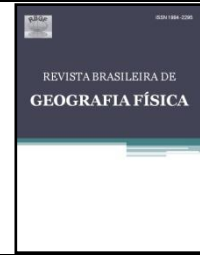




# Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: [www.ufpe.br/rbgfe](http://www.ufpe.br/rbgfe)



## Teores de As, Cd e Pb em solos e sedimentos de áreas de garimpo de ouro nos municípios de Pontes e Lacerda e Nova Lacerda, Vale do Alto Guaporé, MT

Sebastião dos Santos<sup>1</sup>, Maria Aparecida Pereira Pierangeli<sup>2</sup>, Áurea Regina Alves Ignácio<sup>3</sup>, Célia Alves de Souza<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Professor M.Sc. da SEDUC/Cáceres-MT - Curso Técnico em Meio Ambiente – Autor correspondente: Email: [moringa\\_03@hotmail.com](mailto:moringa_03@hotmail.com), <sup>2</sup> Professora Dr<sup>a</sup> Eng<sup>a</sup> Agrônoma. UNEMAT - Departamento de Zootecnia - Campus de Pontes e Lacerda - Email: [mappierangeli@gmail.com](mailto:mappierangeli@gmail.com), <sup>3</sup> Professora Dr<sup>a</sup> Bióloga. UNEMAT - Departamento de Biologia - Cáceres - Email: [aurea@unemat.br](mailto:aurea@unemat.br), <sup>4</sup> Professora Dr<sup>a</sup> Geógrafa. UNEMAT - Departamento de Geografia - Cáceres - Email: [celialvesgeo@globocom](mailto:celialvesgeo@globocom)

Artigo recebido em 21/06/2016 e aceito em 19/10/2016

### RESUMO

Os solos funcionam como fonte ou dreno de elementos traço (ETs) no ambiente. O estudo foi realizado em três áreas de garimpo de ouro na região do Alto Guaporé, nos municípios de Pontes e Lacerda e Nova Lacerda, sudoeste do estado de Mato Grosso, tendo como finalidade avaliar a concentração de As, Cd e Pb em sedimentos e solos em duas profundidades de 0-20 e 20-40 cm. Os ETs foram determinados em forno de grafite após extração ácida conforme método USEPA SW-846-3050. Os resultados das análises de solo foram comparados com a resolução da CETESB nº 195/2005 e de sedimentos com CONAMA nº 344/2004 e CCME-EPC 1999. Os teores médios de ETs encontradas nos sedimentos foram (As 0,413; Cd 0,021; e Pb 1,618 mg kg<sup>-1</sup>) no garimpo da Lavrinha; (As 1,343; Cd 0,037; e Pb 3,198 mg kg<sup>-1</sup>) no garimpo Pau a Pique; e (As 1,093; Cd 0,020; e Pb: 2,060 mg kg<sup>-1</sup>) na mineração São Francisco. Nos solos os teores médios foram de (As 0,772; Cd 0,017 e Pb 2,515, mg kg<sup>-1</sup>) no garimpo da Lavrinha; (As 2,579; Cd 0,021 e Pb 4,373 mg kg<sup>-1</sup>) no garimpo Pau a Pique; e (As 0,920; Cd 0,018 e Pb 3,198 mg kg<sup>-1</sup>) na mineração São Francisco. Os valores encontrados de As, Cd e Pb nos solos e sedimentos dessas áreas estão abaixo dos valores de referência, de acordo com as legislações brasileira e canadense.

Palavras-chave: Contaminação ambiental, elementos-traço, metal pesado, catreado.

## Levels of As, Cd and Pb in soils and sediments from gold mining areas in the municipalities of Pontes e Lacerda and Nova Lacerda, in the Vale do Alto Guaporé, (Valley of the High Guaporé), MT

### ABSTRACT

Soils act as source or drain of trace elements (ETs) in the environment. The study was conducted in three areas of gold mining in the Valley Region of Guaporé, in the counties of Nova Lacerda and Pontes e Lacerda, in the southwestern part of the state of Mato Grosso, having the purpose of assessing the concentration of As, Cd and Pb in sediments and soils at two depths of 0-20 and 20-40 cm. The trace elements (ETs) were determined in graphite furnace after acid extraction according to USEPA SW-846-3050. The soil analysis results were compared with the resolution of CETESB nº. 195/2005 and the sediments with CONAMA 344/2004 and CCME EPC-1999. The average contents of trace elements (ETs) found in sediments were (As 0,413; Cd 0,021; Pb 1.618 mg kg<sup>-1</sup>) in the Lavrinha mine; (As 1,343, 0,037 Cd, Pb and 3.198 mg kg<sup>-1</sup>) in the Pau a Pique mine; and (As 1,093; Cd 0,020 and Pb: 2,060 mg kg<sup>-1</sup>) in the São Francisco mine.. The average contents in soils were (As 0,772; Cd 0,017 and Pb 2,515 mg kg<sup>-1</sup>) in the Lavrinha mine; (As 2,579; Cd 0,021; and Pb 4,373 mg kg<sup>-1</sup>) in the Pau a pique mine and (As 0,920; Cd 0,018, and Pb 3,198 mg kg<sup>-1</sup>) in the São Francisco mine. The values of As, Cd and Pb in soils and sediments of these areas are below the reference values, according to the Brazilian and Canadian laws.

Keywords: Environmental contamination, trace-elements, heavy metal, “caters” (mining pools).

## Introdução

Os solos, assim como as rochas, são fontes naturais de elementos-traço (ETs), mas as atividades de mineração podem elevar a concentração de ETs (Azevedo e Chasin, 2003; Borba et al., 2004; Guilherme e Marchi, 2005; Cotta et al., 2006; Loredó et al., 2006 e Siqueira et al., 2006) no ambiente. Solos e sedimentos com maiores concentrações de argilas, pH na faixa de 5,5-6,5 (Pierangeli et al., 2001) e maiores teores de matéria orgânica conseguem reter esses elementos mais fortemente, diminuindo sua mobilidade, pois essas condições propiciam o aumento de sítios de cargas negativas onde os metais são adsorvidos (Slagle et al., 2004; Muniz e Oliveira-Filho, 2006; Siqueira et al., 2006). Uma característica importante dos ETs é que eles não se degradam pela ação das bactérias, podendo persistir por um longo período no ambiente (Kabata - Pendias e Pendias, 2001; Guo et al., 2006).

No solo o Pb é encontrado com níveis mais elevados geralmente onde há um tráfego intenso de veículos e próximo de fábricas, em especial as de baterias de chumbo e essa concentração acima do permitido pela legislação pode colocar em risco o ambiente (Larini, 1997; Duarte e Pascoal, 2000). O chumbo pode ser depositado em ambientes aquáticos a partir de fontes naturais, deposição atmosférica, lixiviação do solo e atividades antropogênicas (incluindo atividades de mineração), compartimentalizando-se rapidamente entre o sedimento e a fase aquosa (Guilherme et al., 2005). Dependendo do pH e da composição química do meio, uma fração significativa pode ser carregada pelas águas (Alloway e Ayres, 1994; Azevedo e Chasin, 2003).

Pela exposição das rochas nas áreas de mineração ao intemperismo pode ocorrer o aumento da disponibilidade do Arsênio para o solo e sedimentos podendo ser transportados para áreas distantes pelas águas (Albertini et al., 2007 e Pereira et al., 2009). No Brasil são relatados teores médios de As de 38 mg kg<sup>-1</sup> (Marques *et al.*, 2002) em solos da região dos Cerrados e 2,47-101,13 mg kg<sup>-1</sup> em solos da região sudoeste do estado de Mato Grosso.

O processo de dragagem das águas residuais nas minas contribui junto com outras fontes antrópicas de contaminação dos solos e sedimentos por Cádmiio, porém a argila funciona como tampão e meio para metilação por bactérias

disponibilizando para o ambiente (Azevedo e Chasin, 2003; Guilherme e Marchi, 2005). Mas apresenta baixa capacidade de migração para as camadas inferiores (Floss et al., 2010). Em estudos recentes foram avaliadas as concentrações de elementos-traço em solos da região do Vale do Guaporé por (Pierangeli et al., 2009).

Como os elementos-traço estão presentes na natureza, foram estabelecidos níveis de referências e alerta pela legislação brasileira. Para sedimento superficial seco, nível 1 a ser dragado de água doce a resolução CONAMA 344/2004 estabelece níveis máximos de: 5,1; 0,6; e 35 mg kg<sup>-1</sup> para As, Cd e Pb, respectivamente. No entanto, a CCME EPC (1999) do Canadá, estabelece para sedimentos níveis seguros de 5,9 mg kg<sup>-1</sup> para As e 0,6 mg kg<sup>-1</sup> para Cd. A Companhia de Saneamento Básico de São Paulo (CETESB) através da resolução CETESB nº 195/2005 estabelece níveis de referência de qualidade para os solos onde as concentrações máximas são: As 3,5 mg kg<sup>-1</sup>, Cd, 0,5 mg kg<sup>-1</sup> e Pb 17 mg kg<sup>-1</sup>. Em termos de Brasil, a resolução CONAMA 420/2009 (BRASIL, 2009) propõe valores regulatórios gerais para solos, sendo os valores de prevenção para As, Cd e Pb iguais a 1,3; 15; e 72 mg kg<sup>-1</sup>, respectivamente. Com relação aos valores de qualidade essa resolução estabelece que cada estado da federação deve estabelecer os seus próprios valores através de pesquisas e estudos de determinação de ETs e outras substâncias em solos não contaminados ou já antropizados.

Dessa forma o objetivo desse estudo foi determinar os teores de As, Cd e Pb em áreas de antigos garimpos de ouro nos municípios de Pontes e Lacerda e Nova Lacerda, sudoeste do estado de Mato Grosso.

## Material e métodos

No município de Pontes de Lacerda estão localizados os garimpos de Pau a Pique, localizado nas coordenadas geográficas: 14°50'04,2" S e 59°39'10,1" W e garimpo da Lavrinha localizado nas coordenadas geográficas: 15°20'12,5" S e 59°12'27,8" W e em Nova Lacerda na mineração São Francisco localizada nas coordenadas geográficas 15°30'32,1" S e 59°08'44,7" W. Ambos os municípios estão localizados no sudoeste do estado de Mato Grosso, micro região de Alto Guaporé. (Figura 1).

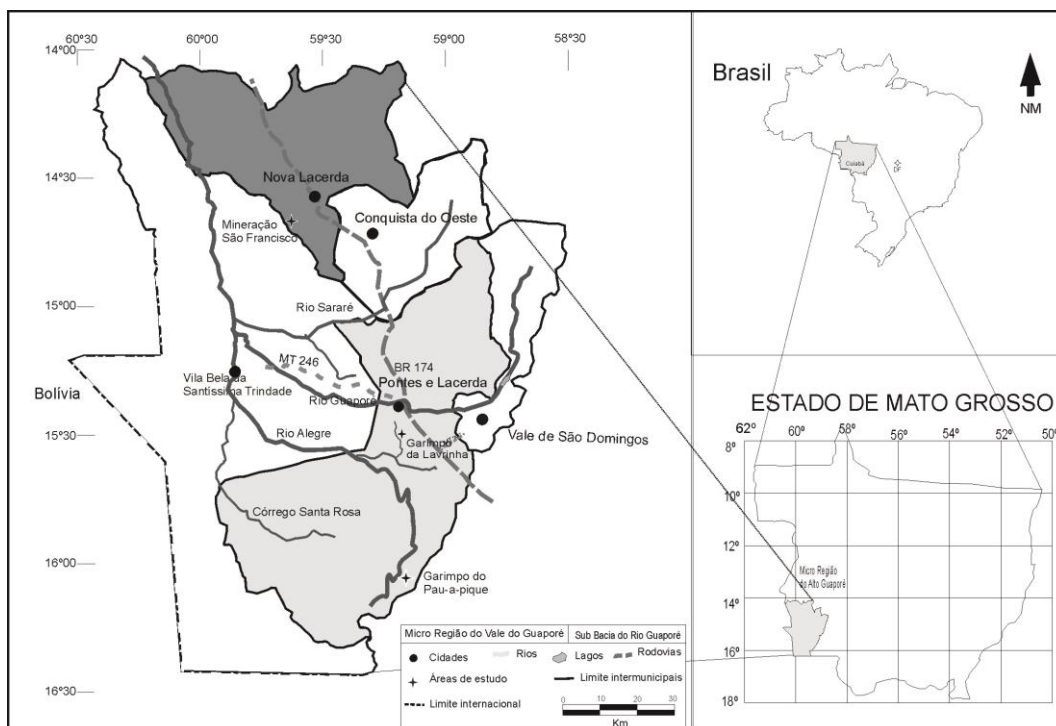


Figura 1 - Localização dos municípios de Pontes e Lacerda e Nova Lacerda - Micro Região do Alto Guaporé, sudoeste do estado de Mato Grosso.

As áreas dos garimpos de Pau a Pique e Lavrinha são ocupadas por pequenos sítios com criação de animais domésticos, pomares e pequenas roças, nas áreas mais acidentadas são

cultivadas gramíneas para o gado e os catreados (lagoas) são utilizadas como bebedouro para o gado ou tanques para criação de peixes (Figura 2).



Figura 2 - Catreados e lagoas nos garimpos de Lavrinha A e B e garimpo de Pau a pique C e D, com a retirada do cascalho forma uma vala (crateado) que posterior dá origem a uma lagoa, com tamanhos e formas variadas.

E na mineração São Francisco ocorre a retirada da rocha da serra, a qual é fragmentada em blocos menores e depositada em local específico onde é irrigado com cianeto, o qual é drenado por gravidade para separar o ouro do cianeto e ao final

do processo as rochas retornam para os locais onde foram retiradas, e o relevo assume o contorno próximo do que era antes (Figura 3), não havendo a formação de catreados.

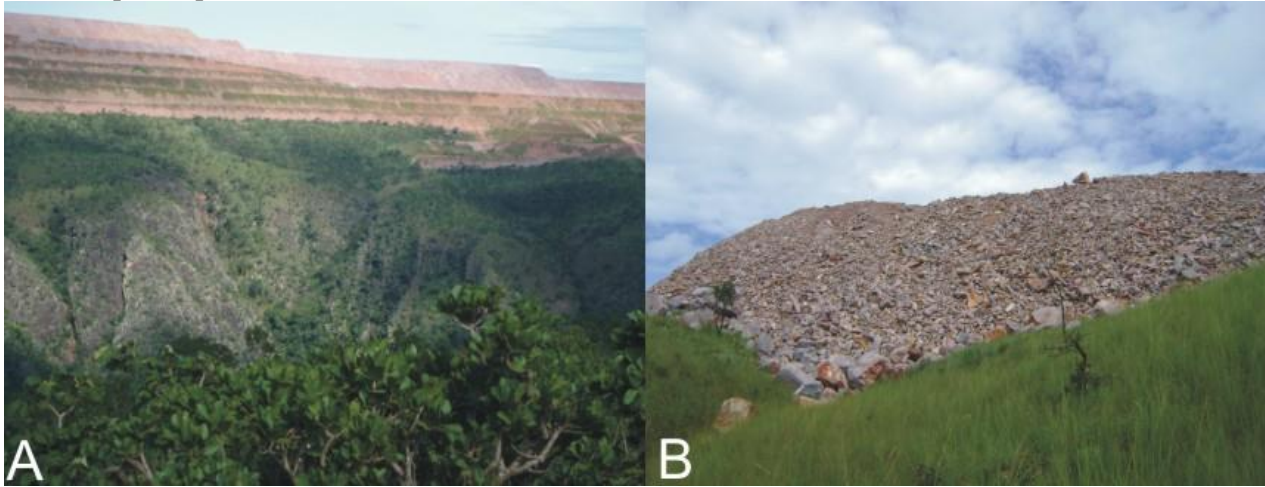


Figura 3 A - Vista geral da mina São Francisco, 3 B - processo de recuperação da área minerada, após a retirada do ouro o material fragmentado (rocha), retorna para a serra onde é depositado para formando seu contorno próximo do natural.

As coletas de sedimentos e solos foram realizadas nas três áreas de pesquisa, para coleta do sedimento utilizou um tubo de pvc de 40 mm de diâmetro, com comprimento de 100 mm, com marcações de 10 em 10 cm, os quais foram introduzidos no sedimento e tapado a parte superior para formar vácuo e evitar a perda da amostra (Azevedo, 2003).

Nos garimpos da Lavrinha e Pau a Pique, as amostras de solo foram coletadas em cinco pontos diferentes no entorno dos catreados, onde foram coletados os sedimentos com trado tipo holandês, confeccionado em aço inox. As amostras de solo e sedimentos foram coletadas em duas profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm com um total de 10 amostras por áreas. Na mineração São Francisco os solos e sedimentos foram coletados nos pontes de drenagem, a jusante dos depósitos de rochas. Após a coleta as amostras foram acondicionadas em sacos de polietileno, identificados e seguiram para o laboratório.

No laboratório as amostras de solos foram colocadas para secar ao ar por 24 horas e o sedimento por 72 horas. Posteriormente foram destorroadas e peneiradas em peneiras de aço inox de 2 mm obtendo-se a terra fina seca ao ar (TFSA) e acondicionadas em sacos de polietileno, lacrados com as devidas identificações e armazenados para análises posteriores.

Nas amostras de sedimentos foram determinados os teores de As, Cd e Pb, conforme método USEPA SW-846-3050. Adicionalmente

foram determinados os teores de matéria orgânica, pH e granulometria conforme (EMBRAPA, 1997).

Para determinar os teores de As, Cd e Pb nas amostras de solos e sedimentos, aproximadamente 50 g, foram moídas em gral de porcelana previamente descontaminados com HNO<sub>3</sub> a 5%, no qual 0,500 g de amostra em duplicata foram pesados e adicionados 10 mL de solução HNO<sub>3</sub> 1:1 com posterior aquecimento sem ebulição por 15 minutos. Após seu resfriamento, foram adicionados 5 mL de HNO<sub>3</sub> levando a mistura novamente para aquecimento por 30 minutos. Após novo resfriamento, o processo de adição de HNO<sub>3</sub> foi repetido e adicionou-se 5 mL de HNO<sub>3</sub>, com aquecimento e evaporação do ácido sem levar a mistura à secura, seguido de resfriamento. Após o resfriamento, foram adicionados 2 mL de água e 3 mL de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 30% e novamente a mistura foi levada ao aquecimento até que a reação se tornasse menos vigorosa, seguida de novo período de resfriamento. Posteriormente, foi adicionado 1 mL de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 30% sob aquecimento e posteriormente o resfriamento. Esse passo foi realizado até a diminuição ou ausência de sinais de efervescência na mistura, inclusive para o branco.

Após a diminuição da efervescência e resfriamento da mistura, foram adicionados 5 mL de HCl e 10 mL de água ultra pura e aquecida por mais 15 minutos. A mistura, depois de fria, foi filtrada em filtro qualitativo de filtragem lenta e colocada em tubos e no momento da análise a amostra foi reerguida com água ultra pura para 30



mL e forno de grafite marca *Perkin Elmer AAnalyst 800*.

Para análise estatística foi utilizado o software SISVAR® versão 5.1, sendo realizado análise de variância e teste de médias de *Skott-Knott*, a 5% de probabilidade, quando pertinente.

Para controle de qualidade utilizou-se material de referencia para protocolo QC/AC.

## Resultados e discussão

Os resultados dos teores de matéria orgânica nos sedimentos (Tabela 1) variaram de 1,2 a 2,7% no garimpo do Pau a Pique, de 0,9 a 2,4% na mineração do São Francisco e 0,7 a 2,4% no garimpo a Lavrinha, sendo que em algumas amostras ficaram abaixo de 1% os teores de matéria orgânica.

Tabela 1 - Teores de matéria orgânica e pH em amostras dos sedimentos dos garimpos Lavrinha, Pau a Pique e mineração São Francisco. (M O matéria orgânica, pH potencial de hidrogênio)

Garimpos	Profundidades	MO (%)		pH	
		Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo
Pau-a-Pique	0-20	2,7	1,2	6,7	4,8
	20-40	2,1	1,3	7,0	4,7
São Francisco	0-20	2,0	0,9	5,7	4,8
	20-40	2,4	1,2	5,9	4,9
Lavrinha	0-20	2,4	0,7	6,9	5,4
	20-40	2,7	0,7	6,7	6,0

A origem da matéria orgânica nos sedimentos pode ser de fontes naturais e antrópicas, as fontes naturais incluem a produção primária autóctone e o aporte terrígeno (Barreto et al., 2007). A matéria orgânica tende a se concentrar e permanecer junto às partículas finas dos sedimentos (Hernández et al., 2008). Porém, os resultados das análises de matéria orgânica nos sedimentos nas três áreas foram baixos se comparado com (Jesus et al., 2004) os quais

relatam teores médios de 6% de matéria orgânica em sedimentos do estuário na Ilha da Vitória (ES).

Na Tabela 2 são apresentados os teores de matéria orgânica e pH dos solos dos garimpos do Pau a Pique, Lavrinha e mineração São Francisco. Observa-se que os teores de matéria orgânica dos solos variaram de 1,78% a 1,36% no garimpo da Lavrinha; de 2,11% a 1,57% no garimpo Pau a Pique e de 2,02% a 2,71% na mineração São Francisco.

Tabela 2 - Teores de matéria orgânica e pH no solo nos garimpos de Lavrinha, Pau a pique e mineração São Francisco

Garimpos	Profundidade	MO (%)		pH	
		Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo
Pau-a-Pique	0-20	3,60	1,60	7,40	6,10
	20-40	2,00	0,50	6,50	5,70
São Francisco	0-20	3,00	2,00	4,80	4,70
	20-40	3,40	2,50	5,10	4,80
Lavrinha	0-20	3,40	1,10	6,50	6,30
	20-40	1,40	0,70	6,50	6,10

A matéria orgânica no solo apresenta importante papel para o desenvolvimento dos vegetais e um equilíbrio da manutenção do ecossistema, fertilidade e conservação do solo (Guchert e Roussenq, 2007). A retenção de ETs em

solos, por exemplo, Cd e Pb apresenta correlação positiva com os teores de matéria orgânica do solo (Pierangeli et al., 2001; Pierangeli et al., 2005). De maneira geral pode-se considerar que os teores de matéria orgânica das áreas amostradas foram baixos. Isso pode ser devido ao fato de que essas

áreas sofreram ação da mineração e acumulando grande quantidade de areias e cascalhos (seixos) e ao baixo teor de argila (Tabela 3).

Tabela 3 - Resultado da textura dos solos e sedimentos nos garimpos de Lavrinha, Pau a Pique e mineração São Francisco.

Pontos	Garimpo da Lavrinha		Garimpo do Pau a Pique		Mineração São Francisco	
	Solo	Sedimento	Solo	Sedimento	Solo	Sedimento
1	média	média	média	média	média	média
2	arenosa	arenosa	arenosa	arenosa	média	média
3	arenosa	arenosa	média	média	média	média
4	média	média	média	média	média	média
5	média	média	arenosa	arenosa	média	média

Como consequência ocorre uma menor retenção de água dificultando o estabelecimento da vegetação, expondo o solo às intempéries no período de estiagem e dificultando o acúmulo de matéria orgânica (Franco et al., 1992).

Os resultados do pH nos sedimentos variaram de 4,7-7,0 no garimpo do Pau a Pique, 4,8-5,9 na mineração São Francisco e de 5,4-6,7 no garimpo Lavrinha. Os resultados das análises foram semelhantes aos de (Ramos, 2005), que em estudo com sedimentos de ribeirões de áreas minerações do Quadrilátero Ferrífero (MG), obteve valores de pH que variaram de 5,8-6,8.

Já nos solos, os valores de pH variaram de 4,6-6,7 na mineração São Francisco; 6,1-6,5 no garimpo da Lavrinha; e 5,7-7,4 no garimpo Pau a Pique. Maiores retenções de Pb e Cd em solos Brasil são relatados em valores de pH em torno de 6,5 (Pierangeli et al., 2001; Pierangeli et al., 2005). Os solos podem ser naturalmente ácidos devido à própria pobreza em bases do material de origem, ou ainda a processos de formação ou manejo que favorecem a remoção de elementos básicos como  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Na^+$  (Lopes e Guilherme, 1990). Os resultados encontrados foram semelhantes ao estudo realizado por (Pierangeli et al., 2009), que relatam valores médios de pH iguais a 5,6 em áreas de garimpo de ouro na região do Alto Guaporé.

No garimpo Pau a Pique 80% das amostras de solo apresentaram teores de argila que variaram entre 16 e 26% (textura média) e 20% apresentaram 6,03% de argila (textura arenosa); na mineração São Francisco 80% das amostras apresentaram teores de argila entre 16 e 17% (textura média) e 20% apresentaram de 1% a 6,8% de argila (textura arenosa), enquanto no garimpo da Lavrinha 80% das amostras apresentaram teores de argila entre

18,5 e 28,7% (textura média) e 20% apresentaram entre 2,1 e 12,5% de argila (textura arenosa). A baixa concentração de argila no solo nas áreas garimpadas está associada diretamente à formação geológica da região do Alto Guaporé formação Fortuna onde ocorre os metarenitos quartzosos com raras intercalações de siltitos e argilitos (Fernandes et al., 2005). Além disso, a atividade garimpeira facilita a remoção das partículas mais finas tanto pela água da chuva quanto pelo processo de garimpo em si, que usa fortes jatos de água para desagregação das partículas.

Nos sedimentos a granulometria apresentou comportamento semelhante ao verificado nos solos. No garimpo Pau a Pique 60% das amostras apresentaram teores de argila que variaram entre 16 e 29% (textura média) e 40% apresentaram 10% de argila (textura arenosa); na mineração São Francisco 100% das amostras apresentaram teores de argila entre 18 e 30% (textura média); no garimpo da Lavrinha 60% das amostras apresentaram teores de argila entre 19 e 33% (textura média) e 40% apresentaram entre 2,1 e 14% de argila (textura arenosa). A textura de sedimentos lacustres é extremamente variável, principalmente em função da constituição granulométrica do material do entorno e da dinâmica erosiva do local. Na Lagoa Mirim (RS), Santos et al. (2003) verificaram textura do sedimento superficial que variou entre arenosa e areno-siltosa.

Os resultados dos teores dos elementos-traço arsênio, cádmio e chumbo das amostras de solos dos garimpos da Lavrinha e pau a pique e mineração São Francisco são mostrados, conforme Tabela 4.

Tabela 4 - Teores de As, Cd e Pb ( $mg\ kg^{-1}$ ) nos solos dos garimpos dos garimpos da Lavrinha e pau a pique e mineração São Francisco. (As: Arsênio, Cd: Cádmio e Pb: Chumbo)

	As - mg Kg <sup>-1</sup>			Cd - mg Kg <sup>-1</sup>			Pb - mg Kg <sup>-1</sup>		
	Máximo	Mínimo	Média	Máximo	Mínimo	Média	Máximo	Mínimo	Média
<b>Garimpos</b>									
Lavrinha	1,523	0,273	<b>0,772</b>	0,052	0,003	<b>0,017</b>	5,618	1,25	<b>2,515</b>
São Francisco	1,299	0,280	<b>0,920</b>	0,075	0,008	<b>0,018</b>	5,638	1,126	<b>3,198</b>
Pau a Pique	5,974	0,558	<b>2,579</b>	0,028	0,008	<b>0,021</b>	6,116	2,305	<b>4,373</b>

Os maiores teores de arsênio foram observados em solo do garimpo pau a pique com valor máximo de 5,974 mg kg<sup>-1</sup>, na profundidade de 20-40 cm e o menor valor foi de 0,280 mg kg<sup>-1</sup> na mineração de São Francisco na profundidade de 0-20 cm, tendo os demais valores médios nas áreas de: 0,772 mg kg<sup>-1</sup> no garimpo da Lavrinha, 0,920 mg kg<sup>-1</sup> na mineração São Francisco e 2,579 mg kg<sup>-1</sup> no Garimpo do Pau a Pique.

Os resultados dos teores de arsênio no solo estão abaixo se comparando com o estudo de (Biondi, 2010) que encontrou teores de 0,43 mg kg<sup>-1</sup> de arsênio no solo, sendo que os resultados encontrados estão abaixo do estabelecido pelo CONAMA resolução 420/2009 que estabelece teor máximo de arsênio de 15 mg kg<sup>-1</sup> como nível de prevenção e 35 mg kg<sup>-1</sup> como limite máximo em solos agrícolas. Porém no garimpo do Pau a Pique que apresentou maiores valores, e comparando com os valores de solos com qualidade estipulado pela CETESB resolução 195/2005, sendo que a totalidade das análises estão com teores abaixo do estipulado para solos agrícolas na qual estabelece o teor máximo de 35 mg kg<sup>-1</sup>.

Em relação aos teores de Cd não houve diferença entre as áreas e profundidades amostradas, tendo os teores variados entre 0,003-0,075 mg kg<sup>-1</sup>. (Pierangeli et al., 2009) relatam teores médios de Cd em solo de área de garimpo de 0,75 mg kg<sup>-1</sup>. Os teores verificados nesse estudo estão abaixo dos estabelecidos pela resolução CONAMA 420/2009, que estabelece teor máximo de Cd igual a 1,3 mg kg<sup>-1</sup> como nível de prevenção e 3 mg kg<sup>-1</sup> como teor máximo em solos agrícolas. Já a CETESB (2005) estabelece 0,5 mg kg<sup>-1</sup> como valor de referência para solos não contaminados.

Os maiores teores de Pb foram observados em solo do garimpo Pau a Pique com máximo de 6,116 mg kg<sup>-1</sup>, na profundidade de 20-40 cm e o menor valor foi de encontrado no 1,13 mg kg<sup>-1</sup> na mineração São Francisco na profundidade de 0-20 cm, sendo os demais valores médios nas áreas iguais a: 2,515 mg kg<sup>-1</sup> no garimpo da Lavrinha; 3,189 mg kg<sup>-1</sup> na mineração São Francisco e 4,373 mg kg<sup>-1</sup> no Garimpo do Pau-a-Pique. Em solos de

áreas de garimpo da região do Vale do Alto Guaporé já foram relatados teores de Pb igual a 24,1 mg kg<sup>-1</sup> (Pierangeli et al., 2009). Geralmente os níveis mais elevados de chumbo no ambiente estão associados com as atividades de mineração de chumbo, áreas industriais e rodovias com tráfego intenso de veículos automotores (Duarte e Pascoal, 2000).

Portanto, os valores de Pb verificados nesse estudo estão abaixo do estabelecido pelo CONAMA, resolução 420/2009, que estabelece teor máximo de 72 mg kg<sup>-1</sup> para níveis de prevenção e 180 mg kg<sup>-1</sup> como teor máximo permitido para solo agrícola.

Os resultados dos teores dos elementos-traço arsênio, cádmio e chumbo das amostras de sedimentos dos garimpos da Lavrinha e Pau a Pique e mineração São Francisco são mostrados, conforme Tabela 5.

Não houve diferença entre os teores de As entre as amostras de sedimentos das áreas estudadas. Sartoretto *et al.* (2011) relatam teores de As acima de 15 mg kg<sup>-1</sup> de em sedimento de fundo do canal de Bertioga (SP). A resolução CONAMA 344/2004 estabelece teores até 5,9 mg kg<sup>-1</sup> no sedimento seco.

Os teores de Pb encontrado no sedimento nas áreas estudadas variaram entre 0,003 a 6,471 mg kg<sup>-1</sup> no garimpo do Pau a Pique, de 1,063 a 3,170 mg kg<sup>-1</sup> na mineração São Francisco e de 1,063 a 3,390 mg kg<sup>-1</sup> e de 0,697 a 3,097 no garimpo da Lavrinha. Maior teor médio de Pb foi verificado na mineração Pau a Pique, sendo as demais áreas semelhantes entre si.

Os resultados dos teores de Pb encontrados em sedimentos foram baixos se comparados com Pires *et al.* (2010) que encontraram teores que variaram entre 13,82 a 26,97 mg kg<sup>-1</sup> na laguna dos Patos - RS e foram acima dos resultados encontrados por Maia e Marins (2003), que encontraram teores que variaram entre de 0,11 a 0,55 mg kg<sup>-1</sup> em sedimentos marinhos da região metropolitana de Fortaleza-CE. As amostras de sedimentos analisadas não apresentaram teores de chumbo maiores que os níveis propostos resolução

344/2004, a qual estabelece níveis máximos de até 3,5 mg kg<sup>-1</sup> de chumbo em sedimento seco.

Não houve diferença entre os teores de Cd nas amostras de sedimentos estudadas. Os teores de Cd encontrados foram baixos se comparando com os estudos realizados por (Sartoretto, 2011), os quais encontraram teores de Cd entre 4,0 a 14,5 mg kg<sup>-1</sup> de Cd no sedimento superficial do canal da Bertioga, em São Paulo.

A CCME EPC, 1999 (Canadá) estabelece níveis de 0,6 mg kg<sup>-1</sup> para Cd no sedimento e o CONAMA, resolução 344/2004 estabelece teores de até 0,6 mg kg<sup>-1</sup> de Cd em sedimento seco. Nesse estudo em todas as análises de sedimentos não foram encontrados teores de Cd que ultrapassem esses teores.

A adsorção de elemento traços no solo e sedimento está associado à ocorrência de textura

argilosa (Lacerda e Lima Jr, 2008) e um percentual acima de 3,5% de matéria orgânica associado em torno de 6,5% (Santos et al., 2003; Bertoncini e Mattiazzo, 1999; Pierangeli et al., 2001; 2005), sendo que esse conjunto de fatores devem estar associados, proporcionando um ambiente ideal para adsorção dos elementos-traço. Por outro lado, baixos teores de matéria orgânica e textura arenosa a média, tais como verificados no presente trabalho, não favorece a retenção de ETs, tanto em solo quanto no sedimento. Dessa forma, mesmo que a atividade de garimpo tenha possibilitado a dissolução de rochas e solo, liberando os ETs por ventura existente, os mesmos não permaneceram no sistema, sendo removidos dos mesmos por lixiviação ou erosão.

Tabela 5 - Teores de As, Cd e Pb (mg kg<sup>-1</sup>) nos sedimentos dos garimpos de Lavrinha e Pau a Pique e mineração São Francisco

Garimpos	As mg kg <sup>-1</sup>			Cd mg kg <sup>-1</sup>			Pb mg kg <sup>-1</sup>		
	Máx	Mín	Média	Máx	Mín	Média	Máx	Mín	Média
Lavrinha	0,932	0,113	<b>0,413 b</b>	0,039	0,005	<b>0,021 a</b>	3,097	0,697	<b>1,618 b</b>
São Francisco	2,700	0,201	<b>1,093 a</b>	0,089	0,009	<b>0,020 a</b>	3,390	0,860	<b>2,060 b</b>
Pau a Pique	3,125	0,015	<b>1,343 a</b>	0,133	0,000	<b>0,037 a</b>	6,765	0,003	<b>3,198 a</b>

## Conclusões

Observou-se nos estudos realizados nas amostras de solos e sedimentos para os elementos-traço As, Cd e Pb nas áreas de garimpo Pau a Pique, Lavrinha e mineração São Francisco, que todas as amostras apresentaram teores inferiores ao estipulado pelas legislações brasileira e canadense.

Os baixos teores desses elementos no solo e sedimento das áreas estudadas podem estar relacionados ao baixo teor de material particulado fino (argila e silte), e baixos teores de matéria orgânica encontrados nas amostras analisadas.

## Referencias

Albertini, S.; Carmo, L. F.; Filho, L. G. P. 2009. Utilização de serragem do bagaço de cana-de-açúcar para adsorção do cádmio. Ciências e tecnologia de alimentos. Campinas. 27:113-118.

Alloway, B. J.; Ayres, D. C. 1994. Chemical Principles of Environmental Pollution. 1ª Ed.

London: Blackie Academic e Professional, 291p.

Azevedo, F. A. 2003. Toxicologia do mercúrio. São Carlos: Rima. São Paulo: Inter Tox. p292.

Azevedo, F. A.; Chasin, A. A. M. 2003. Metais: gerenciamento da toxicidade. São Paulo: Editora Atheneu. p544.

Barreto, M. S.; Alves, J. P. H.; Passos, E. A.; Garcia, C. A. B. 2007. Relação C: N e identificação da origem da matéria orgânica em sedimentos. 30ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química. Águas de Lindóia-SP. <https://sec.s bq.org.br/cdrom/30ra>. Acessado em 16/01/2012.

Bertoncini, E. I.; Mattiazzo, M. E. (1999). Lixiviação de metais pesados em solos tratados com lodo de esgoto. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 23:737-744.

Biondi, C. M. (2010). Teores Naturais de Metais Pesados nos Solos de Referência no estado de Pernambuco. Tese de doutorado na Universidade Federal Rural de Pernambuco.



- Programa de Pós Graduação em Ciências do Solo. 70p.
- Borba, R. P.; Figueiredo, B. R.; Cavalcanti, J. A. (2004). Arsênio na água subterrânea em Ouro Preto e Mariana, *Revista Escola de Minas* 57: 45-51.
- BRASIL - Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. (2004). Resolução nº 344, de 25 de março de 2004 Publicada no DOU nº 87, de 7 de maio de 2004, Seção 1, p. 56-57. Disponível em [www.mma.gov.br/port/conama/](http://www.mma.gov.br/port/conama/). Acessado em 15/02/2012.
- BRASIL - Conselho Nacional do Meio Ambiente CONAMA. (2009). Resolução nº 420, de 28 de dezembro de 2009. p16. Disponível em [www.mma.gov.br/conama/resolucoes-420-pdf](http://www.mma.gov.br/conama/resolucoes-420-pdf).> Acessado em 26 de janeiro de 2012.
- CCME (1999). Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life, EPC- 98E, Summary Tables (Update 2002). p.1. <[http://www.ccme.ca/assets/pdf/aql\\_summary\\_7.1\\_en.pdf](http://www.ccme.ca/assets/pdf/aql_summary_7.1_en.pdf).> Acessado em 15/01/2012.
- CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, São Paulo (2005). Decisão de diretoria nº 195-2005-E, p.4.
- Cotta, J. A. O.; Rezende, M. O. O.; Piovani, M. R. 2006. Avaliação do teor de metais em sedimento do rio Betari no Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira – PETAR, *Química Nova* 29, 40-45.
- Duarte, R. P. S.; Pascoal, A. 2000. Avaliação do cádmio (Cd), chumbo (Pb), níquel (Ni) e zinco (Zn) em solos, plantas e cabelo humano. *Energia na Agricultura* 15,46-58.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 1997. Manual de Métodos de Análises de Solo. 2. ed. Rio de Janeiro. Centro Nacional de Pesquisa do Solo, p212.
- Fernandes, C. J.; Ruiz, A. S.; Kuyumjian, R. M.; Pinho, F. E. C. 2005. Geologia e controle estrutural dos depósitos de ouro do Grupo Aguapeí - região da Lavrinha, sudoeste do Cráton Amazônico. *Revista Brasileira de Geociências* 35, 13-22. Disponível em [sbgeo.org.br/pub\\_sbg/rbg/vol35\\_down/3501/1397.pdf](http://sbgeo.org.br/pub_sbg/rbg/vol35_down/3501/1397.pdf).> Acessado em 09/02/2010.
- Floss, M. F.; Korf, E.; Escosteguy, P. A. V.; Homé, A. T. 2010. Capacidade de atenuação do cádmio no solo da ETE Araucárias em Passo Fundo – RS. *Revista CIATEC – UPF*. 2:1-12. Disponível em [www.upf.br/seer/index.php/ciatec/article/view/577](http://www.upf.br/seer/index.php/ciatec/article/view/577).> Acessado em 10/12/2011.
- Franco, A.; Avilio, C.; Eduardo, F.; Silva, M. R.; Faria, S. M. 1992. Revegetação de solos degradados. EMBRAPA (Comunicado Técnico).
- Guchert, J. A.; Roussenoq, N. J. 2007. Conservação e uso do solo. Indaial: Ed. Grupo UNIASSELVI. p23-27. Disponível em [www.webartigos.com/artigos/a-importancia-da-do-solo/66938/](http://www.webartigos.com/artigos/a-importancia-da-do-solo/66938/).> Acessado em 10/10/2011.
- Guilherme, L. R. G.; Marchi, G. 2005. Os metais pesados no solo - DBO *Agroecologia*, p 20-21. <<http://www.anda.org.br/artigos/MetaisPesados.pdf>.> Acessado em 10/01/2011.
- Guo, G. L.; Zhou, Q. X.; Koval, P. V.; Belogolova, G. A. 2006. Speciation distribution of Cd, Pb, Cu and Zn in contaminated Phaeozem in north-east China using single and sequential extraction procedures. *Australian Journal of Soil Research*, 44:135-142 Disponível em [www.thefreelibrary.com](http://www.thefreelibrary.com).> Acessado em 10/01/211.
- Hernández, S.; Franco, C.; Herrera, C. 2008. Carbono orgánico y materia orgánica en sedimentos superficiales de la bahía concepción. *Ciência Ahora*, 21 2008. <[www.ciencia-ahora.cl/.../05CarbonoOrganico.pdf](http://www.ciencia-ahora.cl/.../05CarbonoOrganico.pdf).> Acessado em 17/01/2012.
- Jesus, H. C.; Costa, E. A.; Mendonça, A. S. F.; Zandonade, E. 2004. Distribuição de metais pesados em sedimentos do sistema estuarino da ilha de Vitória-ES. *Química Nova*, 27:378-386. Disponível em [www.scielo.br/pdf/qn/v27n3/20162.pdf](http://www.scielo.br/pdf/qn/v27n3/20162.pdf).> Acessado em 10/10/2010.
- Kabata-Pendias, A.; Pendias H. 2001. Trace elements in soils and plants. 3. ed. Boca Raton, CRC Press, 413p.
- Lacerda, L. D.; Lima Jr, L. G. 2008. Distribuição espacial e acumulação de metais em sedimentos da lagoa do Banana, Caucaia, Ceará. *Geochimica Brasiliensis* 22, 034-044.
- Larini, L. 1997. Toxicologia. 3ª ed. São Paulo: Editora Manole Ltda. 301p.
- Lopes, M. C.; Silva e Guilherme, L. R. G. 1990. Acidez do solo e calagem. São Paulo - ANDA Boletim Técnico, 22p.
- Loredó, J.; Ordóñez, A.; Alvarez, R. 2006. Environmental Impact of Toxic Metals And Metalloids From The Muñoz Cimero Mercury-Mining Area (Austrias, Spain). *Journal of Hazardous Materials* 136, 455-467.
- Marques, J. J. G. S. M.; Curi, N.; Schulze, D. G. 2002. Trace elements in cerrado soils. In: Alvarez, V. H. V; Schaefer, C.E.G.R.; Barros, N. F; Mello, J. W. V; Costa, L. M., (Eds). *Tópicos em ciência do solo*. Vol. 2. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa-MG, p 103-142.
- Muniz, D. H. F.; Oliveira-Filho, C. E. 2006. Metais pesados provenientes de rejeitos de mineração e

- seus efeitos sobre a saúde e o meio ambiente. *Universitas: Ciências da Saúde*, 4:83-100. Disponível em <[www.publicacoesacademicas.uniceub.br/index.php/cienciasaude/](http://www.publicacoesacademicas.uniceub.br/index.php/cienciasaude/)>. Acessado em 10/10/2010.
- Pereira, S. F. P.; Oliveira, G. R. F.; Oliveira, J. S.; Silva, J. S.; Sousa Junior, P. M. 2009. Determinação espectrofotométrica do arsênio em solo da cidade de Santana-AP usando o método do dietilditiocarbamato de prata (SDDC) modificado. *Acta Amazônica*. 39: 953 - 960. Disponível em <<http://www.scielo.br/pdf/aa/v39n4/v39n4a23.pdf>> Acessado em 10/01/2012.
- Pierangeli, M. A. P.; Eguchi, E. S.; Ruppim, R. F.; Costas, R. B. F.; Vieria, D. F. 2009. Teores de As, Pb, Cd e Hg e fertilidade de solos da região do Vale do Alto Guaporé, sudoeste do estado de Mato Grosso. *Acta Amazônica [online]*. 39:61-69. Disponível em <[acta.inpa.gov.br/redirect.php?volume=39&edicao=1](http://acta.inpa.gov.br/redirect.php?volume=39&edicao=1)>. Acessado em 10/04/2011.
- Pierangeli, M. A. P.; Guilherme, L. R. G.; Curi, N.; Silva, M. L. N.; Lima, J. M.; Costa, E. T. S. 2005. Efeito do pH na adsorção e dessorção de cádmio em Latossolos brasileiros. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 29, 523-532.
- Pierangeli, M. A. P.; Guilherme, L. R. G.; Curi, N.; Silva, M. L. N.; Oliveira, L. R. E Lima, J. M. 2001. Efeito do pH na Adsorção-Dessorção de Chumbo em Latossolos Brasileiros. *Revista Brasileira de Ciências do Solo* 25, 269-277.
- Pires, N. R. X.; Caldas, J. S.; Ribeiro, L. M.; Sanches Filho, P. J. 2010. Determinação de chumbo no sedimento da laguna dos Patos – Saco do Laranjal – Pelotas-RS. XIX Congresso de Iniciação Científica - UFPEL - Universidade Federal de Pelotas. <[www.ufpel.edu.br/cic/2010](http://www.ufpel.edu.br/cic/2010)> Acessado em 10/01/2012.
- Ramos, W. E. S. 2005. Contaminação por mercúrio e arsênio em ribeirões do quadrilátero ferrífero – MG, em área de mineração e atividades garimpeiras. Tese - Viçosa-MG, p122 Disponível em <<ftp://ftp.bbt.ufv.br/teses/agroquimica/2005/190255f.pdf>> Acessado em 10/10/2011.
- Santos, I. R.; Baisch, P.; Lima, G. T. N.; Silva-Filho, E. V. 2003. Metais pesados em sedimentos superficiais da lagoa mirim, fronteira Brasil-Uruguai. *Geochim. Brasil*. 17: 037-047.
- Sartoretto, J. R.; Chagas, F. M.; Dias, G.; Salaroli, A. B.; Figueira, R. C. L.; Bicego, M. C. 2011. Avaliação dos níveis de metais e arsênio em sedimentos superficiais do canal de Bertiooga-SP. V SOB. Simpósio Brasileiro de Oceanografia. Oceanografia e Políticas Públicas, Santos, SP, Brasil. Disponível em <[www.vsbo.io.usp.br/trabs/065.pdf](http://www.vsbo.io.usp.br/trabs/065.pdf)> Acessado em 21/02/2012.
- Siqueira, G. W.; Pereira, S. F. P.; Aprille, F. M. 2006. Determinação dos elementos-traço (Zn, Co e Ni) em sedimentos da Plataforma Continental Amazônica sob influência da descarga do Rio Amazonas. *Acta Amazônica*, 36:321-326. <<http://www.scielo.br/scielo>>. Acessado em 10/07/2011.
- Slagle, J. A.; SKousen, D.; Bhumbra, J. Sencindiver,; Macdonald, L. 2004. Trace Element Concentrations of three soils in central appalachia. *Soil Survey Horizons*.
- USEPA (United States Environmental Protection Agency). (1996). Method 3050B - Acid Digestion of Sediments, Sludges, and Soils, Revision 2, Disponível em: <<http://www.epa.gov/SW-846/pdfs/3050b.pdf>>. Acessado em 10/05/2010.