

Uso da lixiviação em pilha aplicada em pequenos empreendimentos a minérios e rejeitos contendo ouro

Arthur Lakschevitz Júnior *
Paulo Roberto Targa *

1. INTRODUÇÃO
2. TÉCNICAS DE LIXIVIAÇÃO DIRETA
3. PLANTA PARA 1000t/MÊS DE MINÉRIO CONTENDO 3g/t DE OURO
4. MICRO-UNIDADE
5. METODOLOGIA PARA A IMPLANTAÇÃO DA TÉCNICA DE LIXIVIAÇÃO EM PILHA

Resumo

O trabalho procura mostrar o potencial do uso da lixiviação em pilha, em pequenos empreendimentos, com minérios e rejeitos contendo ouro. Focaliza a metodologia a ser

seguida desde o levantamento de uma área potencial, a caracterização tecnológica do material, os testes de laboratório, de campo, e a implantação da unidade industrial. É feito também uma análise de custos envolvendo o estudo da área até a produção pela unidade industrial.

1. Introdução

A situação nacional compeliu nos últimos anos o ouro a preços inimagináveis a 15 ou 20 anos atrás. Como consequência, vem ocorrendo uma nova corrida para a descoberta de novas áreas e técnicas, aproveitando cada vez mais minérios de baixo teor e reavaliando materiais considerados até bem pouco tempo como rejeitos.

O aparecimento de um esforço tecnológico em processos extrativos, fez com que se destacasse um fato extremamente importante: uma parte significativa do ouro contido nos minérios tratados pelos métodos clássicos, em operações convencionais, era perdida por se encontrar finamente disseminado.

A principal solução encontrada foi o uso das técnicas de lixiviação direta, já conhecida há muito tempo, mas pouco empregadas até então por não se ter ainda desenvolvido adequadamente os carvões ativados e as membranas plásticas.

Essas técnicas do tipo, lixiviação em pilha, "Carbon in pulp", lixiviação em reservatório, hoje em dia largamente usados internacionalmente, permitem o aproveitamento de materiais contendo 1 g/t de ouro com investimentos proporcionalmente baixos.

No Brasil a chamada corrida do ouro ainda se encontra em uma fase preliminar em que na maioria das vezes as técnicas utilizadas são rudimentares, acarretando perdas consideráveis nos rejeitos, muito embora com uma produção economicamente viável.

Essa resistência às novas técnicas, se dá em função de uma tradição de extração por meio do garimpo tradicional ou de pequenas operações usando equipamentos simples mas nem sempre eficientes.

Existe uma crença generalizada que nas pequenas operações em ouro só se justificam o emprego dos métodos de separação física uma vez que processos de lixiviação direta exigiriam uma escala não compatível com a realidade econômica dos pequenos empresários.

No trabalho que ora apresentamos, pretendemos demonstrar a aplicabilidade de uma dessas técnicas (lixiviação em pilha) a pequenos empreendimentos de forma que com um pequeno investimento seja possível recuperar o ouro contido em uma determinada área de forma racional e econômica.

2. Técnicas de lixiviação direta

Embora existam linhas de pesquisa utilizando soluções amoniacais de tiosulfato de sódio, e soluções de tioureia, a extração do ouro por processos químicos está consagrada industrialmente na técnica de cianetação, que consiste na solubilização do ouro pela formação de um auro-complexo.

O presente trabalho apresenta uma avaliação técnica-econômica do uso da lixiviação em pilha e da adsorção do ouro em solução por carvão ativado.

Este tratamento justifica-se à minérios de baixo teor e rejeitos contendo ouro, tendo em vista o baixo investimento e altas taxas de extração.

Como técnicas de solubilização do ouro temos, além da lixiviação em pilha, a lixiviação em tanques agitados, e o processo conhecido como CIP ("Carbon in Pulp"), que associa solubilização com adsorção.

Com relação à recuperação do ouro contido nas soluções, existem dois métodos clássicos em utilização, bem como o uso ainda não generalizado de novas técnicas como a resina de troca-iônica.

Nas soluções contendo um teor de ouro mais elevado, é prática comum o uso do processo da cementação pelo pó de zinco.

A alternativa para soluções com baixo teor de ouro é o uso de adsorção em carvão ativado.

A seguir apresenta-se uma breve descrição das técnicas de lixiviação direta, bem como da recuperação do ouro da solução.

A. Lixiviação Direta.

- Lixiviação em tanques agitados.

A extração do ouro por cianetação é utilizado nos casos em que o metal se encontra tão finamente disperso que a concentração física se torna impraticável.

O primeiro estágio do processo consiste na dissolução do ouro através de lixiviação com solução alcalina de cianeto de sódio, cuja concentração em cianeto se situa, usualmente, em torno de 0,5 a 5 g de NaCN por litro.

A lixiviação em tanques agitados é utilizada com minérios de teor mais elevado. Algumas vezes após concentração física parcial, são moídos a granulometria bastante fina e submetida a lixiviações agitadas com injeções do ar. Dentro de uma gama de alternativas para a disposição dos tanques (nº de tanques, co-corrente, contra-corrente), a velocidade de solubilização é mais alta e a recuperação quase total de modo a compensar os maiores custos de equipamento e preparação do material.

- Lixiviação em pilha.

Através da análise do teor, e de outras características do minério, a lixiviação em pilha pode ser a técnica mais viável para o empreendimento.

Com minérios de baixo teor em que o tratamento de lixiviação agitada não se justificaria economicamente, tem se generalizado o método de lixiviação em pilha ("heap leaching").

Neste caso o minério é apenas britado e empilhado fazendo-se com que a solução de cianeto percole através do leito.

O ouro, agora solubilizado, deverá ser recuperado da solução seja pelo deslocamento com pó de zinco, seja pela adsorção com carvão ativado.

- "Carbon in Pulp",

Esta técnica bastante semelhante à lixiviação em tanques agitados, difere desta última pelo fato de que o carvão ativado, de granulometria superior a do minério, é contactado diretamente com a polpa de lixiviação.

Desta maneira, o onus de separar a solução de lixiviação da ganga mineral é eliminado: a

diferença granulométrica permite a separação do carvão e da lama.

B. Recuperação do Ouro.

Após a solubilização o ouro é recuperado da solução por três processos principais.

O processo mais tradicional de recuperação do ouro consiste na separação da solução contendo o metal da ganga mineral através de uma série de operações de decantação e/ou filtração, seguindo-se o deslocamento do ouro da solução pela adição de zinco em pó.

O diagrama de blocos da figura 1 apresenta o processo de cianetação compreendendo lixiviação (tanque agitado ou em pilha), decantação e precipitação do ouro com zinco em pó.

A adsorção do complexo auro-cianico na superfície do carvão ativado, seguindo-se uma remoção (dessorção) com solução de NaOH, é outra linha de processo para recuperar o ouro da solução de lixiviação. O diagrama de blocos da figura 2 focaliza o processo de cianetação compreendendo lixiviação (tanque agitado ou em pilha), adsorção em carbono ativado, dessorção e eletrodeposição.

A alternativa de resinas trocadoras de ions, embora de custos bastante mais elevados que as anteriores, é uma técnica que está sendo gradativamente otimizada e implantada (Africa do Sul e União Soviética).

Com um minério capaz de reagir com solução de cianeto e possuindo um baixo teor de outros metais, a técnica de resina de troca-iônica tem se mostrado bastante vantajosa, pois elimina-se o custo de recuperação da resina, maior que o custo de recuperação do ouro.

Figura 1 - Diagrama de blocos de um processo de cianetação compreendendo lixiviação, decantação e precipitação de ouro com zinco em pó.

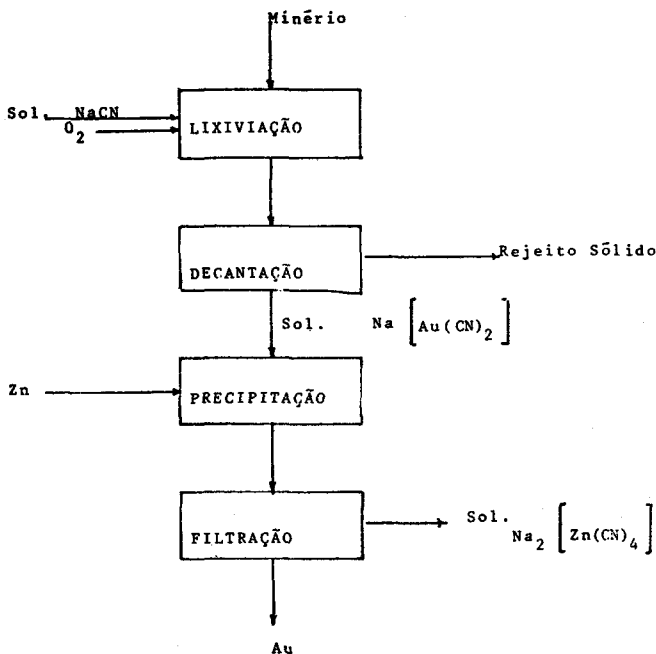
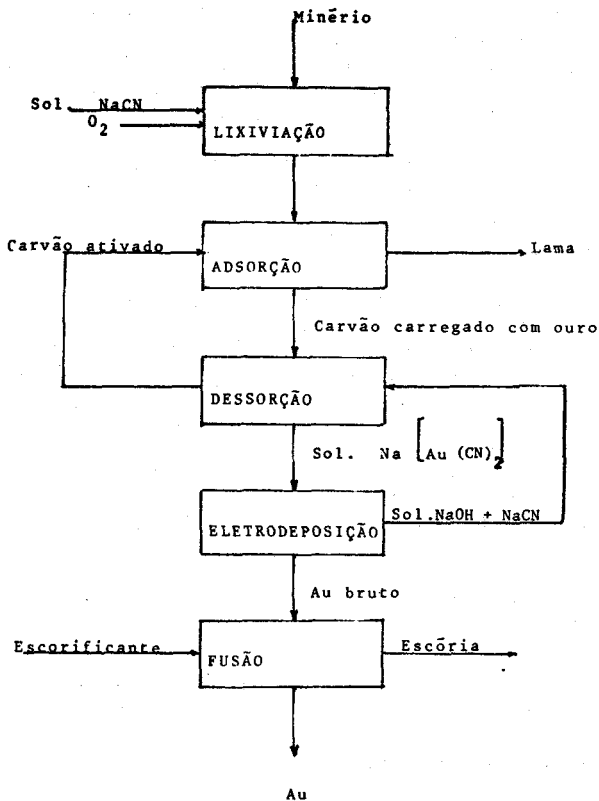


Figura 2 - Diagrama de blocos de um processo de cianetação compreendendo lixiviação, adsorção em carvão ativado, dessorção e eletrodeposição.



A solução de cianeto percola através de pilha escoando por gravidade para um depósito de solução, contendo ouro com um teor médio de 2,6 g/m³.

A solução contendo ouro é então bombeada continuamente através de 4 torres contendo carvão ativado, que absorve o ouro limpando a solução, que é recolhida em outro depósito voltando por bombeamento a pilha em operação.

Dependendo do tipo de material, o ciclo de extração pode variar de 1 semana a 2 ou 3 meses.

Quando todo o ouro é extraído, a pilha é considerada extinta, transferindo-se as tubulações de aspersão, para uma nova pilha.

O carvão carregado a uma taxa de 6 g de ouro por kg de carvão, é transferido para colunas de dessorção onde o ouro é novamente transferido para uma solução de NaOH a 1%.

Essa solução alimenta a cuba eletrolítica, onde o ouro se deposita nos catodos de lâ de aço, retornando a solução limpa para novo processo de dessorção.

O carvão descarregado do ouro é reativado e retorna as torres de dessorção.

Desta forma, o processo trabalha em dois ciclos fechados, minimizando as perdas de solução e conseqüentemente de reagentes.

O ouro é depositado nos catodos de lâ de aço até uma taxa de 500 g por catodo, retirando-se um catodo por semana.

3. Planta para 1000t/mês de minério contendo 3g/t de ouro

Para se compreender a viabilidade de um pequeno empreendimento, escolheu-se uma unidade capaz de lavar 40 t/dia de minério com um teor de 3 g/t de ouro.

Esse tipo de planta se qualificaria como sendo um pequeno projeto, contendo relativamente pouco ouro.

Se fosse considerada uma recuperação de 80%, a produção mensal de ouro seria de 2.400 g correspondendo a um faturamento de Cr\$ 43,2 milhões (ouro a Cr\$ 18.000,00/g).

3.1. Processo

Para efeito de exemplo, o minério superficial seria lavrado a céu aberto e passado em britadores de forma que todo o material ficasse abaixo de 3/4".

Em seguida esse material seria transportado para um local previamente preparado e impermeabilizado onde seria empilhado, formando pilhas de 2000 t (aproximadamente, 27 m x 9 m com 3 m de altura).

O processo de lixiviação em pilha se inicia aspergindo uma solução alcalinizada contendo 0,1% de NaCN a uma vazão de 1,3 m³/h.

3.2. Equipamentos

Uma planta de lixiviação em pilha, como imaginada, por se tratar de um processo com parâmetros de controle bastante flexíveis, pode ser construída de uma forma bastante simples quando se pensa em uma mini-planta.

Setores como laboratório de controle, manutenção, administração podem ser reduzidos a um mínimo necessário de forma a limitar o investimento à construção da planta.

Equipamentos principais

a - Pilhas

Para a preparação da pilha seria necessário uma terraplanagem e compactação do solo de uma área de 2.400m² necessários a uma operação durante 1 ano.

Seria necessário ainda 900 m² de lençol plástico para ser aplicado sobre o piso como material impermeável.

b - Depósitos

Os depósitos de solução nova e existente seriam construídos no próprio terreno com capacidade para 30m³ de solução, revestidos com o mesmo lençol plástico usado para a pilha.

c - Torres de Adsorção e de Dessorção

Seriam necessárias 4 torres de adsorção

de 0,5 m de diâmetro e 2 m de altura, 2 torres de dessorção de 0,80 m de diâmetro e 3 m de altura.

d - Cuba Eletrolítica e Retificador

Seria necessário uma cuba eletrolítica com 4 catodos e 250 litros de volume e um retificador de 1 KVA de potência.

3.3. Investimento

Os investimentos estimados para uma unidade de 1000 t/mês incluiriam:

- Prédios de processo.
- Captação de água.
- Drenagem.
- Terraplanagem.
- Revestimentos para pilhas e depósitos.
- Cercas.
- Equipamento principal.
- Distribuição de energia elétrica.
- Equipamentos básicos para infra-estrutura e para laboratório.

Não foram incluídos, por ser de função muito específica.

- Equipamentos para lavra.
- Equipamentos para britagem.
- Equipamentos para oficina mecânica, ambulatório, etc...

Foram também considerados as despesas de mão-de-obra e materiais para montagem e as despesas com projeto, treinamento de pessoal, fretes, seguros, taxas e impostos.

A preços nos níveis de março de 1984, o investimento para uma planta de 1000 toneladas seria de Cr\$ 150.000.000,00.

3.4. Custo operacional

Considerando consumos médios de reagentes, seria possível produzir ouro a um custo de cerca de 260 US\$/Oz ou seja a cerca de Cr\$ 10.800,00/g a preços de março de 84.

Nesse caso foram incluídos custos médios de lavra a céu aberto e britagem a -3/4".

3.5. Rentabilidade

Considerando-se que o minério contém 2,4 g de ouro recuperável por tonelada de minério, a produção mensal seria de 2.400 g de ouro, o que significaria um faturamento de 43,2 milhões de cruzeiros (Cr\$ 18.000,00/g ouro), comparado com um custo de produção de Cr\$ 10.800,00/g ouro.

4. Micro-unidade

Apenas como exercício, seria interessante examinar a possibilidade de um micro empreendimento.

Esse empreendimento se constituiria em uma associação de 4 pessoas que contaria com o suporte de 1 ou 2 ajudantes.

O grupo transportaria para a área onde seria montada a pilha, um minério de fácil exploração ou um rejeito a uma taxa de 8 toneladas diárias. A superfície deveria estar previamente preparada, plana e impermeabilizada.

Considerando-se um teor de 2,5 g de ouro por tonelada de minério ou rejeito e uma recuperação mais baixa de 70%, seria possível extrair 14 g de ouro por dia de trabalho, operando-se a unidade de 8 h/dia.

Uma unidade desse tamanho, não comportaria nem a unidade de dessorção do ouro, e nem eletrólise, que poderiam ser feitas em uma planta central de maior porte.

A pilha da micro planta, seria construída em uma área de 150m² (10 X 15 m) onde seria montada em um período de 3 meses tendo 2,5 m de altura e contendo 600 toneladas de material.

Dois pequenas moto-bombas seriam responsáveis pelo fluxo de solução (900 l/h) durante 8 horas, através da pilha e de 3 pequenas torres de adsorção contendo cada uma 10 kg de carvão ativado.

As torres seriam feitas de tubo de PVC de 6" tendo 1 m de altura.

Conforme mencionado anteriormente, uma vez carregado, o carvão seria transportado para uma unidade dotada de unidade de dessorção e eletrólise.

Considerando uma produção de 350 g mensais de ouro a um preço de venda de Cr\$ 14.000,00/g, a micro empresa faturaria, Cr\$ 5 milhões mensais.

O investimento necessário, incluindo-se as despesas com os reagentes necessários ao início de operação, seria de ordem de Cr\$ 3 a 4 milhões.

Essa quantia se destinaria a despesas com terraplanagem, aquisição de lençol plástico, moto-bombas, tubos de PVC e pequenos materiais além dos gastos referentes a mão-de-obra de montagem e reagentes para partida.

Com relação a custos operacionais, considerando que não houvesse o setor de dessorção e eletrólise, estima-se o custo mensal em Cr\$ 3 milhões, sendo aproximadamente 40% destinado a compra de reagentes e 60% para o pagamento de mão-de-obra direta e pequenos serviços de manutenção.

Com esses custos, uma área contendo 15.000 t de rejeitos permitiria em potencial a implantação de uma micro unidade rentável, dentro do espírito de uma micro empresa.

Para que uma idéia como esta possa se transformar em algo prático seria necessário no entanto que além das condições óbvias de existência da área (rejeito ou pequena mina) e da micro empresa, o empreendimento recebesse o suporte técnico inicial de implantação e um acompanhamento durante a operação, incluindo-se aí o controle analítico da operação.

5. Metodologia para implantação da técnica de lixiviação em pilha

As técnicas modernas de extração de ouro, se bem que efetivas, não se constituem em solução universal para o tratamento de qualquer minério.

Existem restrições, que precisam ser avaliadas criteriosamente através de uma série de ensaios determinantes da efetividade do processo.

A metodologia proposta, evita dispendios desnecessários, através da execução de uma série de ensaios de complexidade crescente que permite a cada fase prosseguir em um teste seguinte na medida que os resultados continuam sendo encorajadores.

A seguir expõe-se uma metodologia básica para a realização de um projeto.

5.1. Coleta de informações

A coleta de informações se caracteriza como um pré-requisito para que se inicie um investimento em um projeto para ouro.

Nesta coleta de informações, deverão ser identificados:

- área (localização, facilidade de infraestrutura, etc...)
- Tipo de operação (rejeito, mina abandonada, lavra em operação).
- Tamanho de mina (reserva conhecida e reserva potencial).

5.2. Análise química e caracterização tecnológica

Na etapa seguinte deveria se realizar uma amostragem típica onde seriam feitas a análise química, análise granulométrica e uma caracterização objetivando reconhecer os minerais presentes principais e associações com o ouro.

5.3. Teste de tratabilidade

O teste de tratabilidade feito com 10 kg de material tem como objetivo determinar se a técnica de lixiviação em pilha se aplica ao material que está sendo tratado.

Esse teste é realizado em 72 horas e permite definir em linhas gerais qual será a recuperação esperada e antecipar algum consumo exagerado de reagentes.

5.4. Teste de percolação de laboratório

Uma vez que os resultados do teste de tratabilidade sejam positivos realiza-se um novo teste com cerca de 25 a 30 kg de material em mini-colunas.

Nesse teste podem ser definidos com mais precisão o consumo de reagentes e antecipar problemas com granulometria (finos).

Os resultados desse teste apresentam suficiente precisão para a elaboração se necessário de um primeiro perfil econômico do empreendimento, permitindo estimar o custo básico de produção do ouro.

5.5. Teste de coluna

Normalmente o teste de coluna só é realizado, quando existe uma decisão de se implantar o projeto industrial.

O teste é conduzido em algumas colunas contendo cada um entre 100 a 300 kg de material, de forma a retirar os dados necessários a execução do projeto básico industrial.

Esse teste dura aproximadamente entre 2 a 4 meses e define claramente não só o grau de extração, o ciclo de extração e o consumo de reagentes, mas também os outros parâmetros necessários a execução do projeto.

5.6. Projeto

Como última etapa antes da implantação industrial, é realizado em diversos níveis de detalhamento em função do tipo do empreendimentos.

Deve-se frisar no entanto que a execução de um projeto feito com os devidos cuidados evita especialmente nesse tipo de processo, problemas durante a operação comercial da unidade.

As etapas apresentadas, podem ser mais ou menos detalhadas e até mesmo suprimidas em função do tipo e tamanho do empreendimento.

Pequenas plantas podem ter parte dos ensaios reduzido, assim como um projeto simplificado compatível com o investimento a ser efetuado.