

CARACTERIZAÇÃO DE REJEITO DA MINERAÇÃO DE OURO POR MEIO DO USO DE EXTRAÇÕES SEQUENCIAIS

Pedro Kuhlmann Brandão

Aluno de Graduação de Engenharia Química 6º período
Universidade Federal do Rio de Janeiro
Período Estágio/CETEM: Setembro de 2017 a julho de 2018,
kuhlmann.pedro@gmail.com

Zuleica Carmen Castilhos

Orientador, Bioquímica, D.Sc.
zcastilhos@cetem.gov.br

Daniel Alves Barcelos

Coorientador, Licenciado em Química
danielbarcelos@gmail.com

RESUMO

O ouro (Au) ocorre mais comumente em seu estágio elementar e como ligas, particularmente com prata. Também no retículo cristalino da pirita (FeS_2), arsenopirita (FeAsS) e calcopirita (CuFeS_2). O resíduo a ser estudado é oriundo de um processo de beneficiamento que envolve nove etapas. As barragens de rejeitos do processamento mineral do Au podem ser fontes de contaminação ambiental por contaminantes de toxicologia importante como arsênio, chumbo e cádmio. A caracterização do minério e dos rejeitos é essencial, uma vez que interfere na estabilidade/mobilidade de contaminantes. Os metais de interesse foram analisados quantitativamente pela técnica Espectrometria de Emissão Óptica por Plasma Indutivamente Acoplado (ICP OES). O método de extração sequencial permite compreender a associação entre as frações e o elemento de interesse nos mais diversos tipos de matrizes sólidas. Essa pesquisa estudou uma amostra residual da etapa de cianetização do processamento do ouro utilizando a extração sequencial fundamentada por Tessier. Visando compreender as características da liberação desses elementos tóxicos (principalmente Chumbo e Cádmio) potencialmente disponíveis no meio ambiente. Os resultados obtidos por esse trabalho apontam para um elevado potencial de contaminação do meio ambiente.

Palavras chave: Ouro, metais pesados, Extrações sequenciais.

ABSTRACT

Gold occurs more commonly at its elementary stage or as alloys, particularly with silver. It can also appear associated with sulphide minerals as pyrite (FeS_2), arsenopyrite (FeAsS) or chalcopyrite (CuFeS_2). The tailing objective of this study is from the process of gold processing which involves nine steps. The dams of tailings from the mineral processing of Au could be sources of environmental contamination by elements of toxicity relevance as arsenic, lead and cadmium. The characterization of mineral and its tailings are essential, once it interferes on the stability/mobility of the contaminants. The metals of interest were analyzed quantitatively by the technique Inductive Coupled Plasma with Optical Emission Spectrometry (ICP OES). The method of sequential extraction allows to understand the association between each fraction and the element of interest on different types of solid matrices. This research studied a sample of tailing from the cyanidation step of the gold processing using a sequential extraction substantiated by Tessier. Aiming to understand the characteristics of the liberation of toxic elements (mainly lead and cadmium) potentially available to contaminating the environment. The result obtained at this study leads to a higher potential of contamination to the environment.

Key Words: Gold, Toxic Metals, Sequential Extraction.

1. INTRODUÇÃO

Em termos mineralógicos o ouro aparece em diferentes formas na natureza; mais comumente em sua forma elementar (livre) ou como ligas, sendo com a prata a mais importante, mas também com o cobre, platina, mercúrio e outros. Uma segunda forma de ocorrência é através da associação a minerais sulfetados, principalmente, em pirita (FeS_2), arsenopirita (FeAsS) e calcopirita (CuFeS_2) (SILVA et al., 2017). Após o processo de extração do ouro na mina, o ouro é submetido a uma série de etapas visando a sua separação dos minerais de ganga. Dentre esses processos, destacam-se o de flotação e onde cianetação, pelo uso de reagentes químicos capazes de alterar a forma das espécies no meio reacional, bem como de concentrar elementos de toxicidade importante, como arsênio e chumbo. Esses processos geram grande quantidade de rejeitos que são depositados em áreas denominadas barragens. Recentemente, com o desastre ocorrido em Mariana no ano de 2015, ocasionado pelo rompimento de uma barragem de rejeitos, tem crescido o interesse pela caracterização e avaliação da biodisponibilidade desses elementos tóxicos nessas áreas.

Com o objetivo de avaliar a biodisponibilidade e a associação dos elementos em sólidos, utilizam-se métodos de extrações sequenciais. Desde o primeiro trabalho realizador por Tessier (TESSIER; CAMPBELL; BISSON, 1979) utilizado para analisar as associações de metais em sedimentos marinho, muitas tem sido as aplicações desses protocolos para avaliar: resíduos eletrônicos, resíduos de curtume, solos, entre outros. Cada fase dessas extrações visa simular uma condição ambiental como ambientes redutivos e oxidativos, além de variações de pH simulando chuvas ácidas.

Nesse estudo foi analisado o resíduo proveniente da etapa de cianetação do processo de mineração de ouro utilizando o método de extrações sequenciais Tessier.

2. OBJETIVOS

Esta pesquisa teve como objetivo avaliar quantitativamente, utilizando um método de extrações sequências, a concentração de elementos tóxicos, avaliando a associação desses elementos as diferentes fases. São eles, arsênio, cádmio, chumbo, cromo, selênio e zinco. O método de extrações sequenciais utilizado foi descrito por (TESSIER; CAMPBELL; BISSON, 1979).

3. METODOLOGIA

No que diz respeito a extração sequencial usada, ela é separada em 5 fases. Após a retirada da fase aquosa ao final de cada extração, o sólido resultante foi lavado e submetido a fase seguinte. A seguir são descritas as fases do método e seus respectivos reagentes (MERK):

- Fase Trocável: Cloreto de Magnésio (MgCl_2 ; pH 7) como extrator
- Fase ligada a Carbonatos: Acetato de Sódio ($\text{CH}_3\text{COO}^-\text{Na}^+$; pH 5) como extrator
- Fase Ligada a óxidos de Fe-Mn: Cloridrato de Hidroxilamina ($\text{NH}_2\text{OH.HCl}$; em 25% CH_3COOH) como extrator
- Fase ligada a Matéria Orgânica: Mistura de Ácido Nítrico (HNO_3) com peróxido de hidrogênio (H_2O_2) a pH 2 sobre aquecimento seguida por adição de acetato de amônio ($\text{CH}_3\text{COO}^+\text{NH}_4$) para evitar que o analito se adsorva ao sólido após a oxidação.
- Fração Residual: Devido à natureza da amostra de trabalho, essa última etapa não corresponde ao que foi descrito pelo protocolo Tessier. Foram adicionados 15mL de HF em becker de teflon sendo levado até a secura em placa de aquecimento. Então foram adicionadas alíquotas de 10/10/5 mL dos ácidos: HCl, HNO_3 e HClO_4 , respectivamente, novamente levados ao aquecimento até a quase secura. Finalmente o restante foi retomado com HNO_3 e avolumado para um balão de 50mL.

As extrações foram realizadas com 1 g de amostra de rejeito de cianetação, previamente amostrada e que representa um ponto de coleta da barragem de rejeito da mineração, em tubos tipo *Falcon* de 50 mL em triplicata e foram retiradas as fases após consecutivas agitações a 300

r.p.m com o auxílio de uma mesa agitadora orbital Nova técnica modelo NT 155 e centrifugação de 45 min. a 7.000 r.p.m.

Após todas as extrações sequenciais realizadas foram feitas análises quantitativas da fase aquosa por Espectrometria de Emissão Óptica por Plasma Indutivamente Acoplado (ICPOES) para o elemento arsênio (As), cádmio (Cd), chumbo (Pb), cromo (Cr), selênio (Se), zinco (Zn).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise estatística dos resultados referentes ao teor dos elementos contidos na fase aquosa, após cada etapa de extração sequencial, podem ser visualizados na Tabela 1. Os cálculos do desvio padrão relativo mostraram valores abaixo de 15% (com exceção da quantidade de Pb presente na fração residual) demonstrando a concordância dos resultados.

Tabela 1. Teor, médias e desvios obtidos para os elementos analisados (n=3) por ICP OES após a extração sequencial.

Identificação	As	Pb	Zn	Cr	Se	Cd
	mgKg ⁻¹					
Fase 1	<0,02	31,8±1,3	38,5±2,3	1,23±0,06	<0,02	6,37±0,35
Fase 2	<0,02	17.300± 2.348	567,4±37,3	2,67±0,06	<0,02	8,0±0,80
Fase 3	<0,02	9.517±982	687,3±26,6	5.103± 506	<0,02	20*
Fase 4	<0,02	2.303± 89	1.570±119	5,40*	9,6±0,6	19,3±1
Fase 5	<0,02	3.344 ±950	7.109±482	5.206±698	<0,02	72,6±3,4

Legenda: **Fase 1** (Trocável); **Fase 2** (Ligada a Carbonatos); **Fase 3** (Ligada a Óxidos de Fe-Mn); **Fase 4** (Matéria Orgânica); **Fase 5** (Residual).

<0,02 – Abaixo do LD.

* Os resultados não apresentaram desvio padrão por não terem sido quantificados pela técnica de ICP OES.

Para os elementos analisados as suas concentrações toleráveis no solo para uso agrícola pela Environmental Protection Agency – EUA mostra que o teor de Cd é em média 10 vezes maior do que a permitida. O teor de Pb é em média 6 vezes maior do que a dose considerada fitotóxica, podendo chegar a ser 24 vezes maior na fase ligada a carbonatos.

Após a investigação dos resultados observam-se teores elevados dos elementos analisados baseado em dados de agências de segurança e controle, o que indica que o mesmo pode ser nocivo ao meio ambiente.

5. CONCLUSÕES

De acordo com os resultados observa-se o nível de toxicidade da amostra baseado nas concentrações toleráveis no solo para o uso agrícola pela *Environmental Protection Agency* – EUA. A metodologia da extração sequencial utilizada se aproxima da realidade caso o material seja disposto no meio ambiente, uma vez que, minerais sulfetados podem sofrer oxidação e gerar ácidos que podem realizar um processo de lixiviação no próprio espaço da disposição terrestre.

6. AGRADECIMENTOS

É de suma importância agradecer aos meus orientadores e coorientadores, Fernanda Arruda Nogueira, Fernanda Veronesi, Zuleica Castilhos (Orientadora e financiadora do projeto) e Daniel Alves Barcelos, por todo apoio e orientação. No meu primeiro trabalho científico,

gostaria de agradecer também a meus pais por terem financiado minha educação e permitido que eu atingisse o lugar que me encontro hoje e meus amigos que me acompanham diariamente nessa jornada e sempre me apoiam em continuar a fazer o que realmente gosto.

Gostaria de agradecer ao CETEM, por todo apoio institucional e de funcionários que auxiliaram a realização desse trabalho, em especial aos funcionários da COAM e do LEMA, onde os experimentos foram realizados.

Agradeço também ao CIEE pela oportunidade concedida através estágio.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AL-WABEL, M.I.; et. al. Effect of sewage sludge on some chemical properties of calcareous sandy soils. *Commun Soil Sci Plant Anal*, v. 29, p. 2713-24, 1998.

ENVIRONMENT PROTECTION AUTHORITY OF VICTORIA. Guidelines for the disposal of wastewater on land irrigation. Melbourne (Publication, 168). 1983.

WILLIAMS, J.H. Use of sewage on agricultural land and the effects of metal on crops. *Water Pollut Control*, v. 74, p. 635-44, 1975.

SILVA, V.P.R.; PASSOS, F.A.C.M.; DOMINGOS, L.M.B.; FARIA, R.B.; CASTILHOS, Z.C.; SILVA, F.A. N. G. Technological Characterization of Waste from Gold Mining Dam. In: *The Minerals, Metals & Materials Series*. 1ed.: Springer International Publishing, 2017, v. 1, p. 269-278.

TESSIER, A.; CAMPBELL, P.G.C.; BISSON, M. Sequential extraction procedure for the speciation of particulate trace metals Sequential Extraction Procedure for the Speciation of Particulate Trace Metals. *Analytical Chemistry*, [s. l.], v. 51, n. 7, p. 844-851, 1979.