

Avaliação geoquímica ambiental da água superficial do Rio do Formoso, Buritizeiro - MG

Hernando Baggio
Professor Adjunto da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri - UFVJM

Adolf Heinrich Horn
Professor Associado do Departamento de Geologia - IGC/UFMG

Resumo

Este trabalho teve por objetivo investigar a qualidade geoquímica ambiental da água superficial do Rio do Formoso, o mais importante afluente pela margem esquerda do rio São Francisco no município de Buritizeiro-MG. A escolha da sub-bacia se deu em função das particularidades naturais e das características antrópicas. O estudo avaliou a concentração e a distribuição dos metais pesados: Fe, Al, Mn, Cu, Cd, Cr, Ni, Zn, Pb e dos parâmetros físico-químicos *in situ*: pH, Temperatura, Condutividade elétrica e Turbidez, ao longo do perfil longitudinal do rio, correlacionado sua presença aos ambientes naturais e às interferências antropogênicas. Os resultados foram comparados com os valores orientadores estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05. Nesta pesquisa foram amostrados vinte e dois pontos (correspondentes a duas campanhas de amostragem) totalizando 42 amostras de água. Foram utilizados equipamentos portáteis multi-parâmetros e de filtragem para amostragem no campo, a determinação dos metais totais foi feita por (ICP-OES). Os resultados apontaram que os níveis dos metais: Fe, Al, Mn, Cr, Cd encontram-se em desacordo com a Resolução CONAMA 357/05. Dos valores detectados para parâmetros físico-químicos *in situ*, apenas o pH encontra-se acima do estabelecido pela mesma Resolução. A disponibilidade dos cátions metálicos Cr e Cd é resultado direto dos resíduos metal-orgânicos gerados pela agricultura comercial, o Fe, Al, Mn encontram-se correlacionados com as variáveis geológicas e pedológicas presentes na área. Apesar, de vários parâmetros analisados se encontrarem dentro dos padrões, é relevante o monitoramento desse importante recurso hídrico, pois, o mesmo é utilizado para abastecimento, pesca, e recreação.

Palavras-chave: Água superficial, parâmetros físico-químicos, metais pesados, antrópicos.

Abstract:

The aim of this work was to research the environmental geochemical quality of superficial waters of The Formoso River, the major tributary on the left margin of The São Francisco River, in Buritizeiro-MG. The Sub basin was chosen due to its natural particularities and anthrop characteristics. The study assessed heavy metal Fe, Al, Mn, Cu, Cd, Cr, Ni, Zn, Pb concentration and distribution as well as physicochemical parameters in situ: Ph, temperature, electric conductivity and turbidity along the longitudinal profile of the river, correlating its presence to natural environments and the anthropogenic interferences. Obtained results were compared to oriented values established by CONAMA 357/05 Norm. For this research it were used samples from 22 points collected in two field campaigns with a total of 42 water samples; multi-Parameter and filtration portable equipments and total heavy metal determination was done by ICP-OES. Results obtained pointed that heavy metal levels Fe, Al, Mn, Cr, Cd were at variance with CONAMA 357/05 Norm; from values obtained in situ for physicochemical parameters only pH is above the value established in the CONAMA, 357/05 Norm. Metallic cations Cd and Cr availability results from metal-organic residues produced by commercial agriculture; Fe, Al and Mn are correlated to geological and pedological variables present in the region. Although several parameters analyzed are within accepted patterns, monitoring of these important hydro resources is relevant once they are used for water supplying, fishery and entertainment.

Key-words: Superficial water, physicochemical parameters, heavy metals, anthropogenic.

Recebido 10/2011

Aprovado 01/2012

hernandobaggio@yahoo.com.br

hahorn@ufmg.br

Introdução

A qualidade da água é uma variável que depende das características naturais e antrópicas no contexto da bacia hidrográfica. A noção de qualidade muitas vezes está relacionada apenas às características organolépticas, como sabor, odor e cor, no entanto, esses fatores estão ligados apenas à sensibilidade humana e não revelam os reais problemas de comprometimento da qualidade das águas.

Segundo Braga (2002), a contaminação dos mananciais impede seu uso para o abastecimento humano. A alteração na qualidade da água agrava o problema da sua escassez.

A água é a principal via de transporte de metais pesados, que poderá ser realizado de duas formas físicas: como espécies dissolvidas ou como espécies associadas a partículas sólidas (FORSTNER & WITTMANN, 1981).

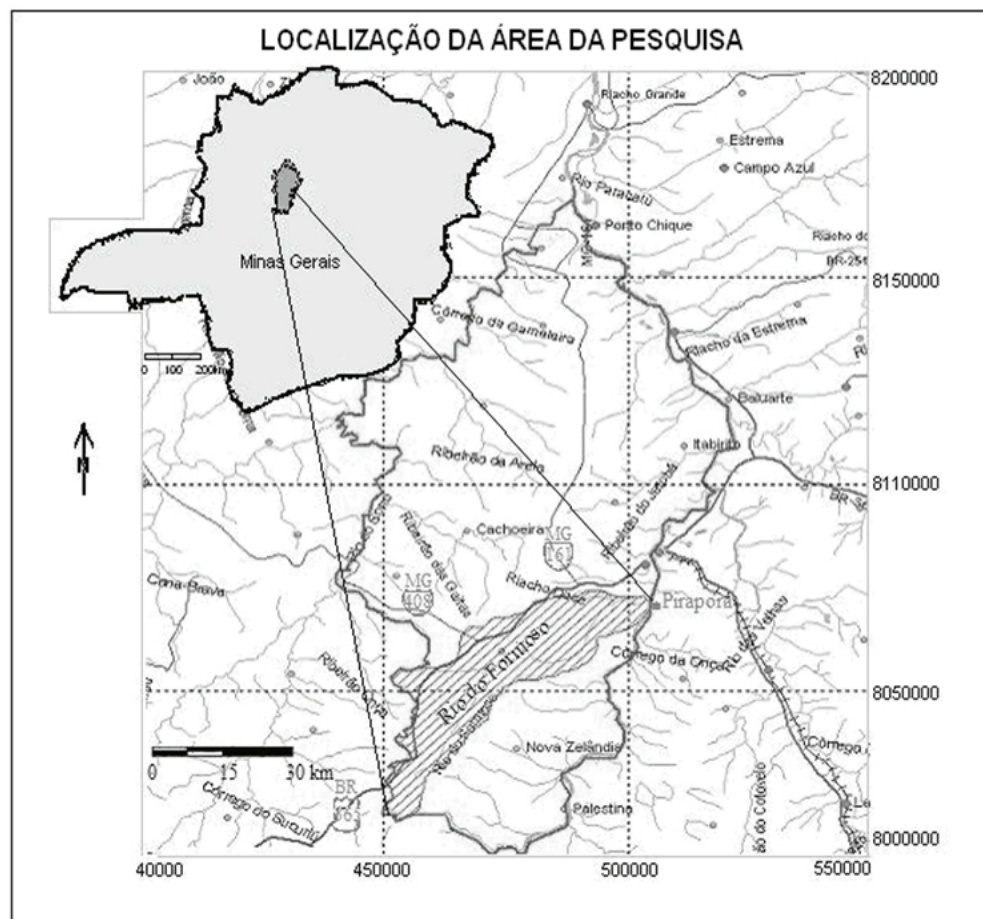
Segundo Alloway & Ayres (1997), a agricultura é uma das maiores fontes não pontuais de poluição por metais pesados, sendo as fontes principais as impurezas em fertilizantes (Cd, Cr, Mo, Pb, U, V, Zn); os pesticidas (Cu, As, Hg, Pb, Mn, Zn); os preservativos de madeiras (As, Cu, Cr) e os dejetos de produção de aves e porcos (Cu, Zn).

A qualidade da água está diretamente relacionada ao uso a que se destina. Embora existam usos para os quais se exija mais qualidade, como o abastecimento humano, e outros menos, como a diluição de efluentes industriais, é necessário que os corpos hídricos atendam aos diferentes níveis de qualidade já que se presta a usos múltiplos. No Brasil, a classificação dos corpos hídricos foi definida pela resolução 357 de 2005 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), (utilizado neste trabalho) na qual, são estabelecidas diretrizes para a classificação dos corpos hídricos (classes de uso), assim como os padrões de qualidade e para o lançamento de efluentes. Alguns parâmetros têm sido usados nos estudos da qualidade da água, principalmente aqueles orgânicos, relacionados aos esgotos domésticos e industriais. Os contaminantes inorgânicos têm ganhado uma visibilidade maior com o estudo da contaminação por Metais Pesados, tendo em vista a toxicidade desses elementos. No entanto, apesar do conhecimento dos problemas associados à presença desses elementos, esses ainda não são integrados aos Índices de Qualidade. O rio do Formoso é o principal afluente pela margem esquerda do rio São Francisco no município de Buritizeiro-MG, suas águas, drenam enormes latifúndios com forte tendência agropecuária, além, de abastecer as populações de sua bacia de drenagem. A área de estudo abriga aproximadamente 100 famílias, a maioria dependendo basicamente dos recursos naturais e ambientais provenientes de sua bacia. O principal objetivo do trabalho é a determinação da concentração total e distribuição dos cátions metálicos divalentes: Cu, Cd, Cr, Ni, Pb, Zn, Fe, Al e Mn determinando sua fonte e, análises de parâmetros físico-químicos tais como: temperatura; potencial hidrogeniônico; condutividade e turbidez, na água superficial do rio do Formoso, além, de comparar os resultados analíticos encontrados com os valores orientadores estabelecidos pela Resolução CONAMA N°357/05 para as águas superficiais Classe 2.

Localização e caracterização 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 da pesquisa (Fig.1).

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, 2010).

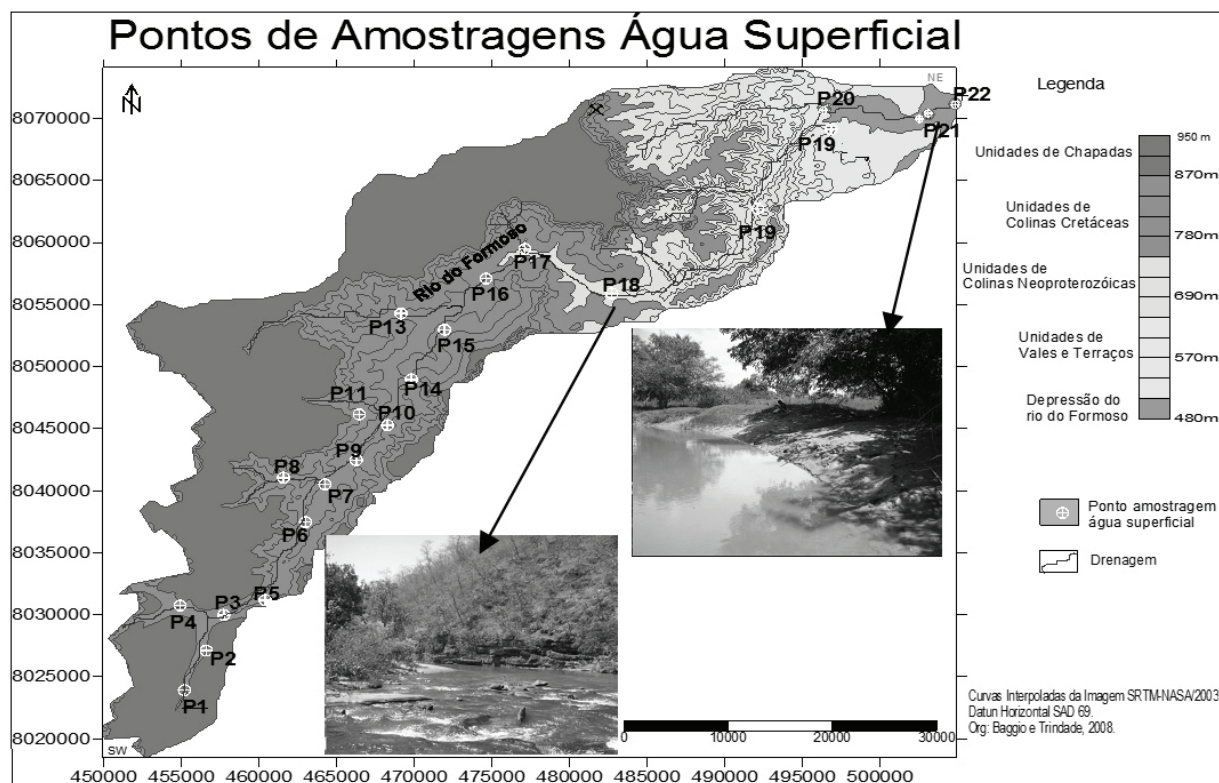
O tipo climático para a área de estudo é o tropical úmido/subúmido, com inverno seco e verão chuvoso, a média pluviométrica é de 1.195 mm (CETEC, 1980). A área de estudo, encontra-se diretamente influenciada pelo contexto geológico-geomorfológico regional, marcada de forma geral por uma superfície ligeiramente ondulada, correspondendo à Superfície Sul-Americana (VALADÃO, 1998). Os principais compartimentos geomorfológicos encontrados na área da pesquisa: 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. Hidrograficamente a bacia do rio do Formoso drena uma área de 826 km² e, se integrando 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 monoculturas comerciais (Baggio, 2008).

Materiais e métodos

O desenvolvimento do trabalho iniciou-se 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 (Fig. 2). Foram realizadas duas amostragens, sendo a primeira realizada na estação úmida (Março/2007) e a segunda na estação seca (Julho/2007), totalizando 44 amostras. A coleta e análises dos parâmetros físico-químicos foram realizadas diretamente no corpo receptor, por meio de pequenos frascos coletores. Os parâmetros físico-químicos não conservativos foram determinados *in situ*. A temperatura, condutividade elétrica, turbidez e potencial hidrogeniônico foram realizados por equipamento medidor multiparâmetro OAKTON PDC 650. A amostragem para as análises físico-químicas seguiu os procedimentos estabelecidos por Greenberg *et al.* (1992). Para avaliação da qualidade das águas foi utilizada a Resolução CONAMA 357/2005.

Figura 2 Localização dos pontos de amostragem para água, apresentando também, os compartimentos geomórficos definidos para a área.



Os pontos de coleta de água (metais pesados) permaneceram os mesmos e, a coleta destinou-se à determinação dos teores totais dos seguintes metais: Cu, Cd, Cr, Ni, Pb, Zn, Al, Fe e Mn. As amostras de água foram coletadas em garrafas de polietileno de 600 mL, a aproximadamente 10 cm da superfície, filtradas a vácuo com membrana 0,45µm e acidificadas com HNO₃ concentrado até o pH <2, resfriadas a 4°C. Em laboratório, as amostras de água (para metais pesados) foram diretamente analisadas no Espectrômetro de Emissão Atômica com Plasma Indutivamente Acoplado - (ICP-OES).

Resultados e discussão

A (Tabela: 1) mostra os valores obtidos para os parâmetros pH, condutividade, temperatura e turbidez.

Tabela 1 **Valores dos parâmetros físico-químicos (ES-estação seca; ECh – estação chuvosa).**

Ref. CONAMA 357/05	Temperatura < 400C		pH: 6 a 9		Condutividade: > 100 mS/cm		Turbidez: <40 NTU	
	ES	ECh	ES	ECh	ES	ECh	ES	ECh
P1	24,9	30,1	4,1	4,9	0,78	0,95	0,51	0,95
P2	24,1	27,3	4,5	5,1	4,1	5,1	9,89	11,42
P3	25,9	33,1	5	5,1	4,2	5,5	12,48	18,66
P4	24,8	27,7	5,1	5,7	10,9	11,3	13,98	18,78
P5	24,7	27,8	5	6	1	1,1	1,46	1,54
P6	24,5	27,1	4,93	5,82	8,1	9,9	4,05	4,21
P7	24,7	25,9	5,1	5,54	8	9,7	2,99	3,28
P8	23,7	24,9	5,1	5,6	8,1	9,8	4,01	4,44
P9	23,6	24,6	5,2	5,67	9,1	10,1	4,96	5,28
P10	24,6	25,7	5,1	5,98	9,1	10	5,88	6,27
P11	23,9	25,3	4,99	6,25	9,2	9,8	4,4	5,05
P12	23,5	25,2	4,4	4,7	9,5	9,7	4,97	5,02
P13	23,6	25,5	5,1	5,52	9,5	9,9	4,52	4,93
P14	23,7	25,7	4,5	4,9	9,9	10	5,97	6,74
P15	23,5	25,7	5,3	5,9	9,3	9,7	6,72	5,97
P16	23,6	24,9	5,52	5,6	9,1	9,8	5,97	5,29
P17	23,5	25,7	6,23	6,33	7,9	8,9	4,08	4,92
P18	23,8	25,6	6,1	6,5	8,5	8,7	4,99	5,27
P19	23,9	25,8	6,3	6,5	8,1	8,3	4,29	4,97
P20	23,7	25,7	6,24	6,32	8,1	9,8	3,99	4,99
P21	23,8	25,8	6,20	6,30	8,1	9,8	3,97	4,99
P22	23,7	25,8	6,21	6,32	8,0	9,7	3,96	4,98

Fonte: BAGGIO, 2011

Nota: Em negrito estão os valores físico-químicos que estão em desacordo com os valores de referência - CONAMA 357/05.

Além desse fator, a variável litológica influência na acidez e alcalinidade do pH. Os dados obtidos (em negrito) violaram os valores de referência estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05, art. 14, que define o intervalo entre 6,0 e 9,0. Os valores de turbidez (NTU) apresentados mostram uma distribuição relativamente homogênea entre as estações chuvosa e seca. Os valores variaram entre 0,95 NTU e 23,89 NTU, na estação chuvosa, e 0,51 NTU e 19,99 NTU, na estação seca. O P1 registrou o menor valor, o que se deve ao fato desse ponto estar localizado em uma pequena represa, localizada em uma área preservada. Os pontos P2 a P4 apresentam valores elevados de turbidez em relação ao ponto anterior, pois estão localizados em áreas de uso intensivo do solo. A partir do P8 ao P20, os valores de turbidez variam entre 3,99 NTU e 6,72 NTU, isso pode estar relacionado às características do meio físico e de uso e ocupação dos solos na bacia de drenagem. A Resolução CONAMA 357/05, estabelece valores limites para turbidez, que não podem ultrapassar 40 unidades nefelométrica (NTU), nenhum ponto violou o limite estabelecido. A temperatura da água superficial apresentou variações no inverno entre 23,5°C e 25,9°C e, no verão, entre 24,6°C e 30,1°C. Nota-se uma distribuição relativamente homogênea da temperatura nas duas estações climáticas. Os pontos P1: 30,1°C e P3: 33,1°C registraram temperaturas mais elevadas na estação chuvosa. Esses pontos encontram-se localizados em áreas onde o uso do solo se faz de maneira intensiva; além de os impactos negativos gerados nos estratos arbóreos das matas ciliares e das veredas diminuir o sombreamento, permitindo assim que os raios solares incidam direta e intensamente sobre a água, aquecendo-as. No restante dos pontos, as temperaturas permaneceram estáveis. A Resolução CONAMA 357/05, não estabelece valores limites para temperatura; estabelecendo apenas valores para lançamento de efluentes, que devem ser inferiores a 40°C. Os valores referentes à CE se posicionaram entre o mínimo de 0,95 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e o máximo de 12,9 mS/cm , na estação chuvosa, e o mínimo de 0,78 mS/cm e o máximo de 11,0 mS/cm , na estação seca. Os valores encontrados para CE se alteram conforme as variáveis (litológicas, topográficas e uso do solo) presentes nos compartimentos geomórficos drenados pelo rio. O ponto P1: 0,95 mS/cm apresenta o valor mais baixo de CE. Este ponto localiza-se na nascente do Rio do Formoso – uma área pouca impactada, apresentando boa incidência de cobertura vegetal, onde o uso do solo é inexistente. A partir do P2: 5,1 mS/cm ao P4: 11,3 mS/cm , os valores de CE tendem a aumentar: esses pontos estão localizados no segmento alto/médio curso, inserido no compartimento Unidade de Chapadas. O uso do solo é destinado à agricultura comercial. O carreamento da carga detrítica em direção ao curso de água aumenta a carga de sólidos dissolvidos e, por conseguinte, os valores de CE. Em P5: 1,1 mS/cm , o valor de CE decresce: esse ponto localiza-se numa cabeceira de drenagem fechada e pouco impactada. Os P7: 9,7 mS/cm ao P17: 8,9 mS/cm localizam-se no compartimento médio/baixo curso, e suas águas drenam rochas do Grupo Areado e Mata da Corda. São arenitos silicificados resistentes à erosão; de morfologia plana a levemente ondulada; com a declividade pouco acentuada e cujo uso do solo é extensivo – o que de certa forma não ocasiona o carreamento de material detrítico para os cursos de água. A partir do P19 até o P23, os valores de CE aumentam gradativamente até atingir o valor de 12,9 mS/cm . Representam áreas intensamente utilizadas pela agricultura comercial e pecuária, apresentando alto grau de erodibilidade, o que gera um aumento na carga de materiais dissolvidos que são carreados em direção aos cursos de água, aumentando os valores de CE. Em geral, níveis superiores a 100 mS/cm , indicam ambientes impactados negativamente. A condutividade fornece indicações sobre modificações na composição da coluna d'água: altos valores de condutividade podem indicar características corrosivas da água (CETESB, 2007). A Resolução CONAMA 357/05, art. 14, não estabelece os níveis de condutividade elétrica.

A (Tabela 2) mostras os valores obtidos para os elementos Fe, Al e Mn, têm grande significância no que diz respeito à qualidade ambiental das águas, sedimentos e solos; já que os mesmos fazem parte do processo de remoção e disponibilidade dos metais tóxicos nesses compartimentos.

Tabela 2 **Valores totais dos metais analisados na água (ES - estação seca; ECh – estação chuvosa).**

Classe 2 (CONAMA 357)	Fe – 0,3 mg/L Dissolvido		Al – 0,1 mg/L Dissolvido		Mn - 0,1mg/L Total	
	ES	ECh	ES	ECh	ES	ECh
1	2,234	3,347	0,468	0,499	0,02	0,02
2	0,127	0,141	0,03	0,03	0,02	0,02
3	15,78	17,01	2,789	2,899	0,02	0,02
4	0,989	0,127	0,03	0,03	0,02	0,02
5	1,125	1,384	0,03	0,03	0,02	0,02
6	0,312	0,351	0,03	0,03	0,02	0,02
7	0,154	0,213	0,03	0,03	0,02	0,02
8	0,211	0,184	0,03	0,03	0,02	0,02
9	0,313	0,377	0,03	0,03	0,02	0,02
10	25,35	28,31	1,248	1,389	0,02	0,02
11	0,198	0,232	0,03	0,03	0,02	0,02
12	2,234	3,602	0,03	0,03	0,02	0,02
13	2,345	2,886	0,03	0,03	0,02	0,02
14	0,01	0,046	0,03	0,03	0,02	0,02
15	0,426	0,523	0,03	0,03	0,02	0,02
16	0,198	0,218	0,03	0,03	0,02	0,02
17	0,187	0,204	0,03	0,03	0,02	0,02
18	2,231	2,579	0,03	0,03	0,02	0,112
19	2,256	2,755	0,03	0,03	0,02	0,02
20	1,589	2,189	0,112	0,211	0,02	0,02
21	1,589	2,188	0,03	0,03	0,02	0,02
22	1,588	2,187	0,03	0,03	0,02	0,02

Fonte: BAGGIO, 2011

Nota: Em negrito estão os valores físico-químicos que estão em desacordo com os valores de referência - CONAMA 357/05.

Os valores obtidos para Fe dissolvido foram: o mínimo de 0,01 mg/L e máximo de 25,35 mg/L na estação seca, e o mínimo de 0,046 mg/L e o máximo 28,31 mg/L na estação chuvosa. Os pontos que mais se destacaram para as duas estações são o P:3, localizado no alto curso e sob o domínio das coberturas arenosas elúvio-colúviais e pelas coberturas elúvio-colúviais laterizadas; o P10, ponto que

apresentou a mais alta concentração de Fe na água (esse ponto está localizado em *pipe* sedimentar do Grupo Areado com altas concentrações de ferro). Os pontos P12 e P13, localizados no segmento médio curso (segmento ainda pertencente ao domínio das rochas sedimentares do Grupo Areado, o que confere à água um caráter ferroso) e os pontos P18 a P20, localizados sob os argilitos do Grupo Bambuí com altos teores de óxido de ferro. A Resolução CONAMA 357/05, estabelece valores limites para Fe dissolvido de 0,3 mg/L, 60% dos pontos violaram o limite estabelecido. Os valores obtidos para Al foram: mínimo de 0,03 mg/L (detecção do aparelho) no ponto 2 e o máximo de 2,899 mg/L no ponto 3 na estação chuvosa, que, apresentou como era de se esperar, os maiores valores de lixiviação de alumínio. Na estação seca, os valores de Al se posicionaram entre o mínimo 0,03 mg/L e o máximo de 2,789 mg/L. Os pontos: P1, P3, P10 e o P20 foram os que apresentaram os maiores valores de Al dissolvido na água, nas duas estações; nos outros pontos, os valores não ultrapassaram 0,03 mg/L, nos dois períodos climáticos. A disponibilidade do Al pode estar correlacionada ao intemperismo físico e químico dos litotipos, revolvimento do solo pela agricultura mecanizada e carreamento de material pedológico pelas águas pluviais. Os solos arenos-argilosos e argilo-arenosos que, constitui a cobertura pedológica ao longo do perfil longitudinal do rio, possuem um elevado teor de alumínio. Esses pontos se localizam em áreas de uso intensivo, com agricultura comercial e pastagens. A Resolução CONAMA 357/05, estabelece valores limites para Al dissolvido de 0,1 mg/L, os pontos P1, P3, P10 e P20 violaram o limite estabelecido. Os valores detectados para Mn total se posicionaram entre: o mínimo de 0,02 mg/L (detecção do aparelho) em P1 e o máximo 0,112 mg/L em P18, na estação chuvosa, a qual apresentou os maiores valores de lixiviação para este metal. No período seco, os 22 pontos obtiveram valores 0,02 mg/L. Dentre todos os pontos, o P18, apresentou o maior valor de Mn disponível na água. A presença desse metal, que é liberado para o meio através de intemperismo físico-químico, é proveniente dos litotipos da Formação Três Marias – Grupo Bambuí do Neoproterozóico. O P18 localiza-se no segmento baixo curso do rio, sendo a cobertura pedológica composta por Argissolos da Formação Três Marias, com teores relativamente elevados de Mn. Os sedimentos são carreados em direção ao curso d'água, enriquecendo-a com esse metal. A Resolução CONAMA 357/05, para Mn total, estabelece valores, que não devem ultrapassar 0,1 mg/L, o ponto P18 violou o limite estabelecido.

A (Tabela 2a), mostra a concentração dos teores de Cu, os valores obtidos corresponderam a um mínimo de 0,03 mg/L e máximo de 0,052 mg/L, na estação seca; e mínimo de 0,03 mg/L e máximo de 0,03 mg/L, na estação chuvosa. Os valores observados em relação à estação chuvosa apontam para um discreto aumento em comparação à estação seca. O aumento nas concentrações de Cu na água está associado à alta erodibilidade dos solos, ao intenso uso e exposição aos agroquímicos contendo oxicloreto de cobre, óxido cuproso, os mais utilizados pelos agroempreendedores. No que diz respeito ao pH, esse parâmetro tem grande influência sobre os processos que envolvem a disponibilidade dos metais, sendo a maioria desses últimos insolúvel em água com pH neutro ou básico. Os valores de pH na água superficial variaram entre 4,0 e 7,0, a condição de acidez favorece a adsorção de Cu nas águas superficiais. Nenhum dos pontos amostrados violou os valores estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05, os valores não devem ultrapassar 0,09 mg/L. Nenhum dos pontos amostrados violou os valores estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05, os valores não devem ultrapassar 0,09 mg/L. Os valores obtidos para Cd foram: mínimo de 0,08 mg/L e máximo de 0,012 mg/L, na estação chuvosa, e mínimo de 0,08 mg/L e máximo de 0,01 mg/L, na

estação seca. Os valores para a estação chuvosa superaram os da estação seca nos pontos P2, P3, P7 e P8, nos outros pontos, mantém-se o padrão de 0,08 mg/L. Os pontos P2, P3, P7 e P8, nos dois períodos climáticos, tiveram um aumento na concentração de Cd na água superficial. Esta relativa lixiviação e/ou solubilização tem um comportamento semelhante ao do metal cobre, como descrito anteriormente. Em relação ao pH, os pontos com maiores disponibilidades encontram-se localizados em ambientes ácidos a levemente ácidos, apresentando, assim, média mobilidade para Cd. Os pontos P3, P7 e P8 ultrapassaram os valores de tolerância estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05 que é de 0,01 mg/L. Ressalta-se que, os valores não detectados não refletem rigorosamente a concentração existente de cádmio, mas indicam a sua presença em baixos teores.

Tabela 2a **Valores totais dos metais analisados na água (ES - estação seca; ECh - estação chuvosa).**

Ref. Classe 2 (CONAMA 357/05)	Cu 0.009 mg/L		Cd 0,001 mg/L		Cr 0.05 (mg/L)	
	ES	ECh	ES	ECh	ES	ECh
P1	<0,0033	<0,0033	<0,0008	<0,0008	0	0
P2	0,0035	0,0036	<0,0008	0,0009	0,049	0,052
P3	<0,0033	<0,0033	0.001	0.0012	0,03	0,03
P4	0,0034	0,0035	<0,0008	<0,0008	0	0
P5	<0,0033	<0,0033	<0,0008	<0,0008	0	0
P6	<0,0033	<0,0033	<0,0008	<0,0008	0	0
P7	<0,0033	<0,0033	0.001	0.0011	0	0
P8	<0,0033	<0,0033	0.001	0.0011	0	0
P9	<0,0033	<0,0033	<0,0008	<0,0008	0	0
P10	0,0034	0,0034	<0,0008	<0,0008	0	0
P11	<0,0033	<0,0033	<0,0008	<0,0008	0,04	0,0012
P12	<0,0033	<0,0033	<0,0008	<0,0008	0	0
P13	<0,0033	<0,0033	<0,0008	<0,0008	0	0
P14	<0,0033	<0,0033	<0,0008	<0,0008	0	0
P15	<0,0033	<0,0033	<0,0008	<0,0008	0	0
P16	0,0034	0,0034	<0,0008	<0,0008	0	0
P17	<0,0033	<0,0033	<0,0008	<0,0008	0	0
P18	<0,0033	<0,0033	<0,0008	<0,0008	0	0
P19	<0,0033	<0,0033	<0,0008	<0,0008	0	0
P20	<0,0033	0,0034	<0,0008	<0,0008	0	0
P21	<0,0033	<0,0033	<0,0008	<0,0008	0	0
P22	<0,0033	0,0034	<0,0008	<0,0008	0	0

Fonte: BAGGIO, 2011

Nota: Em negrito estão os valores físico-químicos que estão em desacordo com os valores de referência - CONAMA 357/05.

Os valores para Cr se posicionaram entre: mínimo de 0,01mg/L e máximo 0,041 mg/L na estação seca, e mínimo de 0,01mg/L e máximo de 0,052 mg/L, na estação chuvosa. Nota-se um aumento nos valores de Cr na estação chuvosa, devido ao carreamento através das águas pluviais de material pedológico – disponível nas áreas agricultáveis – contendo resíduos metalo-orgânicos gerados pelos insumos agroquímicos. Apesar do maior aporte do curso d' água, esta não foi capaz de provocar a mobilização do metal – comportamento que pode ser avaliado pelo maior *input* desses resíduos. O único ponto que está em desacordo com a Resolução CONAMA 357/05 é o P2: 0,052 mg/L, nesse ponto houve um aumento na ordem de 9% em relação ao valor de referência que é de 0,05mg/L. Cabe ressaltar que as concentrações obtidas para o P3: 0,049 mg/L (estação chuvosa) e P2: de 0,041 mg/L e P3: 0,03 mg/L (estação seca) encontram-se próximas ao valor de referência estabelecido pela Resolução 357/05, que é de 0,05 mg/L. Nos demais pontos, a concentração permaneceu padrão.

Tabela 2b **Valores totais dos metais analisados na água (ES- estação seca; ECh – estação chuvosa)**

Ref	Ni 0.025 mg/L		Pb 0.01 mg/L		Zn 0.18 mg/L	
	ES	ECh	ES	ECh	ES	ECh
P1	<0,0171	<0,0171	<0,05	<0,05	<0,0003	<0,0003
P2	<0,0171	<0,0171	<0,05	<0,05	<0,0003	<0,0003
P3	<0,0171	<0,0171	<0,05	<0,05	<0,0003	<0,0003
P4	<0,0171	<0,0171	<0,05	<0,05	<0,0003	<0,0003
P5	<0,0171	<0,0171	<0,05	<0,05	<0,0003	<0,0003
P6	<0,0171	<0,0171	<0,05	<0,05	<0,0003	<0,0003
P7	<0,0171	<0,0171	<0,05	<0,05	<0,0003	<0,0003
P8	<0,0171	<0,0171	<0,05	<0,05	<0,0003	<0,0003
P9	<0,0171	<0,0171	<0,05	<0,05	<0,0003	<0,0003
P10	<0,0171	<0,0171	<0,05	<0,05	<0,0003	<0,0003
P11	<0,0171	<0,0171	<0,05	<0,05	<0,0003	<0,0003
P12	<0,0171	<0,0171	<0,05	<0,05	<0,0003	<0,0003
P13	<0,0171	<0,0171	<0,05	<0,05	<0,0003	<0,0003
P14	<0,0171	<0,0171	<0,05	<0,05	<0,0003	<0,0003
P15	<0,0171	<0,0171	<0,05	<0,05	<0,0003	<0,0003
P16	<0,0171	<0,0171	<0,05	<0,05	<0,0003	<0,0003
P17	<0,0171	<0,0171	<0,05	<0,05	<0,0003	<0,0003
P18	<0,0171	<0,0171	<0,05	<0,05	<0,0003	<0,0003
P19	<0,0171	<0,0171	<0,05	<0,05	<0,0003	<0,0003
P20	<0,0171	<0,0171	<0,05	<0,05	<0,0003	<0,0003
P21	<0,0171	<0,0171	<0,05	<0,05	<0,0003	<0,0003
P22	<0,0171	<0,0171	<0,05	<0,05	<0,0003	<0,0003

Fonte: BAGGIO, 2011

Observando as concentrações totais de Ni, nota-se que os valores referentes a esse metal ficaram entre o mínimo de 0,0171 mg/L e o máximo de 0,0174 mg/L, mantendo-se esse padrão para os dois períodos climáticos (úmido e seco). Percebe-se um discreto aumento dos valores de

Ni em relação ao período chuvoso, devido ao carreamento, através das águas pluviais, de material pedológico disponível nas áreas agricultáveis, contendo resíduos minerais e orgânicos e não sendo diluído pelas águas do rio. Tendo como referência a Resolução 357/05 do CONAMA, os valores obtidos de Ni na água superficial não foram violados. O níquel é um metal com alta mobilidade em ambientes ácidos. Observou-se neste trabalho que os pontos onde as condições da água são de ácidas a levemente ácidas, o Ni apresentou certa mobilidade; entretanto, quando o ambiente torna-se neutro/alcalino (baixo curso) a mobilidade não se alterou. Isso pode ser devido à intensa lixiviação dos fertilizantes utilizados nas áreas agricultáveis que, de certa forma, se sobrepõem ao parâmetro pH. Nenhum dos vinte pontos amostrados violou o valor orientador estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05, que é de 0,025 mg/L. A concentração de Pb manteve abaixo de 0,05 mg/L, valor este, encontrado nos dois períodos climáticos (seco e chuvoso). A mesma homogeneidade na distribuição espacial descrita para o metal Ni foi observada para Pb. As concentrações obtidas ficaram abaixo do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05, que é de 0,01 mg/L. O chumbo é um metal tóxico e bioacumulativo, podendo ser incorporado ao material de superfície ou na cobertura dos sedimentos. A maior parte do chumbo fica retida nos sedimentos e, muito pouco é transportado nas águas superficiais e subterrâneas. Os valores de Zn mostram a concentração dos teores totais, os valores obtidos para todos os pontos nos dois períodos climáticos foram de 0,03 mg/L (limite de detecção do aparelho). Em todos os pontos amostrados a concentração de Zn encontra-se abaixo do limite orientador estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05, que é de 0,18 mg/L. No que diz respeito à mobilidade do Zn em meios ácidos, ele apresenta propriedades similares às descritas para o metal níquel. Cabe ressaltar, mais uma vez, que os valores não detectados de Zn, Pb, Ni e Cu não traduzem sua ausência, mas indicam sua presença, em baixa concentração ao longo do perfil longitudinal.

Conclusões

Para a avaliação da qualidade ambiental da água superficial parâmetros físico-químicos e químicos utilizou-se, neste trabalho a Resolução CONAMA 357/05. Em relação ao parâmetro pH, os valores obtidos apontaram águas ácidas, levemente ácidas e valores próximos à neutralidade, favorecendo a precipitação dos metais, principalmente nos sedimentos de corrente e fundo, comportando como um parâmetro controlador. Os valores para pH nas águas encontram-se correlacionados às variáveis litológicas (ácidas e/ou alcalinas), vegetacionais (através de sua decomposição e conseqüente geração de ácidos húmicos e fúlvicos) e antrópicas (aplicação de insumos químicos). Ficou evidente a similitude entre os valores de condutividade elétrica e a turbidez, verificando-se, assim, que a condutividade elétrica está correlacionada à quantidade de material dissolvido na água. Constatou-se que o aumento da temperatura, a morfologia do canal fluvial influenciam diretamente no parâmetro temperatura. Em relação aos metais Fe, Al e Mn, destacam-se valores extremamente altos principalmente para Fe e Al, podendo os teores estar relacionado à sua presença no substrato rochoso, no perfil de solos e, na intensa remobilização de solos agricultáveis. As análises químicas dos cátions metálicos na água superficial demonstram que, o Cd e o Cr são os elementos cujas concentrações violaram a resolução CONAMA 357/05; quanto aos outros metais – Cu, Zn, Pb e Ni, os níveis de concentração não violaram essa resolução. Entretanto, os níveis de concentrações desses metais demandam atenção, pois para alguns metais os níveis de concentração encontram-se muito próximos dos valores de referência. Constatou-se a forte correlação entre os metais analisados, tornando-se mais evidente

quando os valores de pH são baixos. Os pontos com as mais altas concentrações estão localizados nas áreas agricultáveis. Observou-se que até os pontos mais afastados da área de influência direta dos empreendimentos agrícolas apresentaram traços de metais pesados, demonstrando que esses elementos são transportados na forma solúvel por distâncias consideráveis, antes de se precipitarem junto ao sedimento. Houve uma discreta variação dos teores dos metais analisados em relação às estações climáticas, apontando valores mais altos na estação chuvosa, observou-se também, a pouca dissolução dos mesmos na coluna d'água, na mesma estação. A origem dos metais Al, Fe, Mn, Cd, Cr, Cu, Zn, Ni e Pb no compartimento água são provenientes, das intensas atividades antropogênicas e de uma contribuição natural de ordem geológica. Apesar de vários parâmetros analisados se encontrarem dentro dos padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05, é relevante o monitoramento destes pontos, uma vez que variam de forma acelerada, no tempo e no espaço físico.

Agradecimentos

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

Referências bibliográficas

- ALLOWAY, B. J. & AYRES, D. C. 1997. *Chemical Principles of Environmental Pollution*, 2 ed. Ed. Chapman & Hall, New York. 1997.
- APHA, American Public Health Association, 1992. *Standard Methods for Examination Publishing Company*. 144p. 1992.
- 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*. 2008. Tese (Doutorado em Geologia). Instituto de Geociências - Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG. Belo Horizonte. 234 p. 2008.
- BRAGA, C. 2002. *Introdução à Engenharia Ambiental*. São Paulo: Prentice Hall, 2002. In: *Simpósio do Cerrado*. São Paulo: Brasil. 2002.
- CETEC – Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais. *Estudo de Metais Pesados no Estado de Minas Gerais*. Relatório Final. Belo Horizonte. 151 p. 1980.
- COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. *Qualidade das Águas - CETESB*. 1988. *Guia de Coleta e Preservação de amostra de água*. 1. ed. São Paulo. 149 p. 1988.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA, 2005. Resolução CONAMA nº. 357, de 17 de março de 2005. Disponível em <http://www.mma.gov.br/conama>. Acesso em 14/05/2007.
- FÖRSTNER, U; WITTMANN, G. T. W. 1981. *Metal Pollution in the Aquatic Environment*. 2ed. Berlin. Springer-Verlag. 486 p. 1981.
- GREENBERG, A.E.; CLESCERI, L.S.; EATON A.D. (ed.). 1992. *Standard methods for the examination or water and wastewater*. 18 ed. Washington: American Public Health Association, 1992.
- VALADÃO, R. C. 1998. *Evolução de Longo-Termo do Relevo do Brasil Oriental (Denudação, Superfícies de Aplanamento e Soerguimento Crustais)*. 1998.. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências. Universidade Federal da Bahia – UFB. Salvador. 242 p. 1998.