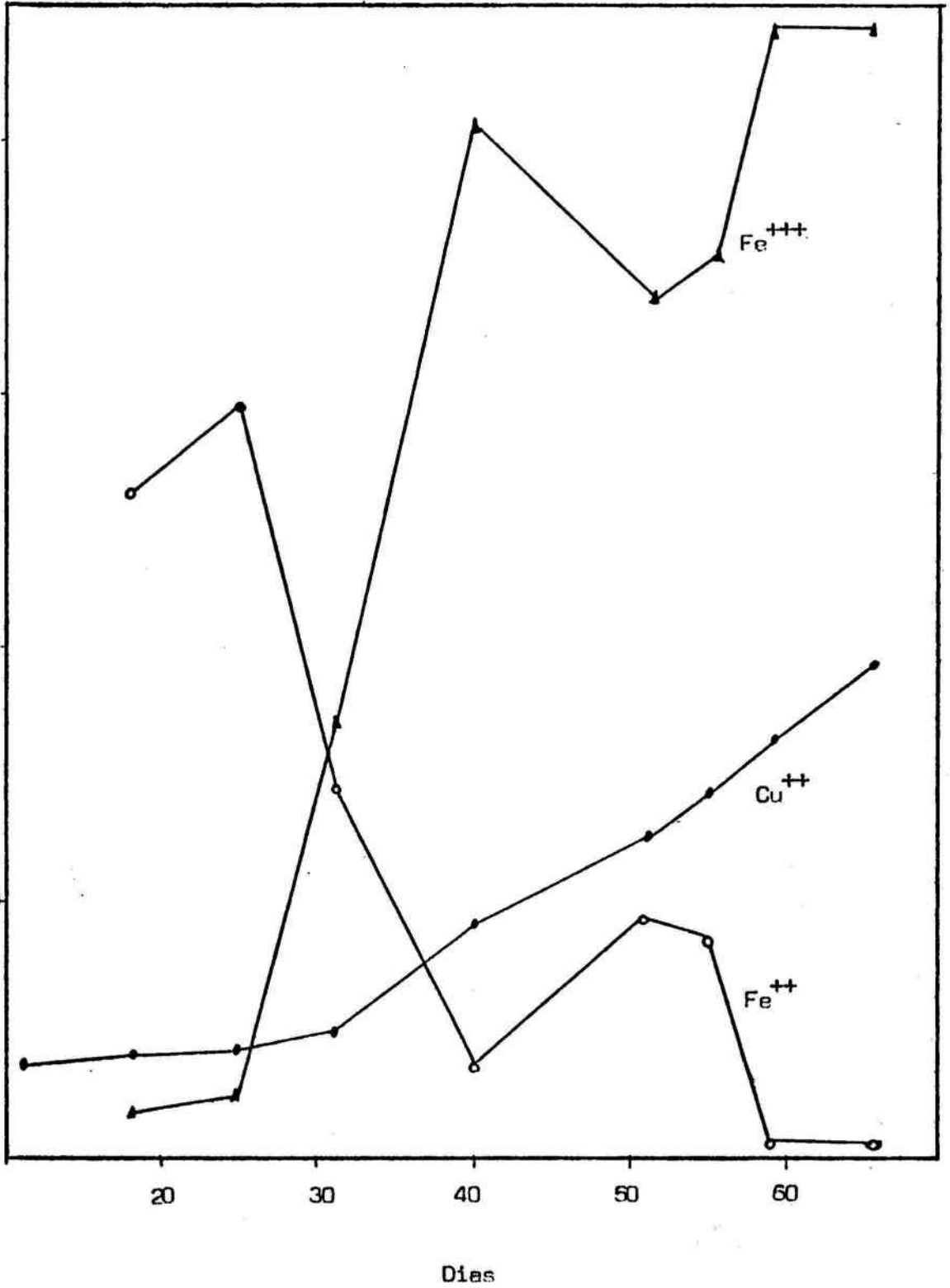


Fig.2 - Coluna B, inoculada com Thiobacillus ferroxidans. Evolução da concentração iônica de Fe<sup>++</sup>, Fe<sup>+++</sup> e Cu<sup>++</sup> na solução lixiviante. pH = 2.5

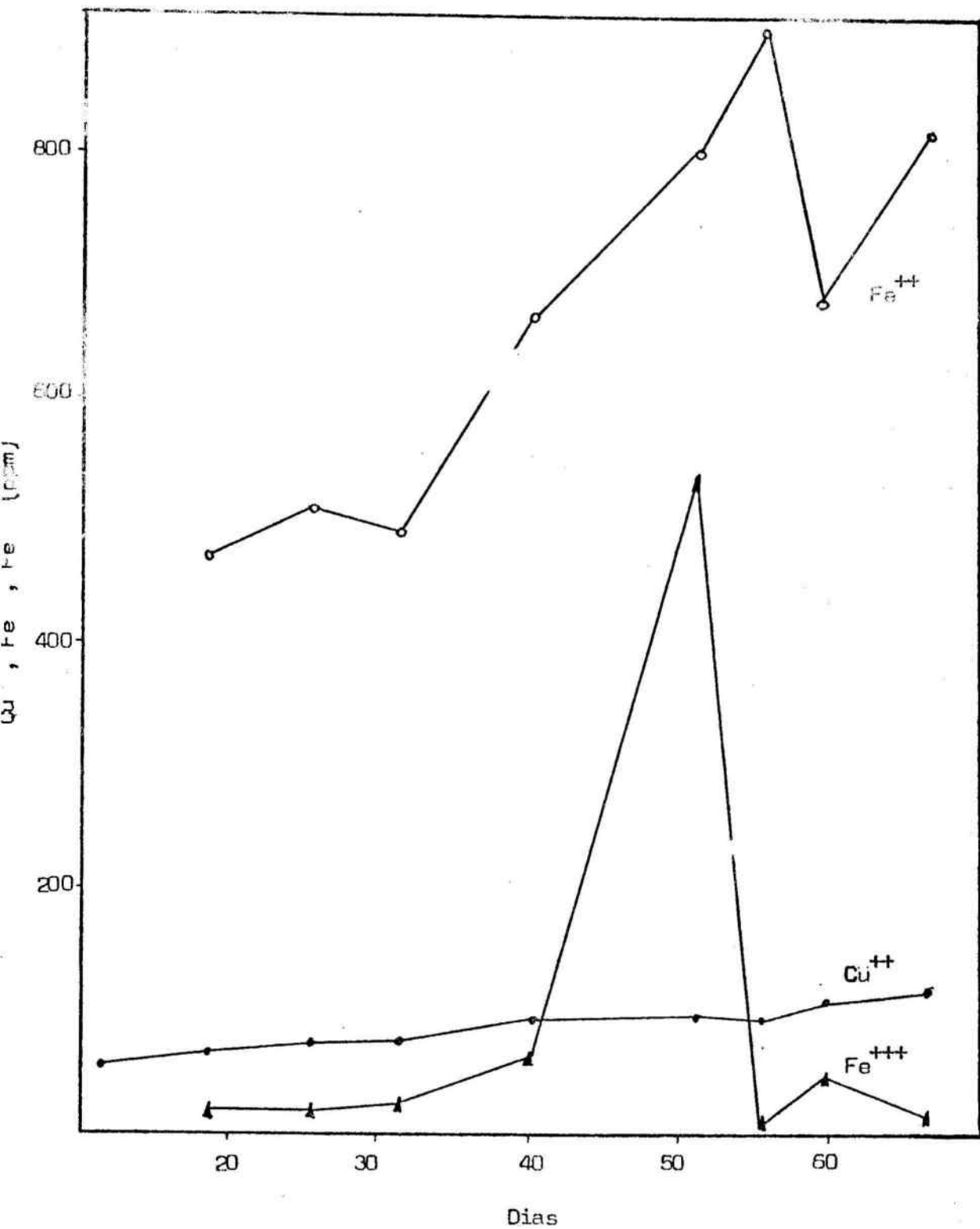


Fig. 3 - Coluna C, esterilizada com Panacyde. Evolução da concentração iônica de Fe<sup>2+</sup>, Fe<sup>3+</sup> e Cu<sup>2+</sup> na solução lixiviante. pH = 2.5.

a lixiviação ocorre por processo puramente químico. Após este período de incubação, as bactérias iniciam a oxidação do  $Fe^{++}$  a  $Fe^{+++}$ , cujo poder oxidante exercido na calcopirita aumenta a velocidade de lixiviação desta. Quanto a coluna A (fig.1), tem-se desde o início que a velocidade de lixiviação apresenta-se relativamente alta, embora a ação bacteriana seja ainda limitada. A maior concentração ácida neste caso, responsável pelo alto teor em  $Fe^{++}$  em solução desde o início, não acarretou, porém uma velocidade de lixiviação muito maior do que aquela da coluna B (pH = 2.5), obtida a partir do momento em que as bactérias iniciaram o trabalho de oxidação do  $Fe^{++}$  a  $Fe^{+++}$ .

Não foram feitas determinações do consumo de ácido, mas durante as ajustagens diárias de pH pode-se observar o grande consumo de ácido que acarretaria a lixiviação do minério a um pH = 1.8. Os resultados da coluna B (esterilizada) evidenciam a inviabilidade de lixiviação de sulfetos de cobre na ausência de bactérias, nas condições de temperatura e pressão usadas.

De um modo geral, o controle da atividade das bactérias, através do estabelecimento de condições adequadas de aeração, temperatura e concentração ácida pode ser um fator determinante na lixiviação de sulfetos.

Os nutrientes essenciais ao desenvolvimento das bactérias, tais como:  $CO_2$ , nitrogênio inorgânico, elementos traços etc., provêm do próprio minério ou do ar e nenhum esforço precisa, aparentemente, ser feito para acrescentá-los ao sistema.

#### AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Norman Le - Roux do Warren Spring Laboratory, onde foram realizados os experimentos descritos, pela orientação e estímulo.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Fletcher, A.W. - Metal winning from low-grade ore by bacterial leaching. Trans. I.M.M. 79, pp C 247 - 252, 1970.
2. Le - Roux, N.W. - Mineral Attack by Microbiological Processes, em Microbial Aspects of Metallurgy, Medical and Technical Publishing Company Ltd. Aylesbury, Inglaterra.
3. Moss, F.J. e Andersen J.E. - The effects of Environment on Leaching Rates. The Australian Institute of Mining and Metallurgy, Proceedings, 225, Março 1968, pp 15 - 25.
4. Silverman, M.P. e Lundgren, D.E. - Studies on the chemo-autotrophic iron bacterium *Ferrobacillus ferrooxidans*. J. Bact., 77, 642 - 647 (1969).