



## FONTE, DISTRIBUIÇÃO E CARACTERÍSTICAS GEOQUÍMICAS DOS SEDIMENTOS DE CORRENTE DO RIO DO FORMOSO – MG

Hernando Baggio, Adolf Heinrich Horn

(1 - Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri - UFVJM – IH/Departamento de Geografia/LAA. Doutor em Geologia. [hernandobaggio@yahoo.com.br](mailto:hernandobaggio@yahoo.com.br); [hbaggio@ufvjm.edu.br](mailto:hbaggio@ufvjm.edu.br). 2 - Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG/ NGqA-CPMTC-IGC, Doutor em Geologia)

### Resumo

O rio do Formoso é um importante tributário do rio São Francisco no noroeste do estado de Minas Gerais. Sua bacia encontra-se inserida no Bioma Cerrado, enquanto que, suas águas drenam imensos latifúndios com forte tendência agropecuária. Foram coletadas 22 amostras de sedimentos em onze pontos, nas quais, foram determinadas as concentrações dos teores totais dos seguintes metais: Cu, Cd, Cr, Ni, Pb, Zn. A abertura das amostras foi feita por extração ácida e a determinação dos metais por ICP-OES. Os resultados foram comparados à resolução CONAMA 344/2004-Nível 1. A determinação mineralógica foi realizada por DRX, a composição geoquímica dos litotipos para Cd e Cr foi obtida através da decomposição das amostras por extração ácida e, a determinação dos metais por ICP-OES. Os teores totais dos metais Cd e Cr nos sedimentos ultrapassaram os valores de referência nível 1 (TEL), estabelecido pelo CONAMA. A disponibilidade desses metais nos sedimentos pode ter uma correlação com os resíduos metal-orgânicos gerados pela agricultura comercial. A assinatura geoquímica para o elemento Cr presente no sedimento confirma a contribuição natural geológica. O mineral predominante é o quartzo, a presença de minerais de argila, sugere uma maior ou menor troca de cátion metálicos do sedimento para a coluna de água.

**Palavras-chave:** Rio do Formoso, Metais pesados, sedimentos, CONAMA 344/04.

### Abstract

## SOURCE, DISTRIBUTION AND GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF STREAM SEDIMENTS OF THE FORMOSO RIVER – MG



The Formoso river is an important tributary of the São Francisco river in the northwest of Minas Gerais State. With its basin inserted in the Cerrado Biome, its waters drain large agropecuary landed estates, what influences directly the physicochemical characteristics of superficial waters and stream sediments. The Cu, Cd, Cr, Ni, Pb and Zn parameters were analyzed in 22 sediment samples in 11 points by using the chemical acid extraction technique and ICP-OES reading, and the results were compared to the CONAMA resolution 344/2004 Level 1. Mineralogical determination was through DXR, the composition geochemistry of the sedimentary lithotypes for Cd and Cr was gotten through the decomposition of the samples for acid extration and the metallic determination of metallic cations for ICP-OES. It revealed that the levels of Cd and Cr are above (TEL) the levels recommended by the CONAMA. The presence of these metals in sediments results can have a correlation of the metal-organic residues generated by commercial agriculture. The geochemistry signature for the Cr element present in the sediment confirms the geological natural contribution. Quartz is the predominant mineral on sediment, the presence of clay minerals kaolinite suggests a greater or minor interchange of metallic cations from the sediment to the water column.

**Keywords:** Formoso River, Heavy metals, sediments, CONAMA 344/04.

## **Resumen**

### **ORIGEN, DISTRIBUCIÓN Y CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE LOS SEDIMENTOS DEL RÍO DO FORMOSO - MG**

O Río do Formoso es un importante afluente del río São Francisco, en el noroeste del estado de Minas Gerais. Su cuenca se inserta en el Bioma Cerrado, mientras que sus aguas desembocan en grandes propiedades con una fuerte tendencia a la agricultura. Se recogieron 22 muestras de sedimentos en once puntos, en los que se determinaron las concentraciones de contenido total de los siguientes metales: Cu, Cd, Cr, Ni, Pb, Zn. La apertura de las muestras se realizó mediante la extracción del ácido y la determinación de metales por ICP-OES. Los resultados se compararon con la resolución 344/2004 Nivel 1 del CONAMA. La determinación mineralógica se realizó por DRX, la composición geoquímica de las rocas para Cd y Cr se obtiene por la descomposición de las muestras por la extracción del ácido y la determinación de metales por ICP-OES. Las concentraciones totales de metales Cd y Cr en los sedimentos superado los valores de referencia para el nivel 1 (TEL), creado por la CONAMA. La disponibilidad de estos metales en los sedimentos pueden estar relacionados a

los residuos de metal-orgánicos generados por la agricultura comercial. La firma geoquímica para el presente elemento Cr en los sedimentos confirma la contribución geológica natural. El mineral predominante es el cuarzo, la presencia de minerales de la arcilla, sugiere un intercambio de cationes metálicos en mayor o menor de sedimentos en la columna de agua.

**Palabras clave:** Río Formoso, metales pesados, sedimentos, CONAMA 344/04.

## 1. Introdução

A dinâmica da evolução dos sistemas produtivos e o domínio sobre a tecnologia têm como consequência uma ampla problemática ambiental, onde, os processos produtivos instalaram-se nos meio ambientes físicos e biológicos. A região investigada vem sendo utilizada para fins agrícolas, desde a década de 60, por imensos latifúndios que introduziram a monocultura de pinus e eucaliptos. Contudo, com a chegada dos grandes grupos capitalistas agrícolas, trazendo consigo novas agrotecnologias, a produção diversificou-se e ganhou caráter comercial, em especial com a produção de soja, milho, feijão, café e, atualmente, a monocultura de algodão, e que são responsáveis pelo desenho de uma nova paisagem agrícola na região.

A área, objeto desta pesquisa é incipiente no que diz respeito a trabalhos científicos sistemáticos, contudo, trabalhos de ordem pontual, vêm sendo desenvolvidos na região. Uma das primeiras investigações objetivando a obtenção de dados químicos da água e sedimentos do Rio São Francisco, foi elaborado pelo o Centro Tecnológico de Minas Gerais (CETEC) e o Conselho de Meio Ambiente de Minas Gerais – COPAM (CETEC, 1980; COPAM, 1986); entre os anos de 1990 a 1992, alunos de mestrado da Fachhochschule München (1991- inédito) - Alemanha, sob a orientação do Prof. Dr. A. H. Horn e do Prof. Dr. W. Jantsch investigaram os teores de metais pesados nos sedimento de corrente e fundo no RSF, entre a represa Três Marias e o Córrego Consciência.

Mozeto (2003) elaborou um diagnóstico sobre a contaminação ambiental por metais pesados na água e sedimentos na Represa de Três Marias – MG; Oliveira (2007) pesquisou a presença de metais pesados nos sedimentos no entorno da barragem de Três Marias e no Rio São Francisco; Viana (2006) apresentou uma pesquisa que buscou avaliar a condição geoquímica ambiental das veredas na Bacia Hidrográfica do Rio do Formoso; Ribeiro (2007) avaliou os níveis de contaminação por metais pesados nas águas superficiais do Rio São Francisco em Pirapora e sua relação com as atividades industriais; Braga (2007) em sua

dissertação de Mestrado investigou a contaminação do solo por metais pesados em pilhas de rejeitos antigas e atuais das indústrias de Fe-Si na região de Várzea da Palma – MG; Baggio (2008) pesquisou a presença de metais pesados nas águas superficiais e nos sedimentos de corrente do Rio do Formoso-MG.

Os referidos trabalhos contribuíram de maneira significativa para as primeiras avaliações geoquímicas, além, de estabelecer o primeiro banco de dados sobre a qualidade ambiental da água e dos sedimentos nesse importante segmento do Rio São Francisco.

Segundo Alloway & Ayres (1994) a agricultura é uma das maiores fontes não pontuais de poluição por metais pesados, sendo as fontes principais as impurezas em fertilizantes (Cd, Cr, Mo, Pb, U, V, Zn); por pesticidas (Cu, As, Hg, Pb, Mn, Zn); os preservativos de madeiras (As, Cu, Cr) e os dejetos de criação de aves e porcos (Cu, Zn).

Sedimento é o material geológico não consolidado, distribuído ao longo de todos os sistemas hidrológicos, caracterizado pela contínua e constante interação dos processos de intemperismo e erosão situados a montante (Litch, 1998).

De acordo com as condições físico-químicas da água, os elementos solubilizados podem precipitar como hidróxidos, carbonatos e demais minerais, ser adsorvidos por sólidos finos ou formar complexos com a matéria orgânica, incorporando-se aos sedimentos. Dessa forma, os sedimentos contêm informações dos processos naturais e antrópicos contidos dentro da bacia hidrográfica, sendo sua análise uma importante ferramenta para determinar a qualidade de um sistema aquático.

Este trabalho teve por objetivo estabelecer a concentração de metais (Cu, Cd, Cr, Ni, Pb e Zn) no sedimento, definir suas fontes e distribuição, comparando os valores com os da Resolução CONAMA 344/04 Nível 1<sup>1</sup> (TEL) - limiar do qual se prevê-se um provável efeito adverso a biota

## **2. Contextualização da área de estudo**

A área da pesquisa encontra-se regionalmente inserida na bacia hidrográfica do rio São Francisco, mais especificamente no segmento alto/médio curso, sendo a sub-bacia do rio do Formoso a área efetiva das campanhas de campo. O tipo climático para a área de estudo é o

---

<sup>1</sup> Nível 1: Threshold Effect Level (TEL) - limiar do qual se prevê-se um provável efeito adverso a biota CONAMA 344/04.

tropical úmido/subúmido, com inverno seco e verão chuvoso, a média pluviométrica é de 1.195 mm (CETEC, 1980). A área de estudo, encontra-se diretamente influenciada pelo contexto geológico-geomorfológico regional, marcada de forma geral por uma superfície ligeiramente ondulada, correspondendo à Superfície Sul-Americana I e II (Valadão, 1999).

Os principais compartimentos geomorfológicos encontrados na área da pesquisa são: 1) A Superfície Tabular – Unidades de Chapadas esculpidas em rochas sedimentares do Grupo Areado; 2) Unidades de Colinas - esculpidas sobre os litotipos Grupo Areado/Formação Três Barra, Grupo Mata da Corda e Grupo Bambuí/Formação Três Marias do Neoproterozóico; 3) Planície aluvial Unidades de Vales e Terraços Quaternários.

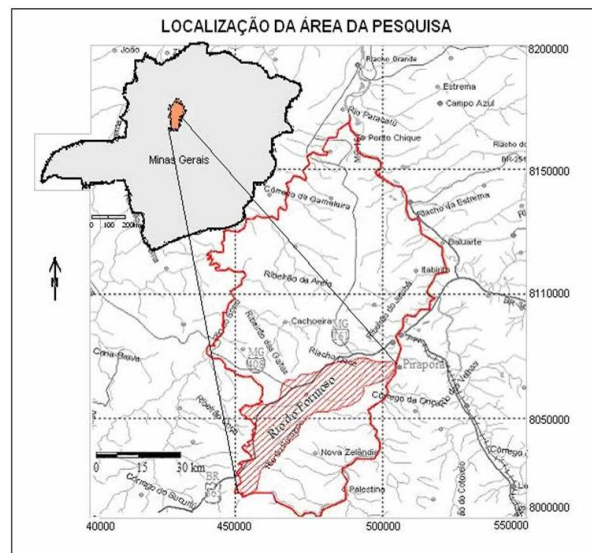


Figura 1: Localização geral da área da pesquisa no contexto geográfico municipal e indicando o posicionamento da área dentro da bacia do rio São Francisco. Fonte: (Baggio, 2008).

Hidrograficamente a bacia do rio do Formoso drena uma área de 826 km<sup>2</sup> e, integrando-se à bacia hidrográfica do rio São Francisco pela margem direita, possui um canal aberto e, seu fluxo principal é do tipo turbulento de corrente e encachoeirado. Dentro de um quadro litogeomórfico, desenvolveu-se uma cobertura pedológica diferenciada, devido às influências do material de origem e do relevo, com prevalência dos Latossolos. Toda a área encontra-se inserida no Bioma Cerrado, apresentando fitofisionomias variadas. O uso do solo na bacia se faz de forma intensiva, com grandes áreas ocupadas por monocultoras comerciais, como mostra a figura 2, (Baggio, 2008).



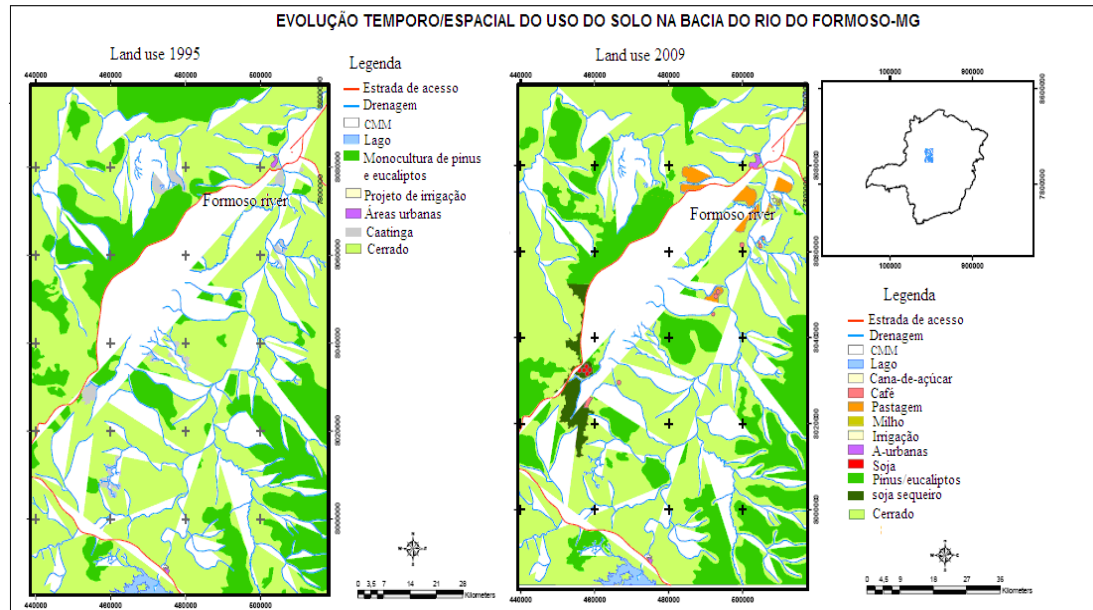
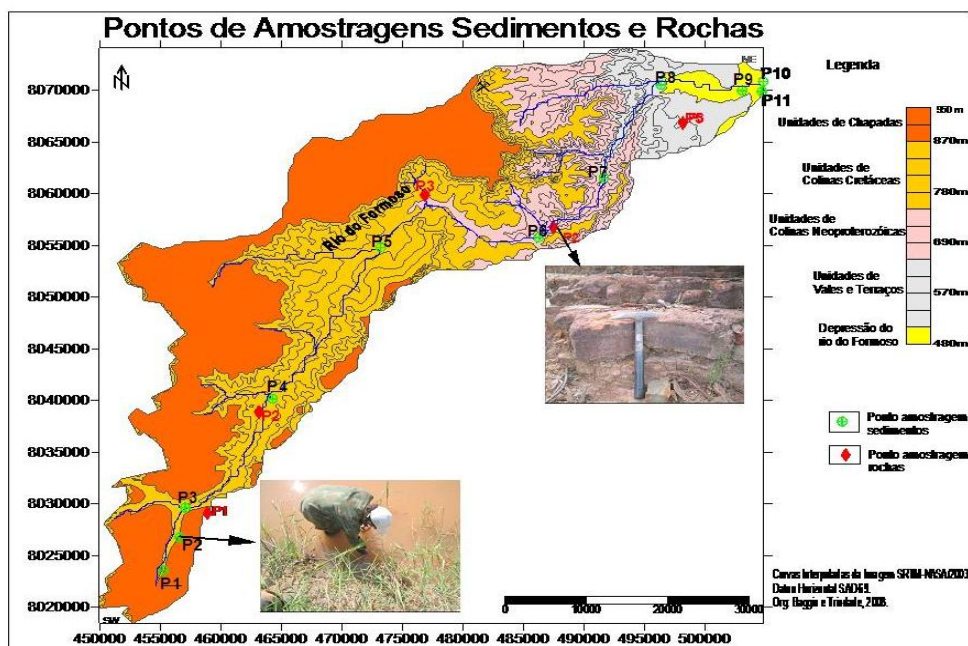


Figura 2: Evolução do uso do solo (1995 a 2008) ocorrida na bacia do rio do Formoso, com aumento de áreas - plantios comerciais (Baggio, 2008).

### 3. Materiais e métodos

O desenvolvimento do trabalho se iniciou com seleção dos pontos de amostragem ao longo do canal fluvial, sendo estabelecida através de uma malha de densidade média, considerando também, as variações na paisagem que refletissem os diferentes tipos de unidades litológicas, compartimentos geomórficos e suas áreas de transição, como mostra a figura 3.



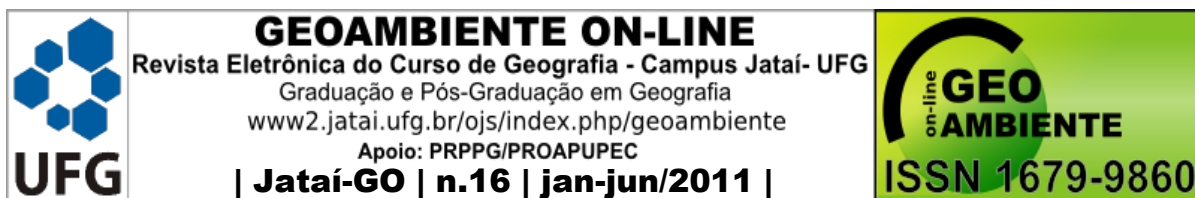


Figura 3: Mapa dos compartimentos geomórficos com os pontos de amostragem para sedimentos de corrente e rochas. Fonte: (Baggio, 2010).

Foram realizadas duas amostragens, sendo a primeira realizada na estação úmida (Março/2007) e a segunda na estação seca (Julho/2007), em onze pontos ao longo do canal fluvial. O monitoramento quadrimestral foi importante devido à intenção de identificar os fatores contaminantes permanentes e sazonais, caracterizado pela diferença climática entre as estações úmidas e secas, principalmente pelo carreamento do material superficial e a mobilização de materiais presentes nos sedimentos e nos solos.

Foram coletadas 22 amostras de sedimentos de 1,5 kg cada, coletadas a uma profundidade até 35 cm da lâmina de água e afastada em 30 cm da margem do leito. Em laboratório, as amostras foram secas à temperatura ambiente, preparadas, pesadas e fracionadas em peneira de aço até a fração  $<0,63\mu\text{m}$ . A abertura das amostras foi feita por ataque ácido ( $\text{HNO}_3$ ,  $\text{HCl}$  e  $\text{HF}$ ).

A determinação total dos cátions metálicos (Cu, Cd, Cr, Ni, Pb e Zn) foi feita por Espectrômetro de Emissão Óptica com Plasma Indutivamente Acoplado – ICP-OES, pertencente ao CPMTC/IGC/UFMG. As amostras de rochas foram coletadas em afloramentos frescos ou pouco alteradas, coletou-se 5 amostras (aproximadamente 2 kg de material), com o objetivo de determinar os teores totais de Cd e Cr, nos litotipos arenitos do Grupo Areado-Formação Três Barras e folhelhos do Grupo Bambuí-Formação Três Marias.

As amostras foram secadas a uma temperatura de  $90^\circ\text{C}$ , britadas a 2 mm, quarteadas e homogêneas, com a pulverização foi feita em moinho de aço a 95% - 150 mesh, a abertura química foi realizada através de digestão ácida ( $\text{HNO}_3$ ,  $\text{HCl}$  e  $\text{HF}$ ), a determinação dos cátions metálicos foi por ICP-OES. A determinação mineralógica dos sedimentos foi realizada no mesmo laboratório, por difratometria de Raios-X (DRX - método do pó total), as amostras pulverizadas fração  $<100$  mesh, foram compactadas a seco em lâminas vazadas e analisadas em um difratômetro da marca Rigaku, modelo Geigerflex.

#### 4. Resultados e discussão

A seguir, apresentam-se os resultados da caracterização e dos teores totais dos metais (quadro 1) nas amostras de sedimentos e, a comparação com os valores máximos permitidos pela Resolução CONAMA 344/04 Nível 1.

Quadro 1 – Valores de referências internacionais e concentração média de Cd e Cr contidos nos litotipos avaliando o grau de enriquecimento.

Elemento	Referência – Bowen, (1979) e Krauskopf, (1976).	Concentração observada	Padrão – litotipos Rio do Formoso
Cd			
Arenitos	0,05 ppm	<0,01 ppm	Não enriquecimento
Folhelhos. Grupo Bambuí	0,22 ppm	<0,01 ppm	Não enriquecimento

Elemento	Referência: Bowen, (1979) e Krauskopf, (1976).	Concentração observada	Padrão – litotipos Rio do Formoso
Cr			
Arenitos	35 ppm	8,288 ppm	Não enriquecimento
Folhelhos. Grupo Bambuí	90 ppm	89 ppm	Não enriquecimento

#### 4.1 Composição mineralógica dos sedimentos de corrente

A composição mineralógica dos sedimentos é constituída pelo grupo dos seguintes minerais terrígenos: (Quartzo >60%), minerais de argila (caolinita entre 3% a 20%), mica-grossa (moscovita <3%), feldspatos (microclina 3% a 5%), minerais acessórios pesados (anatásio - goethita, hematita e magnetita entre 3% a 5%) e minerais químicos e autigênicos representados pelos sulfatos (gipsita 3% a 20%).

O quartzo (SiO<sub>2</sub>) foi o mineral com maior predominância em todas as mostras, sua ocorrência pode estar associada ao retrabalhamento dos arenitos do Grupo Areado e Mata da Corda, que compõem a parte superior da coluna estratigráfica e, dos arenitos arcoseanos do Grupo Bambuí – Fm. Três Marias.

A caolinita Al<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>5</sub>(OH)<sub>4</sub> e a moscovita KAl<sub>3</sub>Si<sub>3</sub>O<sub>10</sub>(OH)<sub>2</sub>, podem ser provenientes dos arenitos da Fm. Chapadão, Fm. Três Barras e metaarenitos Fm. Três Marias, de grande expressão geográfica na área. O Fe, encontra-se nas formas de goethita FeO(OH), hematita Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e magnetita Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, e a sua origem pode ser associada aos litotipos do Grupo Areado e Mata da Corda e aos litotipos da Fm. Três Marias, que compõem o substrato rochoso da bacia.

O anatásio TiO<sub>2</sub> está associado à presença de brechas lapilíticas limitadas por tufos maciços do Grupo Mata da Corda, e por fim, os elementos menores presentes nos litotipos.

De maneira geral, os principais minerais que formam o sedimento da bacia estudada são: o quartzo, a gipsita e a caulinita, refletindo ambientes de intenso intemperismo sazonal, tendo em vista que o quartzo é mineral residual mais resistente ao intemperismo, seguido de



filossilicados neoformados, como a gipsita e caolinita, resultante do intemperismo de minerais primários como os feldspatos e micas.

#### 4.2 *Análise geoquímica dos litotipos*

A análise dos dados do quadro 1 mostra que, o teor do elemento Cd presente nos litotipos Arenitos e Argilitos encontra-se abaixo dos valores de referência, portanto, não há enriquecimento desse metal para os sedimentos. Para o elemento Cr, os teores não ultrapassaram os valores de referência estabelecidos por Bowen (1979) e Krauskopf (1976) para os arenitos, no entanto, para os litotipos argilitos, os valores encontram-se muito próximos do limite estabelecido.

#### 4.3 *Análise química – metais pesados*

Uma correlação entre a fração granulométrica e a composição mineralógica obtidas nos sedimentos permitiu a avaliação entre a concentração dos metais e os fatores de ordem antrópica e natural. A (Tabela 1) apresenta os valores totais máximos e mínimos, obtidos para os seis metais, em dois períodos climáticos - chuvoso e seco.

Os valores obtidos para Cd foram: mínimo de <0,08 (limite detecção) ppm e, máximo de 1,22 ppm na estação chuvosa, e o mínimo <0,08 ppm e, máximo 1,13 ppm na estação seca. Os pontos P1 e P3 superarão em mais de 100% os valores orientadores estabelecidos pela Resolução CONAMA, que é de 0,6 ppm. Em relação aos outros pontos, nenhum ultrapassou os valores orientadores proposto pela resolução CONAMA.

O aumento apresentado nos teores totais de Cd para os sedimentos, principalmente nos pontos P1 e P3, está diretamente associado aos incrementos de agroquímicos e resíduos metal-orgânicos utilizados no plantio de grãos.

Os teores de Cr foram: mínimo de 0,15 ppm e máximo de 64,00 ppm na estação chuvosa, e mínimo de 0,17 ppm e máximo de 63,25 ppm na estação seca. Nota-se um discreto aumento nas concentrações Cr na estação chuvosa, provavelmente, devido ao carreamento de material pedológico contendo resíduos metal-orgânicos, por águas pluviais, disponíveis nas áreas agricultáveis.

As concentrações nos pontos P2 e P3 alcançaram valores acima do recomendado pela Resolução CONAMA 344/04, que é de 37 ppm, diante dos dados obtidos, pode-se afirmar que houve contaminação nos sedimentos de corrente para cromo. Esses pontos localizam-se

no compartimento geomorfológico Unidades de Chapadas (cujo uso do solo é destinado à agricultura comercial). Ressalta-se que no ponto P2: 64,00 ppm apresentam um aumento significativo de cromo em mais de 69% em relação ao valor de referência (37,3 ppm) estabelecido pelo CONAMA. Em relação aos pontos P4 a P11, os teores de Cr se encontram

Ref.	Cu CONAMA 344/04 35,7 ppm		Cd CONAMA 344/04 0,6 ppm		Cr CONAMA 344/04 37,3 ppm		Ni CONAMA 344/04 18 ppm		Pb CONAMA 344/04 35 ppm		Zn CONAMA 344/04 123 ppm	
	Est. Chuv	Est. Seca	Est. Chuv	Est. Seca	Est. Chuv	Est. Seca	Est. Chuv	Est. Seca	Est. Chuv	Est. Seca	Est. Chuv	Est. Seca
P1	0,07	<0,05	<b>1,22</b>	<b>1,13</b>	0,15	0,17	0,06	0,05	0,083	0,081	0,24	0,21
P2	10,08	10,0	0,41	0,38	<b>64,00</b>	<b>63,25</b>	12,02	12,00	20,38	20,25	9,87	9,5
P3	6,21	6,13	<b>1,01</b>	<b>1</b>	<b>49,01</b>	<b>38,75</b>	6,35	6,00	11,16	11,13	6,77	6,68
P4	6,73	6,63	<0,08	<0,08	28,69	28,63	11,98	11,88	25,99	25,75	9,88	9,38
P5	4,79	4,63	<0,08	<0,08	16,58	16,38	2,55	2,38	9,58	9,38	4,81	4,75
P6	11,28	11,0	<0,08	<0,08	17,99	17,38	8,98	8,75	12,18	12,13	9,49	9,38
P7	9,18	9,13	0,29	0,25	15,77	15,63	6,77	6,63	12,19	12,13	9,48	9,38
P8	11,81	11,25	<0,08	<0,08	18,89	18,75	9,68	9,38	16,98	16,88	13,08	13,00
P9	11,01	10,5	<0,08	<0,08	20,77	20,50	9,66	9,63	14,01	14,00	12,70	12,63
P10	10,99	10,63	<0,08	<0,08	14,18	14,00	5,78	5,63	12,39	12,38	10,50	10,38
P11	12,87	12,75	<0,08	<0,08	21,21	21,00	10,18	10,13	15,59	15,50	11,79	11,75

abaixo do valor de referência, não havendo até o presente momento, descumprimento da legislação.

Tabela 1 - Valores totais dos metais analisados para amostras na estação chuvosa e seca. Em negrito, os teores e os metais que extrapolaram os valores de referência – CONAMA 344/04-Nível 1

Os outros elementos analisados – Pb, Zn, Ni e Cu – apresentaram concentrações dentro do limite preconizado pelo CONAMA; entretanto, demandam atenção especial, pois para esses metais os níveis de concentração se encontram próximos dos limites recomendados.

O aumento apresentado nos teores totais de Cr nos sedimentos de corrente pode estar associado a sua utilização como agente ativo das tintas, que são utilizadas na preservação do madeirame, empregado na construção de cercas, galpões e nas casas. Além disso, a intensa utilização de agroquímicos contendo anidrido crômico, ácido crômico, óxido crômico e trióxido de cromo, utilizados no plantio de grãos, principalmente no compartimento geomorfológico Unidades de Chapadas, área com intensa atividade agrícola. O mapa da

figura 2 atesta uma evolução sistemática do uso e ocupação do solo na bacia, principalmente a agricultura comercial.

Os resíduos metal-orgânicos secos e/ou pulverizados são transportados pelo ar e pela água de irrigação e depositados nos solos, quando são disponibilizados para a água superficial e para os sedimentos de corrente.

## 5. Recomendações

Os pontos que apresentaram alterações em relação os teores totais de Cr e Cd deverão ser monitorados com atenção, pois, se encontram acima dos limites de TEL estabelecidos pela Resolução CONAMA 344/04 Nível 1.

## 6. Conclusões

- A partir dos dados acima expostos, pode-se concluir que os cátions metálicos Cd e Cr ultrapassaram os valores de referência TEL estabelecidos pela Resolução CONAMA 344/2004 Nível 1. Para os outros elementos, as concentrações encontram-se dentro do limite preconizado por essa resolução, entretanto, demandam atenção especial, pois para esses metais os níveis de concentração em alguns pontos encontram-se próximos aos limites recomendados.
- A presença de Cd e Cr nas amostras do sedimento parece ser resultado direto do uso repetitivo e intensivo de fertilizantes, pesticidas e resíduos orgânicos, para a produção agrícola. Os valores de Cr presentes nos litotipos argilitos contribuem no enriquecimento desse metal para os sedimentos.
- A fração fina dos sedimentos foi a mais propícia, no que se refere aos carreadores geoquímicos ativos, principalmente os de origem antrópica e natural. Constatou-se a predominância do mineral quartzo nos sedimentos.
- A presença de minerais de argila, como a caulinita, sugere que em alguns pontos amostrados, pode ocorrer maior ou menor troca de cátions metálicos, presentes nos sedimento para a coluna de água.
- Diante dos resultados obtidos, torna-se necessário a implantação de um programa de monitoramento dos recursos hídricos, no intuito de melhorar a qualidade ambiental do rio do Formoso e dos geoambientes envolvidos.



## 7. Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio logístico e financeiro das seguintes instituições: UFVJM, UFMG/IGC/CPMTC e FAPEMIG e, a todos que de certa forma contribuíram para a execução deste trabalho.

## 8. Referências

- ALLOWAY, B. J., AYRES, D. C. 1994. *Chemical principles of environmental pollution*. Londres: Blackie A & P. 304 p.
- BAGGIO, H. F. 2008. *Contribuições naturais e antropogênicas para a concentração e distribuição de metais pesados em sedimento de corrente na bacia do Rio do Formoso, município de Buritizeiro – MG*. Tese (Doutorado em Geologia). Instituto de Geociências - Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG. Belo Horizonte.
- BOWEN, J. M H. 1979. *Environmental Chemistry of the Elements*. London, Academies Press. 273 p.
- BRAGA, L. L. 2007. *Avaliação do Impacto Ambiental de um Beneficiamento de Fe e Si, Várzea da Palma, MG, Brasil – Distribuição e Transporte dos Contaminantes*. 81 p. Dissertação (Mestrado em Geologia). Instituto de Geociências - Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG. Belo Horizonte.
- COPAM – Conselho Estadual de Política Ambiental. 1986. *Diagnóstico Ambiental de Minas Gerais: o meio natural, recursos hídricos*. Belo Horizonte, CETEC/COPAM, 2v.
- CETEC. 1980. FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS - *Estudo de Metais Pesados no Estado de Minas Gerais*. Belo Horizonte: CETEC. 151 p.
- CETESB. 1988. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. *Qualidade das Águas. Guia de Coleta e Preservação de amostra de água*. 1. ed. São Paulo. 149 p.
- CONAMA, 2004. Conselho Nacional do Meio Ambiente - *Resolução CONAMA nº 344, de 25 de março de 2004*. Disponível em <http://www.mma.gov.br/conama>.
- KRAUSKOPF, K, B. 1976. *Introduction to geochemistry*. New York, McGraw-Hill. 721 p.
- LICHT, O. A. 1998. *Prospecção geoquímica – Princípios, Técnicas e Métodos*. Rio de Janeiro, CPRM. 236 p.
- LUNDHAMER, S. 1991. *Erfassung der Kontamination an Metallen im Flusswasser des São Francisco bei Três Marias, Brasilien*. Tese de Diploma, Fachhochschule München, inédito: 74 p.

- MOZETO, A. A. 2003. *Diagnóstico Preliminar de Contaminação Ambiental por Metais na Área de Influência da VM na Bacia do Rio São Francisco, Região de Três Marias (MG)*. Laboratório de Biogeoquímica Ambiental – DQ – UFSCar/ São Carlos, SP.
- OLIVEIRA, R. M. *Investigação da Contaminação por Metais Pesados da Água e do Sedimento de Corrente nas Margens do Rio São Francisco e Tributários, a Jusante da CEMIG, no Município de Três Marias-MG*. 149 p. Dissertação (Doutorado em Geologia). Instituto de Geociências - Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG. Belo Horizonte. 2007.
- RIBEIRO, E. V. 2007. *Níveis de contaminação por metais pesados em águas superficiais do Rio São Francisco em Pirapora e sua relação com as atividades industriais*. 101 p. (Monografia) - Departamento de Geografia. Universidade Estadual de Montes Claros – UNIMONTES. Minas Gerais.
- VALADÃO, R.C. 1999 *Superfícies de Aplanamento do Brasil Oriental: mapeamento, caracterização e geodinâmica*. In: VII Simpósio de Geologia do Centro-Oeste e X Simpósio de Geologia de Minas Gerais, Brasília: SBG. v.1, p.107-108.
- VIANA, V. M. F. C. 2006. *Estudo Geológico Ambiental das Veredas do Rio do Formoso no Município de Buritizeiro-MG*. 71 p. Dissertação (Mestrado em Geologia)-Instituto de Geociências – Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG. Belo Horizonte.