

**TEORES DE Pb, As e Cd EM SOLO, SEDIMENTOS E
MÚSCULO DE PEIXE CARNÍVORO (*Hoplias
malabaricus*) EM ÁREAS DE GARIMPO DE OURO NA
REGIÃO DO ALTO GUAPORÉ**

SEBASTIÃO DOS SANTOS

Dissertação apresentada à Universidade do Estado de Mato Grosso, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais para obtenção de título de Mestre.

**Cáceres
Mato Grosso, Brasil
2012**

SEBASTIÃO DOS SANTOS

TEORES DE Pb, As e Cd EM SOLO, SEDIMENTOS E MÚSCULO DE PEIXE CARNÍVORO (*Hoplias malabaricus*) EM ÁREAS DE GARIMPO DE OURO NA REGIÃO DO ALTO GUAPORÉ

Dissertação apresentada à Universidade do Estado de Mato Grosso, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais para obtenção de título de Mestre.

Orientadora: Prof^a Dra. Maria Ap. da Pereira Pierangeli

Co-orientadora: Prof. Áurea Regina Ignácio dos Santos

**Cáceres
Mato Grosso, Brasil
2012**

SEBASTIAO DOS SANTOS

TEORES DE Pb, As e Cd EM SOLO, SEDIMENTO E MÚSCULO DE PEIXE CARNÍVORO (*Hoplias malabaricus*) EM ÁREAS DE GARIMPO DE OURO NA REGIÃO DO ALTO GUAPORÉ

Esta dissertação foi julgada e aprovada como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Ciências Ambientais.

Cáceres-MT, 27 de março de 2012.

Banca examinadora

Professora Dra. Áurea Regina Alves Ignácio
UNEMAT

Professora Dra. Maria Aparecida Pereira Pierangeli
UNEMAT

Professora Dra. Célia Alves de Souza
UNEMAT

**CÁCERES
MATO GROSSO, BRASIL
2012**

AGRADECIMENTOS

Ao meu Deus por conceder-me a vida em um lar, uma família onde me deram os ensinamentos para uma vida digna;

Aos meus pais Manoel dos Santos (†) e Edith da Silva Santos, pela longa história da caminhada, apoio, respeito e incentivo de toda uma vida;

A Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT/CELB;

Aos meus irmãos, irmãs, sobrinho, sobrinhas, cunhadas, cunhados, genro e neto pela harmonia e respeito que sempre os manterá unidos;

Ao coordenador do mestrado em Ciências Ambientais e irmão Prof. Dr^o Manoel dos Santos Filho, pelos ensinamentos e cobranças;

A todos os professores que contribuíram para o meu conhecimento profissional;

As Professoras Dra. Maria Aparecida Pereira Pierangeli, por acreditar na minha capacidade e orientar os trabalhos e a professora Dra. Áurea Regina Alves Ignácio pela co-orientação;

Ao Luís Messias Pierangeli pelo apoio e ensinamentos no laboratório de solos do Campus de Pontes e Lacerda;

Aos meus companheiros de mestrado pelo apoio e companheirismo;

À Maria da Glória o meu eterno apreço pelo companheirismo durante as atividades no laboratório;

Aos bolsistas do Laboratório de solos e demais alunos do curso de zootecnia do Campus de Pontes e Lacerda, pelo apoio;

A minha esposa Solange e meus filhos Stephanny e Pedro Henrique, dedico.

ÍNDICE

Agradecimentos	4
Lista de Abreviaturas.....	6
Listas de Tabelas	7
Lista de Figuras.....	8
Resumo.....	9
Abstract.....	10
Introdução Geral.....	11
Bibliografia Citada	14
Teores de As, Cd e Pb em músculo de traíra (<i>Hoplias Malabaricus</i>) pescadas em catreados de garimpos de ouro no vale do Rio Guaporé, sudoeste do estado de Mato Grosso	16
Resumo.....	16
Abstract.....	17
Introdução	18
Material e Métodos.....	19
Resultados e Discussões	23
Conclusões	25
Bibliografia Citada.....	26
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.....	30
Resumo.....	30
Abstract.....	31
Introdução	32
Materiais e Métodos.....	34
Resultados e Discussão.....	36
Conclusões	42
Bibliografia Citada.....	43
Considerações Finais.....	50

LISTA DE ABREVIATURAS

As	Elemento químico arsênio
ASDR	Agência de Substâncias Tóxicas e Registro de Doenças
Au	Mineral ouro
ANVISA	Agencia Nacional de Vigilância Sanitária
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ETs	Elemento traço
FAPEMIG	Fundação de amparo a pesquisa de Minas Gerais
Hg	Elemento químico mercúrio
IUPAC	União Internacional de Química Pura e Aplicada
MO	Matéria orgânica
PAQLF	Programa de Análise de Qualidade de Laboratórios de Fertilidade
Pb	Elemento químico chumbo
TFSA	Terra fina seca ao ar
TPOA	Tecnologia de Produtos de Origem Animal
USEPA	Agencia de Proteção Ambiental Americana
CCME-EPC	Orientações canadense para qualidade do sedimento e proteção da vida aquática

LISTAS DE TABELAS

Artigo 1

Tabela 1 Biometria de peixes capturados nas duas áreas de garimpos (*Hoplias malabaricus*).

Tabela 2 Teores de As, Cd e Pb (mg kg^{-1}) em músculo de traíra (*Hoplias malabaricus*) provenientes de catreados de mineração de ouro no município de Pontes e Lacerda.

Artigo 2

Tabela 1 - Teores de matéria orgânica e pH em amostras de sedimentos dos garimpos Lavrinha, Pau-a-Pique e mineração São Francisco.

Tabela 2 - Teores de matéria orgânica e pH em amostras de solos dos garimpos Lavrinha, Pau-a-Pique e mineração São Francisco.

Tabela 3 – Textura das amostras de solo e sedimentos dos garimpos de Lavrinha e Pau-a-Pique e mineração São Francisco.

Tabela 4 - Teores de elementos-traço das amostras de solos dos garimpos de Lavrinha e Pau-a-Pique e mineração São Francisco.

Tabela 5 - Teores de As, Cd e Pb nos sedimentos de garimpo dos garimpos da Lavrinha e Pau-a-Pique e mineração São Francisco.

LISTA DE FIGURAS

ARTIGO 1

Figura 1 – Localização do município de Pontes e Lacerda - Micro Região do Alto Guaporé, sudoeste do estado de Mato Grosso.

Figura 2 – Lagoa formada a partir de um catreado para extração de ouro no garimpo do Pau-a-Pique.

ARTIGO 2

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

Figura 2 – Vista geral da mineração São Francisco, município de Nova Lacerda, sudeste do estado de Mato Grosso.

RESUMO

SANTOS, Sebastião dos. **Teores de Pb, As e Cd em solos, sedimentos e músculo de peixe carnívoro (*Hoplias malabaricus*) em áreas de garimpo de ouro na região do Alto Guaporé.** Cáceres: UNEMAT, 2012. p 51 (Dissertação - Mestrado em Ciências Ambientais)¹.

Nas atividades de garimpo de ouro normalmente são abertas grandes buracos no solo (também chamados de catreados), os quais ao término das atividades permanecem cheios de água. Nesses locais, natural ou artificialmente são criados peixes. A região do Alto Guaporé, sudoeste do estado de Mato Grosso possui um histórico de garimpagem de ouro que perdura por mais de duzentos e cinquenta anos, tendo essa atividade se intensificado nas últimas três décadas na região causando sérios danos ao meio ambiente e alteração da paisagem pela grande quantidade de material exposto ao intemperismo, potencializando a disponibilidade de elementos tóxicos para o meio ambiente: solo, sedimento e peixes, especialmente os carnívoros. Este estudo teve como objetivo determinar os teores dos As, Cd e Pb em amostras de solo, sedimento de fundo de catreados e músculo de traíra (*Hoplias malabaricus*) provenientes de áreas de garimpo de ouro na região do Alto Guaporé. Para isso, foram coletadas amostras de solo e sedimentos nas profundidades de 0-0,2 e 0,2-0,4 m, nos garimpos de ouro da Lavrinha, Pau-a-Pique e mineração São Francisco e trinta espécimes de traíra em catreados dos garimpos Pau-a-Pique e Lavrinha. A abertura das amostras para extração desses elementos foram realizadas em meio ácido e a leitura da concentração de cada elemento-traço foi feita em forno de grafite marca *Perkin Elmer AAnalyst 800*. Nos músculos traíra não houve diferença nos teores de As, Cd e Pb entre as áreas de garimpos estudadas sendo os mesmos iguais a 0,002; 0,068 e 0,244 mg kg⁻¹, respectivamente. No garimpo da Lavrinha os teores de As, Cd e Pb nos sedimentos foram 0,413; 0,021 e 1,618 mg kg⁻¹, respectivamente. Já no garimpo do Pau-a-Pique os teores foram de 1,343; 0,037 e 3,198 mg kg⁻¹ para As, Cd e Pb, respectivamente e na mineração São Francisco foram de 1,093, 0,020 e 2,060 mg kg⁻¹. Nos solos, os teores médios de As, Cd e Pb, respectivamente, foram de 0,772; 0,017; 2,515, mg kg⁻¹ no garimpo da Lavrinha; 2,579; 0,021 e 4,373 mg kg⁻¹ no garimpo Pau-a-Pique; e 0,920; 0,018; e 3,198 mg kg⁻¹ na mineração São Francisco. Os teores médios de Cd, As e Pb obtidos em cada matriz foram comparados com a legislação específica, ficando constatado que os mesmos estão abaixo dos valores máximos permitidos pela legislação brasileira não oferecendo, nesse momento, riscos ao meio ambiente e à saúde humana.

Palavra chave: Catreados, degradação ambiental, elementos-traço, metal pesado

¹ Comitê orientador: Maria Aparecida Pereira Pierangeli (orientadora), UNEMAT; Áurea Regina Ignácio da Silva (co-orientadora), UNEMAT

ABSTRACT

SANTOS, Sebastião dos. **Levels of Pb, As and Cd in soils, sediments and muscle of fish carnivore (*Hoplias malabaricus*) in areas of mining gold in the region of Alto Guaporé.** Cáceres: UNEMAT, 2012. p 51 (Dissertation - MSc in Environmental Sciences)²

In the gold mining activities are usually open big holes in the ground (also called catreados), which at the end of the activities remain full of water, where are natural or artificially created fish. The region of Alto Guaporé has in your historical the gold mining that continues for more than two hundred and fifty years, has intensified in the last three decades in the region, causing serious damage to the environment and landscape change by the large amount of material exposed to weathering, enhancing the availability of heavy metals into the environment: soil, sediment and fish, especially carnivores. This study had the objective to determine the levels of these trace elements: arsenic, cadmium and lead in soil, sediment and background catreados muscle Traira (*Hoplias malabaricus*) coming from gold mining areas in the Alto Guaporé. Samples of soil and sediments were collected at 0-20 and 20-40 cm, in the Lavrinha, Pau-a-Pique São Francisco mining's and thirty specimens of traira (*Hoplias malabaricus*) in the catreados of the Pau-a-Pique and Lavrinha mining's. The opening of the samples for extraction of these elements were performed in an acid medium and reading the concentration of each trace element was made in a graphite furnace Perkin Elmer AAnalyst 800. In the muscles of fish no had difference in levels of As, Cd and Pb between the mining areas studied, them equal to 0,002; 0,068 and 0,244 mg kg⁻¹, respectively. In the mining Lavrinha the levels of As, Cd and Pb in sediments were 0,413; 0,021 and 1,618 mg kg⁻¹, respectively. In the mining of the Pau-a-Pique levels of As, Cd and Pb were 1,343; 0,037 and 3,198 mg kg⁻¹, respectively, and in the mining of San Francisco were 1,093; 0,020 and 2,060 mg kg⁻¹. In soils, the average content of As, Cd and Pb, respectively, were 0,772; 0,017 and 2,515 mg kg⁻¹ in the mining Lavrinha, 2,579; 0,021 and 4,373 mg kg⁻¹ in the mining of Pau-a-Pique, and 0,920; 0,018 and 3,198 mg kg⁻¹ in the San Francisco mining. The average contents of Cd, As and Pb obtained in each array were compared with specific legislation, being featured in that they are below the maximum allowed by Brazilian law. Thereby do not represent, at that time, risks to the environment and human health.

Keyword: Catreados, environmental degradation, trace-elements, heavy metal.

² Guidance Committee: Maria Aparecida Pereira Pierangeli (Major Professor), UNEMAT; Áurea Regina Ignácio da Silva (co-advisor), UNEMAT

INTRODUÇÃO GERAL

A interferência do homem na natureza com a finalidade de exploração dos recursos naturais, sem ações que venham mitigar esses impactos gera problemas ambientais, onde o solo e a água são os primeiros recursos afetados, com consequências para toda biota. Normalmente a recuperação natural dessas áreas pode levar décadas. Essas áreas podem ser inutilizadas caso haja teores de elementos-traço acima do estipulado pelas legislações em vigor, sendo que esses podem permanecer no ambiente por um longo período (RAMOS, 2005).

Desde o início das atividades de mineração, na Idade Média, os metais têm estado associados a problemas de contaminação ambiental, problemas estes intensificados a partir do início do século XIX com o processamento de metais em indústrias químicas e de fundição. Desta forma, apesar da grande contribuição ao desenvolvimento industrial, os metais são também responsáveis por sérios problemas de poluição quando lançados em grande quantidade no meio-ambiente (BISINOT e JARDIM, 2004; COTTA *et al.*, 2006).

Devido à presença natural em diversos tipos de depósitos minerais, metais pesados e metalóides são liberados para o ambiente através da dissolução destes minerais, causada pela exposição às intempéries ou pela drenagem ácida. Quando os depósitos minerais são utilizados para atividades mineradoras, a liberação é elevada, graças ao aumento da superfície mineral exposta, o que acelera o processo de intemperismo e a produção de rejeitos de mineração (SILVA *et al.*, 2004; AELION e DAVIS, 2007). Uma vez liberados da matriz cristalinas das rochas ou minerais esses elementos podem contaminar

os solos e os sedimentos que estão localizados em altitudes inferiores a esses rejeitos, contaminando o meio e conseqüentemente o homem (MARGUÍ *et al.*, 2004; MUNIZ e OLIVEIRA-FILHO, 2006). Na Guiana Francesa, a exploração do ouro tem levado a sérios problemas de contaminação de solos, água, vegetação e produtos alimentícios, com conseqüente intoxicação humana principalmente por arsênio (GUEDRON *et al.*, 2006; ASANTE *et al.*, 2007).

Por não serem biodegradáveis, os elemento-traço se acumulam no ambiente, sendo os ecossistemas aquáticos particularmente sensíveis à contaminação (VALLE, 2005).

Os metais emitidos por atividades humanas nos últimos dois séculos encontram-se, em várias situações, passíveis de remobilização por processos antrópicos, naturais e principalmente, pelas variações climáticas globais e de mudanças nos usos dos solos (LACERDA, 2007).

Além da depreciação dos valores dos imóveis nessas áreas devido à mudança na paisagem (BITAR, 1997). Na região do Vale do Alto Guaporé, o garimpo de ouro de aluvião, explorado no fundo do vale, em metassedimentos do Grupo Aguapeí (FERNANDES *et al.*, 2005), transformou a paisagem dessas áreas em amontoados de cascalhos, buracos e lamas. Nesses buracos, também chamados de catreados, agricultores criam peixes para consumo próprio. Em outras áreas, em cima dos sedimentos gerados pela atividade mineradora são cultivadas pastagens para a criação de bovinos.

Devido à grande movimentação em decorrência do garimpo e exposição às intempéries há a possibilidade do solo dessas áreas estarem contaminados com alguns elementos tóxicos (como por exemplo, As, Cd e Pb).

Adicionalmente, esses elementos podem ser transferidos do solo para a água e sedimentos e eventualmente, para os peixes criados ou nativos desses ambientes.

Dessa maneira, o presente trabalho visou determinar os teores dos elementos-traços (As, Cd e Pb) no solo, sedimentos e músculo de traíra (*Hoplias malabaricus*), em áreas de garimpo de ouro, nos municípios de Pontes e Lacerda e Nova Lacerda, região do Alto Guaporé, sudoeste do estado de Mato Grosso.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- AELION, C. M.; DAVIS, H. T. **Use of a general toxicity test to predict heavy metal concentrations in residential soils.** Chemosphere – v. 67. 1043–1049. 2007.
- ASANTE, K. A. ; AGUSA, T. SUBRAMANIAN, A. ANSA-ASARE, O. D. BINEY, C. A. TANABE, S. Contamination status of arsenic and other trace elements in drinking water and residents from Tarkwa, a historic mining township in Ghana. Chemosphere, v. 66. p 1513-1522. 2007.
- BISINOT, M. C.; JARDIM, W. F. **O Emprego de técnicas analíticas na especiação de metais pesados e a sua importância para o estudo do ambiente.** Caderno temático, v. 2. UNICAMP. Campinas, 2004.
- BITAR, O. Y. **Avaliação da recuperação de áreas degradadas pela mineração Região Metropolitana de São Paulo.** Tese de doutorado. Escola politécnica da Universidade de São Paulo-SP. 185 p. 1997.
- COTTA, J. A. O.; REZENDE, M. O. O.; PIOVANI, M. R. **Avaliação do teor de metais em sedimento do rio Betari no Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira – PETAR,** São Paulo, Brasil. Química Nova. v. 29. n. 1. p. 40-45, 2006.
- FERNANDES C.J., KUYUMJIAN R.M., PULZ G.M., PINHO F.E.C. **Os depósitos auríferos do Grupo Aguapeí, Estado de Mato Grosso-Brasil, e as características que os diferenciam dos modelos clássicos de ouro em conglomerados.** Revista Pesquisas. 2005.
- LACERDA, L. D. **Biogeoquímica de contaminantes no Antropoceno.** Oecologia Brasiliensis, v. 11, p. 297-301, 2007.
- GUEDRON, S.; GRIMALDI, C.; CHAUVEL, C. SPADINI, L. GRIMALDI, M. **Weathering versus atmospheric contributions to mercury concentration in French Guiana soils.** Applied Geochemistry, v. 21. p. 2010-2022. 2006.
- MARGUÍ, E.; SALVADÓ, V.; QUERALT, I.; HIDALGO, M. **Comparison of three-stage sequential extraction and toxicity characteristic leaching test to evaluate metal mobility in mining wastes.** Analytica Chimica Acta, v.524. p. 151-159. 2004.
- MUNIZ, D. H. F; OLIVEIRA FILHO, E. C. **Metais Pesados de rejeitos de mineração e seus efeitos sobre a saúde e o meio ambiente.** Universitas: Ciências da saúde. V. 4.n.1/2. p. 83-100, 2006.
- RAMOS, W. E. S. **Contaminação por mercúrio e arsênio em ribeirões do quadrilátero ferrífero – MG, em área de mineração e atividades garimpeiras.** Tese. Viçosa - MG, 122 p. 2005.
- SILVA, S. R.; PROCÓPIO, S. O.; QUEIROZ, T. F. N.; DIAS, L. E. **Caracterização de rejeito de mineração de ouro para avaliação de solubilização de metais pesados e arsênio e revegetação local.** Revista Brasileira de Ciências do Solo, 28 p. 189-196. 2004.

VALLE, C. M. **Estudo da especiação, quantificação, distribuição e comportamento redox do mercúrio em diferentes tipos de solos da região de Manaus, AM.** UFMG, 2005. 140p. Dissertação (Doutorado em Química Analítica) – Universidade Federal de Minas Gerais, 2005.

Teores de As, Cd e Pb em músculo de traíra (*Hoplias Malabaricus*) pescadas em catreados de garimpos de ouro no vale do Rio Guaporé, sudoeste do estado de Mato Grosso

Este artigo foi preparado de acordo com a Revista Acta Amazônica

Sebastiao dos SANTOS, Maria Aparecida Pereira PIERANGELI, Áurea Regina Alves IGNÁCIO, Célia Alves de SOUZA

RESUMO

A atividade de mineração de ouro pelo processo de garimpagem deixa catreados (lagoas) que são habitadas por peixes, dentre eles a traíra (*Hoplias Malabaricus*). Este trabalho teve o objetivo avaliar os teores de arsênio (As), cádmio (Cd) e chumbo (Pb) em músculo de traíra (*Hoplias malabaricus*) que habitam antigos catreados formados pelo garimpo de ouro. Para isso, foram capturados 30 exemplares de traíras em catreados dos garimpos Pau-a-Pique e Lavrinha, localizados no município de Pontes e Lacerda-MT, com uso de anzol, linha e vara durante o período de estiagem. Os teores desses elementos no músculo dos peixes foram determinados em forno de grafite marca *Perkin Elmer AAnalyst 800*, após digestão ácida. Não houve diferença nos teores dos elementos analisados entre as áreas de garimpo, sendo os teores médios iguais a 0,002; 0,068, 0,235 mg kg⁻¹ para As, Cd e Pb, respectivamente. Todos os valores encontrados foram inferiores ao limite estipulado pela Legislação brasileira (portaria 685 da Agencia de Vigilância Sanitária - ANVISA) para a proteção da saúde humana.

Palavras-chave: Elementos-traço, metal pesado, degradação ambiental, Amazônia meridional.

ABSTRACT

The mining activity of gold by leaves catreados (lakes) that are inhabited by fish, including the traíra (*Hoplias malabaricus*). This work aimed to evaluate the content of arsenic (As), cadmium (Cd) and lead (Pb) in muscle of *Hoplias malabaricus* that inhabit old catreados formed by gold mining. For this, 30 specimens were captured in catreados in the Pau-a-Pique and Lavrinha minings, located in the city of Pontes e Lacerda, southwest of Mato Grosso states, using hook, line and rod during the dry season. The contents of these elements in the muscle of fish were determined in graphite furnace Perkin Elmer AAnalyst 800, after acid digestion. There was no difference in the contents of the analyzed elements between the mining areas, with mean contents equal to 0,002; 0,068; 0,235 mg kg⁻¹ for As, Cd and Pb, respectively. All values were below the limit stipulated by Brazilian legislation (Law 685 of the Health Surveillance Agency - ANVISA) for the protection of human health.

Keyword: Trace elements; heavy metal, environmental degradation, southern Amazon.

INTRODUÇÃO

Os metais pesados, também chamados de elementos-traço (ETs), estão naturalmente presentes na litosfera e quando os depósitos minerais são submetidos a atividades de mineração, a liberação dos mesmos pode ser elevada em relação ao processo natural. Isso ocorre devido à geração de rejeitos ricos em metais em função do aumento da superfície mineral exposta ao ar e à água, fato que leva à dissolução oxidativa dos minerais e à liberação dos metais constituintes (Marguí *et al.*, 2004; Aelion e Davis, 2007). Entre esses elementos estão o As, o Cd e o Pb, os quais são extremamente tóxicos para os seres vivos (Kabata Pendias e Pendias, 2001). Em áreas de mineração de ouro na região sudoeste do estado de Mato Grosso, Pierangeli *et al.* (2009) relatam teores de As de $101,3 \text{ mg kg}^{-1}$.

Com o aumento dos teores de elementos-traço no ambiente parte deles podem ser transportados e depositados por águas pluviais ou pelo vento nos os rios e lagoas (Almeida, 1999; Loredo *et al.*, 2006; Muniz e Oliveira-Filho, 2006). Tanto no solo quanto nos ambientes aquáticos os ETs podem ter vários destinos, tais como: lixiviação, precipitação, adsorção aos colóides e absorção pela biota e plantas (Kabata Pendias e Pendias, 2001; Muñoz, 2002).

Em lagos e rios, os organismos aquáticos e os peixes podem acumular ETs em seus tecidos e órgãos, mesmo quando a água possui teores desses elementos abaixo da concentração mínima estabelecida pela legislação (Teles *et al.*, 2008).

Na represa Billings em São Paulo, Rocha *et al.* (1985) avaliou os teores de Cd e Pb em músculo de traíra e verificaram que os teores variaram de $0,01\text{-}0,07 \text{ mg kg}^{-1}$ para o Cd e de $0,24\text{-}0,94 \text{ mg kg}^{-1}$ para Pb. Em estudos recentes foram avaliados a concentração de ETs em músculos da espécie tambacu e tilápia peixes de água doce

criados em áreas de passivo ambiental na região do Alto Paraguai (Eickhoff, 2011), em músculo de surubins capturado no rio São Francisco (Gobbi, 2007) e bagre amarelo no litoral sul de São Paulo (Kuniyoshi *et al.*, 2011).

A legislação brasileira em vigor adota um limite máximo para teores de Cd, As e Pb em peixes e seus derivados podendo ter sua origem da água doce ou do salgada (ANVISA, 685/1998). O consumo constante de peixes com níveis de As, Cd e Pb acima dos limites estipulados como seguros pode acarretar no organismo humano desde uma simples reação alérgica até graves complicações como o câncer de pele (Barra *et al.*, 2000; Mantovani, 2005). Um agravante com relação à contaminação de peixes com Cd, por exemplo, é que os mesmos podem acumular esse elemento em altas concentrações, porém sem que seu crescimento seja inibido, conforme relatado por Matsuo e Val (2007).

Este trabalho foi realizado com o objetivo de determinar os teores de As, Cd e Pb em peixe carnívoro (*Hoplias malabaricus*), conhecidos como traíras, capturados em catreados formados em área de garimpo de ouro no município de Pontes de Lacerda e Nova Lacerda, localizados no Vale do Alto Guaporé, sudoeste do estado de Mato Grosso, MT.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da área de estudo

Esse “estudo foi realizado em duas áreas garimpos de ouro: Garimpo da Lavrinha nas coordenadas geográficas 15°20’12,5” S e 59°12’27,8” W e garimpo Pau-a-Pique nas coordenadas geográfica 15°40’32,1” S e 59°08’44,7” W, localizadas no município de Pontes, localizado na bacia hidrográfica do rio Guaporé, o qual por sua vez pertence à bacia Amazônica (Figura 1). A região do estudo é conhecida como Vale

do Ato Guaporé e está localizada na no sudoeste do estado de Mato Grosso sendo composta pelos municípios de Pontes e Lacerda, Vila Bela da Santíssima Trindade, Vale de São Domingos, Conquista do Oeste e Nova Lacerda, com um total de 31.487,812 Km², e uma população de 64.796 hab (IBGE, 2010). A região tem como principais fontes econômicas a pecuária de corte e leite, mineração e turismo, sendo Pontes e Lacerda o pólo regional, distante 450 km da capital (Piaia, 2003; IBGE, 2010).

A região apresenta clima tropical alternadamente seco e úmido e temperaturas medias entre 20 e 28 °C, com médias de 22 °C nos planaltos (Serras da Santa Bárbara e Ricardo Franco), com invernos secos e verões chuvosos e uma média pluviométrica em torno de 1.500 mm ano⁻¹ (Simelli, 1990).

Nos vales do rio Guaporé e rio Alegre estão as menores altitudes (~250 m), que formam áreas alagadas dando origens a lagoas, corixos e baías e as maiores altitudes estão nas serras de Santa Bárbara (~1.118) metros de altitude e Serra Ricardo Franco (~1.020 m), locais onde estão inseridos os parques estaduais da Serra da Santa Bárbara e Serra do Ricardo Franco (SEPLAN, 2001). A região é drenada por vários rios, sendo o principal deles o rio Guaporé que nasce na borda sul da chapada dos Parecis, a nordeste do município de Pontes e Lacerda e segue inicialmente para o sul, mudando seu curso para oeste, tendo como os primeiros tributários a montante do município de Pontes e Lacerda os rios Branco, Lavrinha e Cágado; e os rios Alegre, Gomalina e Barbado na região oeste, fronteira com a Bolívia. Seguindo para noroeste encontra-se os rios Piolho, Galera e Sararé que são os principais tributários no do Rio Guaporé dentro do estado de Mato Grosso. Esse rio após percorrer 1.224 km de extensão, drenando e uma área de aproximadamente 57.000 km² deságua no rio Mamoré no estado de Rondônia (IBGE, 1996; ANA, 2002; SEPLAN, 2001),

Devido à geomorfologia e diversidade de solos, tais como Latossolos, Neossolos, Argissolos e suas variações a vegetação local apresenta-se como um mosaico destacando a savana parque, savana arborizada, floresta estacional, savana florestada e floresta remanescente (SEPLAN, 2001, Lima *et al.*, 2007). Levantamento florístico realizado em áreas de mineração de ouro na região destacam a presença de árvores típicas do ecótono Cerrado-Amazônia (Pires e Pierangeli, 2011).

Em termos geológicos, a região faz parte do Cráton Amazônico, o qual exhibe compartimentação tectônico-geocronológica, individualizada em quatro províncias proterozóicas, uma delas denominada de Sunsás Aguapeí (Tassinari e Macambira, 1999). Essa unidade cobre parcialmente as rochas do embasamento plutono-vulcânico dos terrenos rio Alegre e Pontes e Lacerda, Complexo Granulítico-Anfibolítico Santa Bárbara e o Complexo Granito-Gnaiss Serra do Baú (Lacerda Filho, 2004). A Província Aurífera do Alto Guaporé contém importantes ocorrências de ouro, no sudoeste do Cráton Amazônico, estado de Mato Grosso – fronteira Brasil/Bolívia. O ouro está associado à evolução tectono-termal mesoproterozóica da Faixa Móvel Aguapeí, cinturão NNW com 25 a 50 km de largura e extensão em torno de 600 km (Fernandes *et al.*, 2004). É registrada ocorrência de depósitos de ouro nos municípios de Porto Esperidião, Vila Bela da Santíssima Trindade, Pontes e Lacerda e Nova Lacerda (Lacerda Filho, 2004). No grupo Aguapeí, os depósitos auríferos em Pontes e Lacerda são representados pelo Gnaiss Lavrinha, Tonalito Lavrinha e Granito-Gnaiss Santa Helena e pela sequência vulcano-sedimentar Pontes e Lacerda (Fernandes *et al.*, 2005).

De maneira geral, nessas áreas a garimpagem ocorreu em antigos leitos e margens de pequenos córregos, no fundo de vale, onde o ouro é encontrado junto dos seixos a uma profundidade que varia entre 3 a 5 metros da superfície. No garimpo o

cascalho demais sedimentos são dragados e o ouro é separado do material grosso por gravidade. No local onde o material é retirado forma-se um buraco normalmente conhecido como catreado (Figura 2). Com o tempo esse catreado acumula águas pluviais ou do próprio lençol freáticos formando lagoas (Figura 2), que são habitadas por diversas espécies de peixes entre eles as traíras (*Hoplias malabaricus*). A traíra (*Hoplias malabaricus*) é um peixe carnívoro bem adaptado a ambientes lânticos, sendo uma espécie com baixa necessidade de oxigênio para respiração (Barbiere, 1989), estando no topo da cadeia alimentar. E são utilizados peixes como alimento pelas comunidades e trabalhadores do garimpo que residem próximos dessas áreas.

Coleta do material e análises

Em cada área de garimpo foram selecionados três catreados, nos quais foram capturados os peixes. Para captura da traíra foi utilizado anzol, linha e vara com isca de carne, no período vespertino e noturno, sendo que após a captura cada espécime foi acondicionada em saco de polietileno com as devidas identificações (local de captura) e posteriormente conservado em freezer. Em cada área de garimpo foram coletados 30 espécimes, totalizando 60 espécimes.

No laboratório, cada espécime foi pesado em balança com precisão de 0,5 g, após pesados e medidos, foram retirados 100 g de músculo, os quais foram acondicionados em sacos de polietileno, identificados e congelados. Para essa atividade foi utilizado laminas de bisturi, luvas de látex individuais para não haver contaminação entre as amostras. Optou-se por amostrar os músculos, ao invés de outros órgãos que são destoxicadores, tais como fígado e rins, pelo fato dos músculos serem a parte do peixe mais utilizada na dieta.

Para a determinação de As, Cd e Pb em tecido muscular, procedeu-se a pesagem

de 3 g de músculo de peixe (peso úmido) diretamente em cadinhos previamente descontaminados com HNO₃ a 10% v/v, em duplicata, sendo preparadas de acordo com as recomendações da FAO (FAO/SIDA, 1983, Pfeiffer *et al.*, 1985; Kehrig *et al.*, 2007). Para a extração realizou-se a calcinação da amostra a 430 °C em mufla por 6 horas e posterior adição de 3 mL de água-régia (HNO₃:HCl 3:1) e aquecimento em chapa aquecedora até a evaporação da mistura ácida. Após o resfriamento, foram adicionados 2 mL de HCl na mistura, que novamente foi levada ao aquecimento até a evaporação do ácido e posterior resfriamento. Depois, foi adicionado às amostras 10 mL de HCl 0,1 mol L⁻¹ e no momento da análise a amostra foi reerguida com água ultra pura para 30 mL e levada para análise em forno de grafite marca *Perkin Elmer AAnalyst 800*. Para análise estatística foi utilizado o programa SISVAR[®] versão 5.1, sendo realizada análise de variância comparando-se os resultados entre as áreas e o teste de *Skott-Knott* para comparação das médias, quando pertinente.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Tabela 1 apresenta as médias, máximos e mínimos dos tamanhos e pesos dos peixes coletados nas áreas de garimpo de ouro do Pau-a-Pique e Lavrinha. Observa-se que tanto o tamanho quanto o peso dos peixes diferem entre as duas áreas, possivelmente porque se trata de criatórios naturais e não de pisciculturas comerciais.

Não houve diferença significativa entre os teores de As, Cd e Pb entre os garimpos Pau-a-Pique e Lavrinha, conforme pode ser visto na Tabela 2. Os teores médios de Cd nos garimpos da Lavrinha foram de 0,068 mg kg⁻¹ e garimpo do Pau-a-Pique foram de 0,083 mg kg⁻¹, sendo esses teores abaixo do encontrado em músculo de surubins (*Pseudoplatystoma coruscans*) no rio São Francisco, cuja média foi igual a 0,112 mg kg⁻¹ (Gobbi, 2007). Eickhoff (2011) encontrou médias de 0,126 mg kg⁻¹ em

músculo de tilápia (*Sarotherodon niloticus*) criada em tanques oriundos de catreados de garimpo a região do Alto Paraguai, porém Teles (2008) em sua pesquisa no rio Caiapó não detectou Cd em brânquias de surubins (*pseudoplatystoma coruscans*).

Os teores médios de arsênio no músculo de traíra no garimpo da Lavrinha foram de 0,002 mg kg⁻¹ e no garimpo do Pau-a-Pique foram de 0,001 mg kg⁻¹. Esses resultados estão abaixo do encontrado em músculo de surubins (*Pseudoplatystoma coruscans*) no rio São Francisco, cuja média foi de 0,095 mg kg⁻¹ (Gobbi, 2007) e em músculo de bagre-amarelo (*Cathorops spixii*), realizado no litoral sul do estado de São Paulo, cuja média foi igual a 0,440 mg kg⁻¹ (Kuniyoshi *et al.*, 2011).

Os teores médios de chumbo nos garimpo da Lavrinha foram de 0,235 mg kg⁻¹ e de 0,244 mg kg⁻¹ no garimpo do Pau-a-Pique. Esses resultados estão abaixo dos encontrados por Gobbi (2007) no rio São Francisco, o qual encontrou teores médios de Pb iguais a 1,10 mg kg⁻¹ em músculo de surubins (*Pseudoplatystoma coruscans*). Teles (2008) encontrou teores acima de 2,0 mg kg⁻¹ de Pb em brânquias de surubins (*Pseudoplatystoma coruscans*) no rio Caiapó e Eickhoff (2011) que encontrou teores médios < 0,009 mg kg⁻¹ em tilápias (*Sarotherodon niloticus*) criadas em catreados de áreas de garimpos de ouro na região do Alto Paraguai.

Conforme os resultados obtidos nas análises de músculo da traíra e com base na portaria 685/1998 da ANVISA que estabelece teores máximos de 1,0 mg kg⁻¹ para Cd e As e 2,0 mg kg⁻¹ para Pb em peixes ou produtos de pesca, os resultados deste estudo estão abaixo do que estipula a legislação. Dessa forma, o consumo de traíras criadas em catreados, nessas regiões, não oferecem riscos à saúde humana em relação à contaminação por esses elementos-traços.

As baixas concentrações dos elementos-traço encontrado em músculo de traíra

(*Hoplias malabaricus*) podem estar associadas com o fim das atividades de garimpagem que cessou há mais de 25 anos nessas áreas onde foram capturadas as amostras. Além disso, a grande quantidade de materiais mais grosseiros no fundo desses catreados, tais como seixos, cascalhos, areia grossa e areia fina impossibilitam a adsorção de ETs. Uma vez que os solos, juntamente com as rochas, são as principais fontes de ETs para os diversos componentes da geosfera, principalmente a hidrosfera e a biosfera (Kabata Pendias e Pendias, 2001), supõe-se que os solos das áreas amostradas não apresentem concentrações elevadas dos elementos avaliados nesse estudo.

CONCLUSÕES

Em nenhuma amostra de músculo de peixe foi constatada a presença de As, Cd e Pb acima do permitido pela legislação brasileira.

Dessa forma, conclui-se que do ponto de vista da contaminação com As, Cd e Pb, o consumo desses peixes não apresenta riscos à saúde.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- Aelion, C. M.; Davis, H. T. 2007. *Use of a general toxicity test to predict heavy metal concentrations in residential soils. Chemosphere*, 6:1043-1049.
- Almeida, I. T. 1999. A poluição atmosférica por material particulado na mineração a céu aberto. Dissertação de mestrado - Escola Politécnica - USP-SP, p. 194.
- ANA – Agência Nacional de Águas. Bacia Amazônica, Agência Nacional de Águas, Superintendência de Usos Múltiplos. 2002. Brasília, v. 3, n. 10, p. 1-15.
- ANVISA (Agência de Vigilância Sanitária) Portaria 685 de 27 de agosto de 1998. Estabelece os níveis máximos de contaminantes químicos em alimentos. http://www.anvisa.gov.br/legis/portarias/686_98.htm. DOU DE 24/09/98. Acessado em 10/10/2010.
- Araújo, A. S. A.; Guilherme, L. R. G.; Guilherme, L.; Campos, M. L. 2011. Fitorremediação de solos contaminados com arsênio (As) utilizando braquiária. *Ciência e agrotectenologia*, 35: 84-91.
- Matsuo, A. Val, Al. 2007. Dietary tissue cadmium accumulation in an amazonian teleost (Tambaqui, *Colossoma macropomum* Cuvier, 1818). *Brazilian Journal Biology* 67(4):657-661.
- Barbieri, G. 1989. Dinâmica da reprodução e crescimento de *Hoplias malabaricus* (Bloch, 1974) da Represa do Monjolinho, São Carlos, SP. *Revista Brasileira de Zoologia*. 62: 225-233.
- Barra, C. M.; Santinelli, R. E.; Abraão, J. J.; Guardia, M. L. 2000. Especificação do arsênio - Uma Revisão, *Química Nova*. 23: 58-70.
- Eickhoff, A. P. N. 2011. Elementos-traços em passivos ambientais de garimpo de ouro: Uma avaliação da possibilidade e contaminação de solos, sedimentos, plantas e peixes em áreas de pisciculturas em Poconé e Alto Paraguai-MT. Dissertação de mestrado – Ciências ambientais - UNEMAT, 122 p.
- FAO/SIDA. *Manual de Métodos de Invetigação del Médio Ambiente Acuarico*. 1983. Parte 9. *Análisis de presence de metales y organoclorados en los peces*. FAO, Doc.Téc>Pesca, v.212 p.1-35.
- 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*, v. 35, n. 1, p. 13-22.
- Fernandes C.J., Kuyumjian R.M., Pulz G.M., Pinho F.E.C. 2004. Os depósitos auríferos do Grupo Aguapeí, Estado de Mato Grosso-Brasil, e as características que os diferenciam dos modelos clássicos de ouro em conglomerados. *Revista Pesquisas*.
- Gobbi, J. M. 2007. Estudo sobre a presença de metais pesados em diferentes tecidos de peixes surubins (*Pseudoplatystoma coruscans*) capturados no rio São Francisco-MG. Dissertação de mestrado-Escola de Veterinária da UFMG-BH, 60 p.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 1996. Base de informações municipais. 2. ed. Rio de Janeiro: Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, 1 CD-ROM.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2010. Base de informações

municipais. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. www.ibge.cidades.gov Acessado em 10/03/2012.

Kabata-Pendias, A. e Pendias H. 2001. Trace elements in soils and plants. 3. ed. Boca Raton, CRC Press, 413p.

Kehrig, H. A.; Costa, M.; Malm, O. 2007. Estudo da Contaminação por Metais Pesados em Peixes d Mexilhão da Baía de Guanabara - Rio de Janeiro. *Tropical Oceanography (on line)*. ISSN – 1679-3013. Recife, v. 35, n. 1, p. 32-50.

Kuniyoshi, L. S.; Braga, E. S.; Favaro, D. I. T. 2011. Uso do arsênio na avaliação da qualidade do pescado: necessidade de adequação da legislação ambiental. V simpósio brasileiro de oceanografia. *Oceanografia e Políticas Públicas*. Santos, SP, Brasil. p. 6. Disponível em www.vsbo.io.usp.br/trabs/076.pdf. Acessado em 10/01/2012.

Lacerda Filho, J. V. 2004. Geologia e Recursos Minerais do Estado de Mato Grosso. Mapa Geológico. Esc. 1: 1.000.000. Goiânia: CPRM.

Lima, A; Shimabukuro, Y E; Anderson, L.O.; Torezan, J.M.D.; Rudorff, B.F.T.; Rizzi, R. 2007. Atualização cartográfica do mapa de cobertura do Mato Grosso através da integração de mapas provenientes de imagens TM e MODIS. Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21-26, INPE, p. 1711-1717.

Loredo, 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.

Mantovani, D. M. B. 2005. Contaminantes inorgânicos na cadeia produtiva do pescado. I Simpósio do controle do pescado: Qualidade e Sustentabilidade. ANAIS. Disponível em ftp.sp.gov.br/ftpesca/simposio-controle-pescado.pdf. Acessado em 26/02/2012.

Marguá, E.; Salvadó, V.; Queralt, I.; Hidalgo, M. 2004. Comparison of three-stage sequential extraction and toxicity characteristic leaching test to evaluate metal mobility in mining wastes. *Analytica Chimica Acta*, 524:151-159.

Muniz, D. H. F.; Oliveira Filho, E. C. 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.

Muñoz, S. I. S. 2002. Impacto ambiental na área do aterro sanitário e incinerador de resíduos sólidos de Ribeirão Preto, SP: Avaliação dos níveis de metais pesados. Tese de Doutorado Escola de Enfermagem Ribeirão Preto. USP. 131p.

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*, v.29, n.4, p.523-532.

Pierangeli, M. A. P.; Nóbrega, J. C. A.; Lima, J. M.; Guilherme, L. R. G.; Arantes, S. A. C. M. 2009. Sorção de cádmio e chumbo em Latossolo Vermelho Distrófico sob efeito de calcário e fosfato. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v.4, n.1, p.42-47.

Pires, T. B.; Pierangeli, M. A. P. 2011. Composição florística e fertilidade do solo no garimpo de ouro da Lavrinha, Pontes e Lacerda, MT, Brasil. *Ambi-Agua, Taubaté*, v. 6, n. 3, p. 239-254.

Pfeiffer, W. C.; Lacerda, L. D.; Fizman, M.; Lima, N. R. 1985. Metais pesados na Baía do Sepitiba, Estado do Rio de Janeiro, RJ. *Ciências e Cultura*, 37:297- 302.

Piaia, M. I. 2003. Geografia de Mato Grosso. 3. Edunic, 184 p.

Rocha, A. A.; Pereira, D. N.; Padua, H. B. de. 1985. Produtos de pesca e contaminantes químicos na água da Represa Billings, São Paulo (Brasil). *Revista de Saúde Pública*. 19(5)401-410.

SEPLAN - Secretaria de Estado de Planejamento e Coordenação Geral do Estado de Mato Grosso. 2001. Mapa de Solos e Hidrografia de Mato Grosso. Escala: 1: 1.500.000/digital/ digital.

Simelli, Maria Elena. 1990. Geoatlas. 4 ed. São Paulo: Ática, p. 37.

Tassinari C.C.G. E Macambira M.J.B. 1999. Geochronological Province of the Amazonian Craton. *Episodes*. 22 (3):174-182.

Teles, T. L.; Rego, L. F. Z. U.; Furlaneto, N. J. S. J. 2008. Elementos traço em peixes de interesse comercial do rio Caiapó (Goiás, Brasil) em área sob impacto ambiental. *Estudos*, 35(11/12):1055-1067.

Tabela 1 - Biometria de peixes da espécie traíra (*Hoplias malabaricus*) provenientes de catreados de áreas de mineração de ouro localizados na região sudoeste do estado de Mato Grosso.

Garimpos	Tamanho (cm)		Peso (g)		Médias	
	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Tamanho	Peso
Lavrinha	35	18	399	50	31,10	290
Pau-a-Pique	45	21	1450	100	31,70	391

Tabela 2 - Teores dos elementos-traço (ETs) As, Cd e Pb (mg kg^{-1}) em músculo de traíra (*Hoplias malabaricus*)¹ provenientes de catreados de áreas mineração de ouro na região sudoeste do estado de Mato Grosso.

Garimpos	(Ets) mg kg^{-1}	máximo	mínimo	média
Lavrinha	As	0,008	0,000	0,002
	Cd	0,490	0,008	0,068
	Pb	0,681	0,077	0,235
Pau-a-Pique	As	0,003	0,000	0,001
	Cd	0,262	0,002	0,083
	Pb	0,720	0,052	0,244

¹ n = 60 espécimes

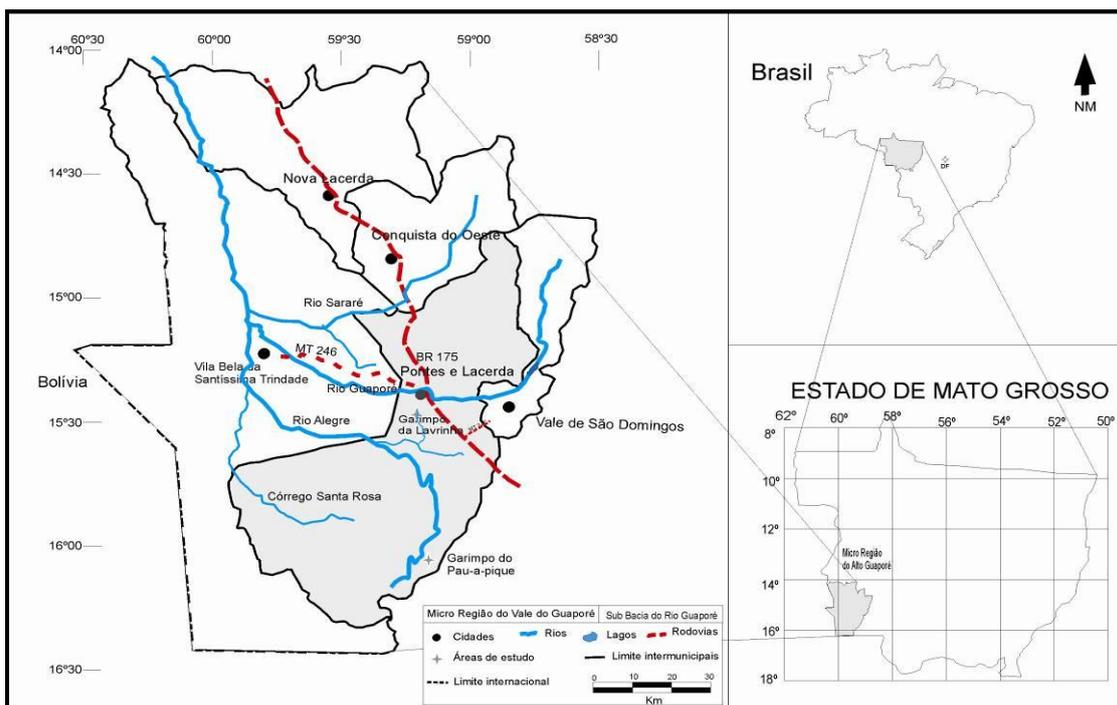


Figura 1 Localização do município de Pontes e Lacerda - Região do Alto Guaporé, sudoeste do estado de Mato Grosso.



Figura 2 – Lagoa formada a partir de um catreado para extração de ouro no garimpo do Pau-a-Pique, sudoeste do estado de Mato Grosso.

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.

Este artigo foi preparado de acordo com as normas da Revista *Acta Amazônica*

Sebastiao dos SANTOS, Maria Aparecida Pereira PIERANGELI, Áurea Regina Alves IGNÁCIO, Célia Alves de SOUZA

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 nº195/2005 e de sedimentos com CONAMA nº344/2004 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⁻¹) no garimpo da Lavrinha; (As 1,343; Cd 0,037; e Pb 3,198 mg kg⁻¹) no garimpo Pau-a-Pique; e (As 1,093; Cd 0,020; e Pb: 2,060 mg kg⁻¹) na mineração São Francisco. Nos solos os teores médios foram de (As 0,772; Cd 0,017 e Pb 2, 515, mg kg⁻¹) no garimpo da Lavrinha; (As 2,579; Cd 0,021 e Pb 4,373 mg kg⁻¹) no garimpo Pau-a-Pique; e (As 0,920; Cd 0,018 e Pb 3,198 mg kg⁻¹) na mineração São Francisco. Os valores encontrados de As, Cd e Pb nos solos e sedimentos dessas áreas estão abaixo dos valores de referencia, de acordo com as legislações brasileira e canadense.

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

ABSTRACT

Soils act as source or sink of trace elements (ETs) in the environment. The study was conducted in three areas of gold mining in the Vale Guaporé in the counties of Nova Lacerda e Pontes e Lacerda, southwestern state of Mato Grosso, with the purpose of assessing the concentration of As, Cd and Pb in sediments and soils at two depths 0-20 and 20-40 cm. The 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 n°. 195/2005 and sediments with CONAMA 344/2004 and CCME EPC-1999. The average contents of ETs were found in sediments (As 0,413; Cd 0.021; Pb 1.618 mg kg⁻¹) in the Lavrinha mining's; (As 1,343, 0,037 Cd, Pb and 3.198 mg kg⁻¹) in Pau-a-Pique mining's; and (As 1,093; Cd 0,020 and Pb: 2,060 mg kg⁻¹) in São Francisco mining's. The average contents in soils were (As 0,772; Cd 0,017 and Pb 2, 515 mg kg⁻¹) in the Lavrinha mining's; (As 2,579; Cd 0,021; and Pb 4,373 mg kg⁻¹) in the Pau-a-pique mining's and (As 0,920; Cd 0,018, and Pb 3,198 mg kg⁻¹) in São Francisco mining's. 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, catreado.

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; Loredo *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 (Kabata - Pendias e Pendias, 2001; Guo *et al.*, 2006) no ambiente.

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 Pb 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 (Azevedo e Chasin, 2003; Alloway e Ayres, 1994).

Pela exposição das rochas nas áreas de mineração ao intemperismo pode ocorrer o aumento da disponibilidade do As para o solo e sedimentos podendo ser transportados

para áreas distantes pelas chuvas e água (Albertini *et al.*, 2007 e Pereira *et al.*, 2009). No Brasil são relatados teores médios de As de 38 mg kg⁻¹ (Marques *et al.*, 2002) em solos da região dos Cerrados e 2,47-101,13 mg kg⁻¹ 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 Cd, porém a argila funciona como tampão e meio para metilação por bactérias disponibilizando para o ambiente (Azevedo e Chasin, 2003; Guilherme e Marchi, 2005; Guilherme, 2007). 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⁻¹ para As, Cd e Pb, respectivamente. No entanto, a CCME EPC (1999) do Canadá, estabelece para sedimentos níveis seguros de 5,9 mg kg⁻¹ para As e 0,6 mg kg⁻¹ 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⁻¹, Cd, 0,5 mg kg⁻¹ e Pb 17 mg kg⁻¹. 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⁻¹, 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.

MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo abrange o município de Pontes de Lacerda nos garimpos 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 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 (Figura 1).

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. 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 2), não havendo a formação de catreados.

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 HNO₃ a 5%, no qual 0,500 g de amostra em duplicata foram pesados e adicionados 10 mL de solução HNO₃ 1:1 com posterior aquecimento sem ebulição por 15 minutos. Após seu resfriamento, foram adicionados 5 mL de HNO₃ levando a mistura novamente para aquecimento por 30 minutos. Após novo resfriamento, o processo de adição de HNO₃ foi repetido e adicionou-se 5 mL de HNO₃,

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 H₂O₂ 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 H₂O₂ 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. 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. 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). 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.

Os maiores teores de arsênio foram observados em solo do garimpo Pau-a-Pique com valor máximo de $5,974 \text{ mg kg}^{-1}$, na profundidade de 20-40 cm e o menor valor foi de $0,280 \text{ mg kg}^{-1}$ na mineração de São Francisco na profundidade de 0-20 cm, tendo os demais valores médios nas áreas de: $0,772 \text{ mg kg}^{-1}$ no garimpo da Lavrinha, $0,920 \text{ mg kg}^{-1}$ na mineração São Francisco e $2,579 \text{ mg kg}^{-1}$ 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 $0,43 \text{ mg kg}^{-1}$ 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^{-1} como nível de prevenção e 35 mg kg^{-1} 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^{-1} .

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⁻¹. Pierangeli *et al.* (2009) relatam teores médios de Cd em solo de área de garimpo de 0,75 mg kg⁻¹. 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⁻¹ como nível de prevenção e 3 mg kg⁻¹ como teor máximo em solos agrícolas. Já a CETEBB (2005) estabelece 0,5 mg kg⁻¹ como valor de referencia 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⁻¹, na profundidade de 20-40 cm e o menor valor foi de encontrado no 1,13 mg kg⁻¹ na mineração São Francisco na profundidade de 0-20 cm, sendo os demais valores médios nas áreas iguais a: 2,515 mg kg⁻¹ no garimpo da Lavrinha; 3,189 mg kg⁻¹ na mineração São Francisco e 4,373 mg kg⁻¹ 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⁻¹ (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⁻¹ para níveis de prevenção e 180 mg kg⁻¹ 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^{-1} de em sedimento de fundo do canal de Bertioga (SP). A resolução CONAMA 344/2004 estabelece teores até $5,9 \text{ mg kg}^{-1}$ no sedimento seco

Os teores de Pb encontrado no sedimento nas áreas estudadas variaram entre $0,003$ a $6,471 \text{ mg kg}^{-1}$ no garimpo do Pau-a-Pique, de $1,063$ a $3,170 \text{ mg kg}^{-1}$ na mineração São Francisco e de $1,063$ a $3,390 \text{ mg kg}^{-1}$ 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 $26,97 \text{ mg kg}^{-1}$ 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 $0,55 \text{ mg kg}^{-1}$ 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 $3,5 \text{ mg kg}^{-1}$ 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 comparados com os estudos realizados por Sartoretto (2011), os quais encontraram teores de Cd entre $4,0$ a $14,5 \text{ mg kg}^{-1}$ de Cd no sedimento superficial do canal da Bertioga, em São Paulo.

A CCME EPC, 1999 (Canadá) estabelece níveis de $0,6 \text{ mg kg}^{-1}$ para Cd no sedimento e o CONAMA, resolução 344/2004 estabelece teores de até $0,6 \text{ mg kg}^{-1}$ 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 esses 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 existentes, os mesmos não permaneceram no sistema, sendo removidos dos mesmos por lixiviação ou erosão.

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.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- Albertini, S.; Carmo, L. F.; Filho, L. G. P. 2007. Utilização de serragem do bagaço de cana-de-açúcar para adsorção do cádmio. *Ciências e tecnologia de alimentos*. Campinas. 27(1):113- 118.
- Alloway, B. J.; Ayres, D. C. 1994. Chemical Principles of Environmental Pollution. 1ª Ed. London: Blackie Academic E Professional, 291p.
- Araújo, A. S. A.; Guilherme, L. R. G.; Lopes, G. C.; Mari, L. 2011. Fitorremediação de solos contaminados com arsênio (As) utilizando braquiária. *Ciência e Agrotecnologia*. 35(1)84-91.
- Azevedo, F. A. 2003. Toxicologia do mercúrio. São Carlos: Rima. São Paulo: Inter Tox. p. 292.
- Azevedo, F. A.; Chasin, A. A. M. 2003. Metais: gerenciamento da toxicidade. São Paulo: Editora Atheneu. p.544.
- 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.
- Borba, R. P.; Figueiredo, B. R.; Cavalcanti, J. A. 2004. Arsênio na água subterrânea em Ouro Preto e Mariana, *Revista Escola de Minas*, 57(1)45-51.
- Campos, M. L.; Guilherme, L. R. G.; Lopes, R. S.; Antunes, A. S.; Marques, J. J. G. S.; Melo, C. N. 2007. Teor e capacidade máxima de adsorção de arsênio em Latossolos brasileiros. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 31:1311-1318.
- CCME Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life, EPC-98E, 1999. Summary Tables (Update 2002). p.1. http://www.ccme.ca/assets/pdf/aql_summary_7.1_en.pdf. Acessado em 15/01/2012.
- CETESB. 2005 - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. 2005. (São Paulo). Decisão de diretoria nº 195-2005-E, p.4.
- CONAMA. 2004- Conselho Nacional do Meio Ambiente. 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/. Acessado em 15/02/2012.
- CONAMA. 2009 - Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 420, de 28 de dezembro de 2009. p.16. Disponível em www.mma.gov.br/conama/resoluções-420-2009.pdf. Acessado em 26 de janeiro de 2012.
- 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(1)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(1)46-58.
- Eickhoff, A. P. N. 2011. Elementos-traço em passivos ambientais de garimpo de ouro: Uma avaliação da possibilidade de contaminação de solos, sedimentos, plantas e peixes

em áreas de piscicultura em Poconé e Alto Paraguai-MT. Dissertação de mestrado ciências ambientais, UNEMAT p.122.

EMBRAPA, Manual de Métodos de Análises de Solo. 1997. 2. ed. Rio de Janeiro. Centro Nacional de Pesquisa do Solo, p.212.

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(1):13-22. Disponível em 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. Acessado em 10/12/2011.

Franco, A. Avelio, C. Eduardo, F. Silva, M. R. Faria, S. M. 1992. Revegetação de solos degradados. EMBRAPA (Comunicado Técnico).

Guchert, J. A.; Roussenq N. J. 2007. Conservação e uso do solo. Indaial: Ed. Grupo UNIASSELVI. p. 23-27. Disponível em www.webartigos.com/artigos/a-importancia-da-do-solo/66938/. Acessado em 10/10/2011.

Guilherme, L. R. G. 2007. Desafios da Química do Solo no Cenário de Sustentabilidade da Produção Agrícola Brasileira: Um estudo de caso envolvendo a questão de metais em fertilizantes. XXXI Congresso Brasileiro de Ciências do Solo - Conquistas e Desafios da Química do Solo. www6.ufrgs.br/cbcs/palestras/LuizGuilherme.pdf. 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 . 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 – 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(3)378-386. Disponível em www.scielo.br/pdf/qn/v27n3/20162.pdf. Acessado em 10/10/2010.

Kabata-Pendias, A. e 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(1)034 - 044.

Larini, L. Toxicologia. 1997. 3ª ed. São Paulo: Editora Manole Ltda. 301 p.

Lopes, M. De C. Silva E Guilherme, L.R. G. 1990. Acidez do solo e calagem. São Paulo

- ANDA Boletim Técnico, 22 p.

Loredo, 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 A*, V. 136. P. 455-467.

Maia, S. R. R.; Marins, R. V. 2003. Distribuição e partição geoquímica de cádmio, mercúrio e cobre na costa da região metropolitana de Fortaleza. IX Congresso Brasileiro de Geoquímica. Belém-PA. p 87-88. Disponível em <http://www.ufpa.br/congresso geoquimica/apres.htm>. Acessado em 15/01/2012.

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(1)83-100. Disponível em 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(4): 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.; Viera, 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(1) 61-69. Disponível em 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.; Oliveira, L.R. & Lima, J.M. 2001. Efeito Do Ph Na Adsorção-Dessorção De Chumbo Em Latossolos Brasileiros. *R. Bras. Ci. Solo*, 25:269-277.

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*, v.29, n.4, p.523-532.

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. 2011. 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, 122p. Disponível em [ftp://ftp.bbt.ufv.br/teses/agroquimica/2005/190255f.pdf](http://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 (1) 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 Bertioga-SP. V SOB. Simpósio Brasileiro de Oceanografia. Oceanografia e Políticas Públicas, Santos, SP, Brasil. Disponível em www.vsbo.io.usp.br/trabs/065.pdf. Acessado em 21/02/2012.

Seplan. 2001. Mapa de solos do estado de Mato Grosso. Zoneamento Sócio-Econômico Ecológico. Mapa A001. Escala 1:500.000.

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(3):321-326. <http://www.scielo.br/scielo>. Acessado em 10/07/2011.

Slagle, J. A. Skousen, D. Bhumbla, J. Sencindiver, and 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.

Tabela 1 - Teores de matéria orgânica e pH em amostras dos sedimentos dos garimpos Lavrinha, Pau-a-Pique e mineração São Francisco.

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

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

Garimpos	Profundidades	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

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

Amostras	Garimpo da Lavrinha		Garimpo do Pau-a-Pique		Mineração São Francisco	
	Textura		Textura		Textura	
	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

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.

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

Tabela 5 - Teores de As, Cd e Pb (mg kg^{-1}) nos sedimentos dos garimpos de Lavrinha e Pau-a-Pique e mineração São Francisco

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

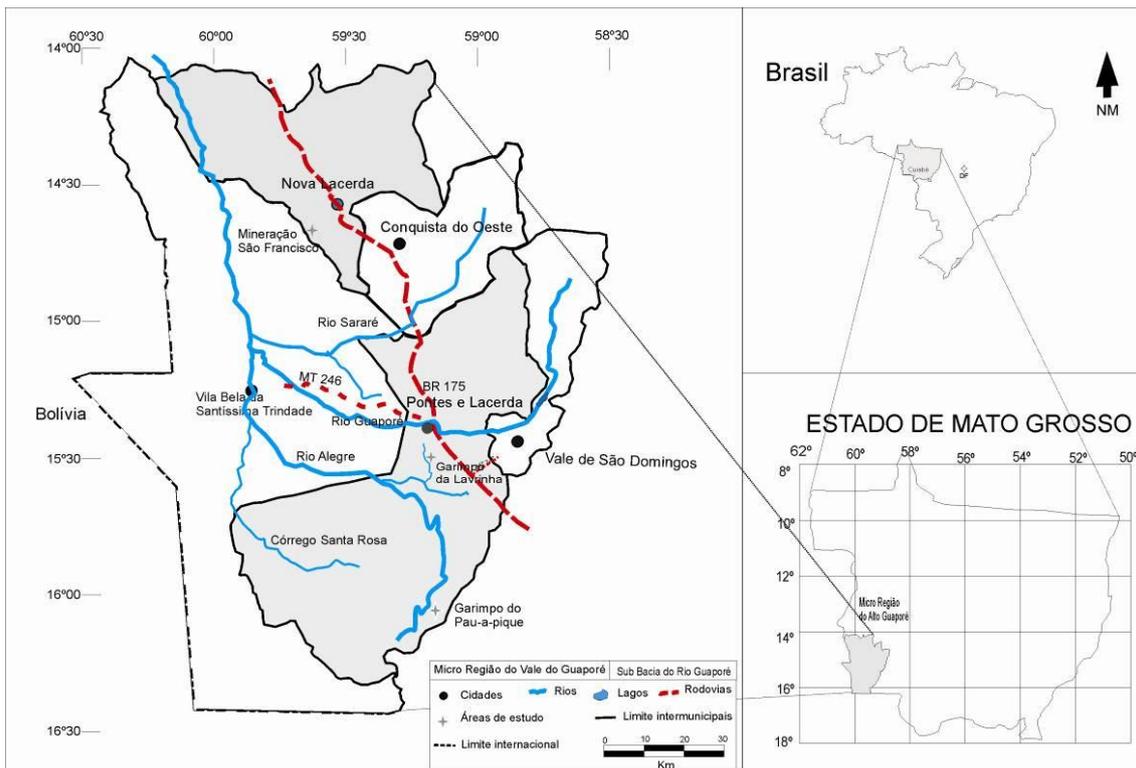


Figura 1 – Localização do município de Pontes e Lacerda e Nova Lacerda - Micro Região do Alto Guaporé, sudoeste do estado de Mato Grosso.



Figura 2. Visão geral da Mineração São Francisco, município de Nova Lacerda, sudoeste do estado de Mato Grosso.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados das análises realizadas neste trabalho mostram que o tecido muscular da traíra (*Hoplias malabaricus*), o sedimento e o solo, capturados e coletados nas áreas de garimpo do Pau-a-Pique, Lavrinha e Mineração São Francisco, localizadas na região do Alto Guaporé, apresentaram teores de As, Cd e Pb abaixo do estabelecidos como seguros tendo em vista a saúde humana pela legislação brasileira ANVISA resolução 685/1988 e CONAMA resolução 420/2009, CONAMA, resolução 344/2004 e CCME EPC- 98E 1999 (Canadá).

A baixa concentração de As, Cd e Pb nas áreas de garimpo estudadas possivelmente está relacionada à pobreza do material de origem nesses elementos e aos baixos teores de argila e matéria orgânica dos solos e sedimentos, fato que não favorece a retenção desses elementos.

Quando a extração do ouro é realizada de maneira clandestina, sem uma licença do órgão ambiental (SEMA-MT) não ocorre a recuperação dessas áreas, que são abandonadas pelo fim da lavra ou forçadas pelo embargo da fiscalização e terminam sem uma recuperação efetiva, o que pode se notar nos garimpos da Lavrinha e Pau-a-pique, onde os catreados abertos pelas dragas permanecem ou cobertos de água ou inteiramente assoreados.

Com a continuidade das atividades de mineração nas três áreas estudadas é necessário que haja um monitoramento dessas áreas, verificando a ocorrência de erosão, desmatamento, assoreamento dos córregos, controle da qualidade da água. Preferencialmente essas atividades devem com ser realizadas com a participação das comunidades que residem no entorno

dessas mineradoras.

Tendo em vista os resultados desses estudos, em relação aos riscos de contaminação com As, Cd e Pb, esses catreados podem continuar servindo de bebedouros para o gado e como tanques de pisciculturas para criação de outras espécies de peixe para consumo próprio ou comércio.