

IV-175 - MAPEAMENTO GEOQUÍMICO E DEFINIÇÃO DE VALORES DE REFERÊNCIA DO CÁDMIO, CHUMBO E CROMO EM SEDIMENTOS DA SUBBACIA DO RIO MARACUJÁ, BACIA DO RIO DAS VELHAS, MINAS GERAIS

Grazielle Cristina Assis Carneiro⁽¹⁾

Graduanda de Engenharia Ambiental e Sanitária pela da Faculdade Santa Rita (FaSaR) Conselheiro Lafaiete - MG. Técnico em Mecatrônica pelo Centro de Formação Profissional Pedro Martins Guerra - SENAI. – Itabira MG.

Karoline Mara Rodrigues Gonçalves

Graduanda de Engenharia Ambiental e Sanitária pela da Faculdade Santa Rita (FaSaR). Conselheiro Lafaiete - MG.

Dyone Polyane de Souza

Graduanda de Engenharia Ambiental e Sanitária pela da Faculdade Santa Rita (FaSaR). Conselheiro Lafaiete - MG.

Wagner Luiz da Silva Reis

Graduando de Engenharia Ambiental e Sanitária pela da Faculdade Santa Rita (FaSaR). Conselheiro Lafaiete - MG.

Raphael de Vicq Ferreira da Costa

Engenheiro Agrônomo formado pela Universidade Federal de Viçosa (UFV). Mestre em Saneamento e Meio Ambiente pela Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP). Professor de Engenharia Ambiental da Faculdade Santa Rita (FaSaR) Conselheiro Lafaiete - MG. Doutorando em Conservação dos Recursos Naturais Depto de Geologia - Escola de Minas – UFOP

Endereço⁽¹⁾: Rua: Bias Fortes, 446 A, São Sebastião - Conselheiro Lafaiete - MG - CEP 36400-000 - Tel: (31) 8671-5377 - e-mail: graziassis22@hotmail.com

RESUMO

A confecção de mapeamentos geoquímicos que envolvem a determinação de valores de referência tem assumido grande importância nos estudos ambientais. Os mapas gerados permitem a visualização da distribuição espacial dos elementos químicos em uma área específica, contribuindo para o reconhecimento de regiões com valores anômalos e possibilitando a identificação de suas principais fontes. Neste trabalho os resultados do mapeamento geoquímico e dos valores de referência da sub bacia do rio Maracujá, porção alta da Bacia do Rio das Velhas são apresentados. Para avaliar as características geoquímicas e determinar valores de referência do cádmio, chumbo e cromo dos sedimentos fluviais da bacia do Rio das Velhas foram coletadas 53 amostras de sedimentos de corrente. Os resultados demonstram que foi possível verificar a presença de anomalias referentes a cádmio, cromo e chumbo em regiões onde não existiam nenhum relato. Com esta pesquisa foi possível uma integração entre dados e litotipos da bacia em questão, obtendo-se valores para referência que poderão ser utilizados em futuros estudos.

PALAVRAS-CHAVE: Sedimentos Fluviais, cádmio, chumbo, cromo, Bacia do rio Maracujá.

INTRODUÇÃO

Os rios representam um dos mais importantes agentes geológicos do planeta e desempenham papel de grande relevância na modelagem do relevo, no condicionamento ambiental e na própria vida do ser humano (Suguio 2003). Assim como a água constitui o principal agente do intemperismo e erosão, são os rios os agentes mais importantes no transporte dos materiais intemperizados das áreas elevadas para as mais baixas dos continentes e para o mar (Christofletti 2002). Makkaveyev (1986) relata que o transporte de sedimentos ocorre principalmente nos cursos de água, sendo que 70 a 90% da quantidade transportada ocorrem no período das chuvas, assim como a erosão.

De acordo com Smith e Huck (1999), o estudo dos sedimentos se faz necessário pois a dinâmica entre a água, solos e rochas de uma bacia pode ser fielmente retratada pelos sedimentos, contudo a influência das atividades humanas, pode causar mudanças nas características físico-químicas das águas, de maneira que os metais adsorvidos pelos óxi-hidróxidos de ferro e minerais de argila que se acumularam nas bacias de sedimentação estão sujeitos à liberação por desorção para águas superficiais e subterrâneas.

Os sedimentos fluviais possuem não somente esta capacidade de correlação, mas apresentam também valores agregados de ordem ecológica, social e econômica, sendo um dos principais componentes de um ecossistema aquático, constituindo-se como fonte de recursos energéticos para o compartimento biótico e indiretamente para organismos de níveis tróficos mais elevados na cadeia alimentar (Sednet, 2003), sendo um componente-chave para o estudo da integridade ecológica destes ambientes (Moreira e Boaventura 2003).

Em função da longa história de mineração, a sub-bacia do rio Maracujá, alto curso da bacia do rio das Velhas, sofre desde o início da colonização de Minas Gerais um intenso processo de alteração das suas características físicas naturais, e não se verifica até o momento, um estudo de alta densidade de amostragem que contemple toda esta bacia e que relacione os resultados obtidos com a diversidade de litotipos existentes.

Objetivando preencher esta lacuna, um mapeamento geoquímico de alta densidade, com enfoque ambiental, foi realizado nesta bacia. Para tal, foram coletadas amostras de sedimentos fluviais com o objetivo de se determinarem os valores de referência, que possam auxiliar a estabelecer correlações entre diferentes tipos de rocha e concentração dos elementos químicos detectando áreas de risco que contenham elementos potencialmente perigosos à saúde e, com isso, ajudar no desenvolvimento de futuras legislações ambientais.

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A bacia do rio Maracujá, localizada em Ouro Preto (M.G.), no interior do Quadrilátero Ferrífero (figura 1) com 140 km², esta bacia contém uma variada gama de paisagens e litologias. Na bacia ocorrem as seguintes unidades geológicas: embasamento cristalino; supergrupos Rio das Velhas e Minas; e sedimentos quaternários. O embasamento cristalino, de idade arqueana, forma uma estrutura dômica (Complexo Bação) que aflora no interior do Quadrilátero Ferrífero. É composto essencialmente por gnaisses, migmatitos e granitos de composição granodiorítica a tonalítica. O supergrupo Rio das Velhas, de idade arqueana, é composto basicamente por xistos e rochas básicas e ultrabásicas. Ocorre discordantemente sobre o embasamento cristalino, circunscrevendo todo o Complexo Bação e, também, sob a forma de corpos isolados posicionados no setor central e nordeste da bacia. O supergrupo Minas, de idade proterozóica, sobrepõe-se discordantemente sobre as rochas acima mencionadas.

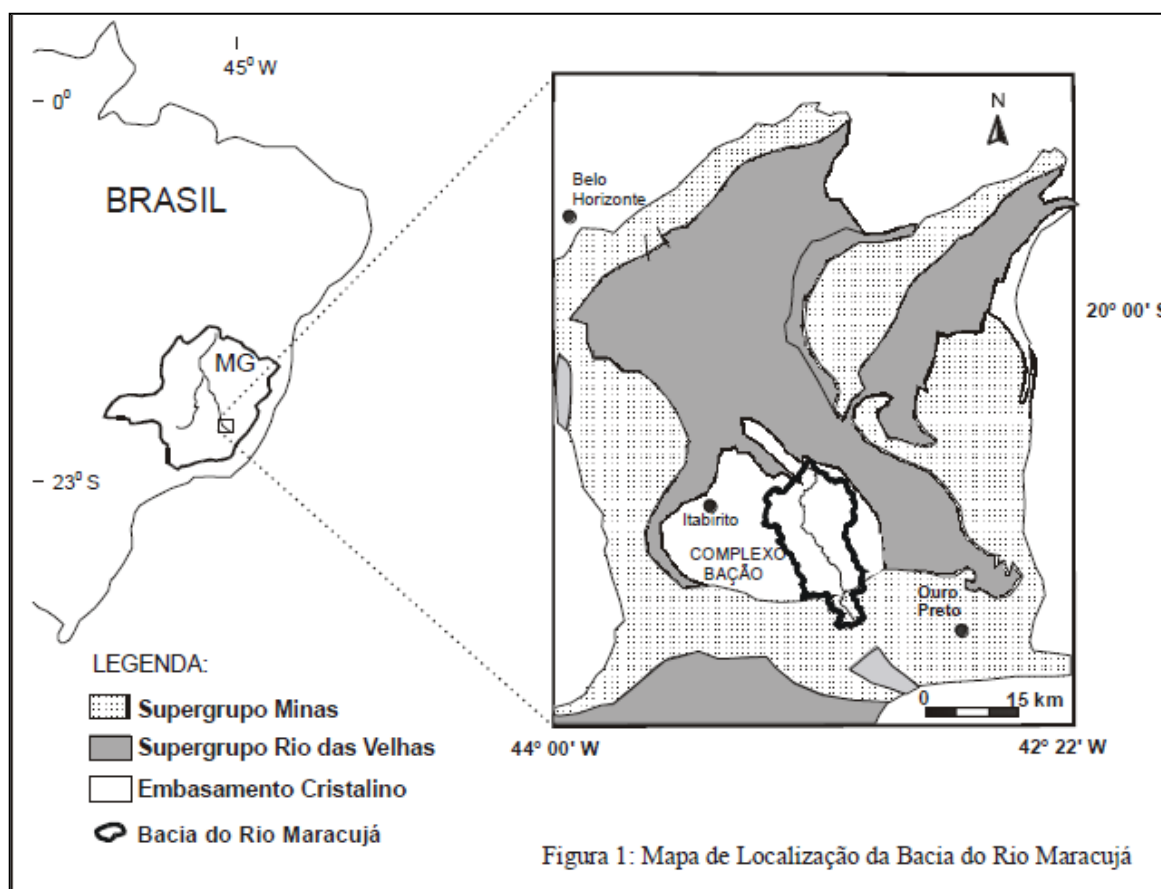


Figura 1 – Mapa de localização da Bacia do Rio Maracujá (Fonte: Bacelar, 2000)

Aflora na alta bacia do Maracujá, onde é composto por quartzitos, xistos, filitos e formações ferríferas. Diferentemente das rochas do embasamento cristalino, as rochas destes supergrupos geralmente exibem manto de intemperismo delgado, com exceção dos delgados corpos de com exceção dos delgados corpos de quartzito friável do supergrupo Minas, que afloram nas cabeceiras da bacia.

MATERIAIS E MÉTODOS

Entre janeiro de 2012 e outubro de 2013, 53 amostras de sedimento de corrente foram coletadas em toda a área da bacia, proporcionando uma densidade de amostragem de 1 amostra a cada 2,7 km². A coleta de sedimentos foi realizada nos exultórios das bacias de 3^a ordem, ao longo de um trecho de 500 m de extensão, a uma distância de 0,50m do leito do rio. Após a coleta, uma amostra de 500 g, foi acondicionada em sacos plásticos, de acordo com USEPA (2001).

Todas as amostras de sedimentos foram secas em temperatura ambiente e peneiradas, sendo que 1g da fração granulométrica menor que 0,063 µm foi destinada ao processo de digestão por água régia (mistura HCl com HNO₃; 3:1) realizado no Laboratório de Geoquímica da Universidade Federal de Ouro Preto.

Após a digestão, as amostras foram destinadas à leitura no Espectrofotômetro de Emissão Atômica com Fonte de Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-OES), marca Spectro/Modelo Ciros CCD onde foram analisadas as concentrações de Cd, Cr e Pb.

De posse da base de dados, foram confeccionados os mapas de isovalores, para os elementos potencialmente tóxicos. Foi usada a ferramenta geoestatística de interpolação IDW (inverse distance weighted) conforme preconizado por Albanese *et al*, (2006), aplicando-se como técnica de vizinhança a escolha de 12 pontos.

Como método para distinguir as concentrações normais das anomalias, foi adotada a técnica de separação por faixas de concentração (Carranza, 2009), na qual as anomalias são definidas pelo “boxplot” Upper Inner Fence (UIF).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O mapeamento geoquímico do cádmio, chumbo e do cromo da bacia do rio Maracujá permitiu constatar anomalias em locais onde até então não haviam sido relatadas, o Cd e o Cr na cabeceira da bacia podem servir como exemplos. O estudo permitiu também a integração completa entre os dados e os litotipos da bacia, o que proporcionou o estabelecimento dos valores de referência de forma mais acurada, pois as pesquisas conduzidas até então eram restritas a determinadas regiões.

O Cd demonstrou-se notadamente abundante na região, com concentração média onze vezes maior que a média da crosta continental. O teor médio de Pb apesar de estar acima da média da crosta, encontra-se apenas com teor 1,6 vezes maior, ao passo que o cromo está com nível médio abaixo da média da crosta terrestre.

Os parâmetros estatísticos básicos da concentração dos elementos das 183 amostras de sedimentos estão expostos na tabela 1.

Tabela 1: Estatística descritiva das amostras de sedimentos do Alto Rio das Velhas, Região do QF

Elemento	Unidade	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	1º quartil	3º quartil
Cd	mg kg ⁻¹	0,4	11,36	1,03	0,4	0,4	1,01
Cr	mg kg ⁻¹	5,4	352	105,6	95,8	34,7	135,3
Pb	mg kg ⁻¹	0,4	56,2	19,5	15,2	8,6	24,4

Apesar de apresentarem pequenas variações entre si, 70 - 80% da área da bacia não apresenta anomalias, com valores até o 3º quartil. Contudo, verifica-se que um percentual de 10 a 15% da área demonstrou anomalias derivadas de fontes geogênicas, enquanto 5 a 10% de toda a bacia possui altas concentrações as quais podem ser relacionadas tanto com as litologias aflorantes como também com a influência antropogênica, principalmente as atividades minerárias. A tabela 2 mostra as faixas de concentração dos elementos selecionados, sendo considerados como anomalias todos os valores que excederem ao UIF.

Tabela 2: Faixas de concentrações regionais e classificação dos valores de referência para elementos potencialmente tóxicos na Bacia do Rio das Velhas, região do QF

Elemento	Valores de Concentração (mg kg ⁻¹)	Classificação	Porcentagem da área da bacia
Cd	0,4–1,01	Faixa de referência	79%
	>1,02–1,86	Alto Valor de referência	14%
	> 1,86	Anomalias	7%
Cr	5,4–135,3	Faixa de referência	75%
	>135,3–297	Alto Valor de referência	20%
	> 297	Anomalias	5%
Pb	0,4 – 24,4	Faixa de referência	72%
	>24,4 - 47	Alto Valor de referência	15%
	> 47	Anomalias	3%

CÁDMIO

A distribuição espacial do Cd (Fig.2) apresentou 79% da área com valores abaixo de 1,01 mg kg⁻¹, os quais podem ser considerados como faixa de referência. Verificou-se ainda um intervalo intermediário com teores até 1,86 mg kg⁻¹, que cobre 14% da bacia, e um terceiro conjunto de dados com concentrações entre 1,86 e 11,36 mg kg⁻¹, os quais são enquadrados como anomalias.

Este grupo é formado por 12 pontos, que apresenta os minerais plagioclásio, albita, ilmenita e olivina que geralmente hospedam o Cd em suas estruturas encontrados associados às rochas. Aliado a isso, estes pontos drenam em sua maioria sobre carbonato-quartzo xistos, quartzo-carbonato xistos e sericita xistos, que fazem parte do Grupo Nova Lima

Nas cabeceiras do rio Maracujá, em áreas de baixo impacto ambiental, foram verificados valores de 1,4 a 4,7 mg kg⁻¹, demonstrando que mesmo áreas com baixa influência antrópica existe a disponibilização de elementos para o meio, expondo a população à riscos ambientais. Vale destacar ainda que nos trechos onde foram constatadas anomalias significativas de Cd, estas muitas vezes ocorreram associadas a elevadas concentrações de Pb.

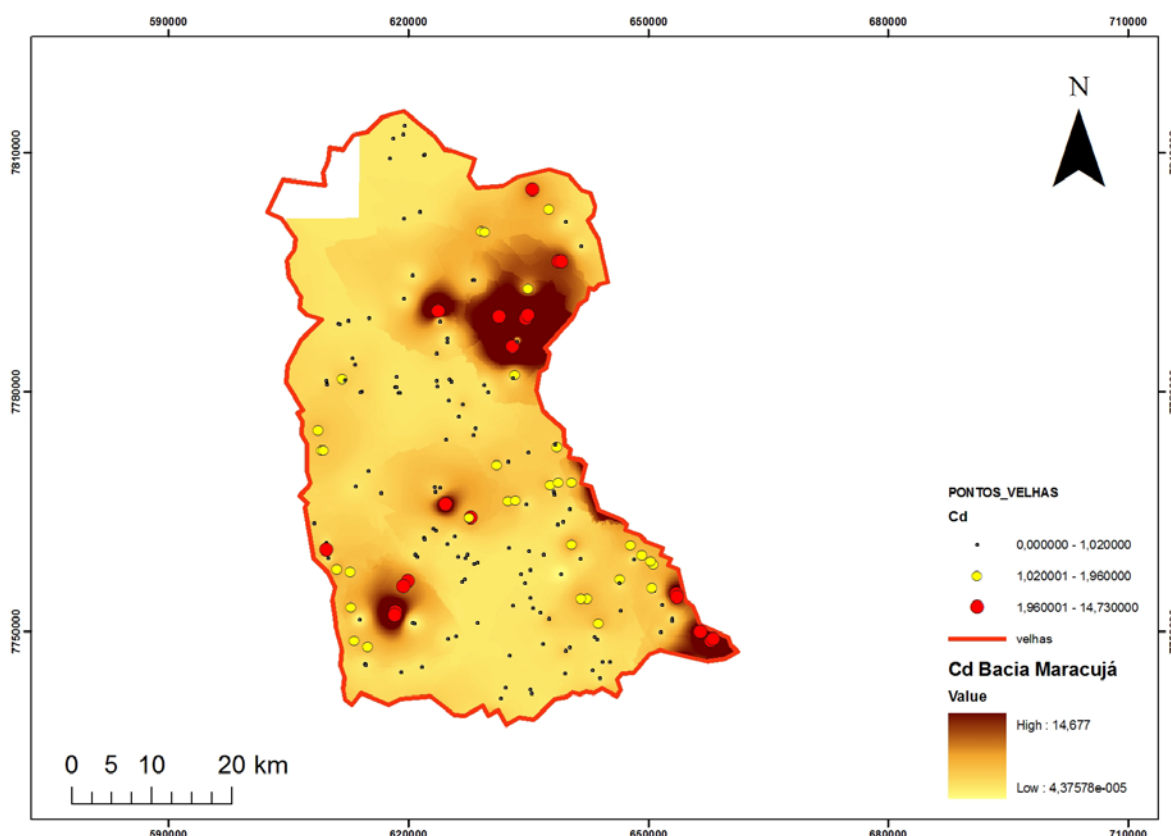


Figura 2: Mapa geoquímico do Cd para a Bacia do Rio Maracujá

CROMO

A distribuição do Cr que pode ser observada na Figura 3, demonstrou um grupo com concentrações até 135,3 mg.kg⁻¹ cobrindo 75% da bacia. Um segundo conjunto com valores entre 135,3 e 297 mg kg⁻¹ englobando 20% da área, localizado principalmente na região centro-norte da bacia, o qual demonstrou uma estreita relação com as rochas do Grupo Nova Lima (carbonato-quartzo xistos, quartzo-carbonato xistos e sericita xistos).

Contudo, além da relação com os litotipos, a interferência antrópica também atua de forma relevante. Como exemplo podemos citar que na região das nascentes de Rio Maracujá, em uma área de baixa interferência antrópica, que compreende duas comunidades rurais, foram verificadas 5 anomalias com variação entre 135 e 205 mg kg⁻¹, drenando sobre as rochas do Grupo Nova Lima. Ainda sobre a mesma litologia, nos municípios de Itabirito, em uma área que notadamente apresenta urbanização e uma atividade de mineração intensas, foram encontradas 9 anomalias com valores de concentração oscilando entre 180 e 352 mg kg⁻¹

A ocorrência do cromo nestes sedimentos pode estar associada à sua presença nos minerais micas (muscovita) e caulinita, os quais são produtos do intemperismo das sericitas e carbonatos que se formaram a partir dos processos de alteração hidrotermal já descritos nas rochas do Supergrupo Rio das Velhas.

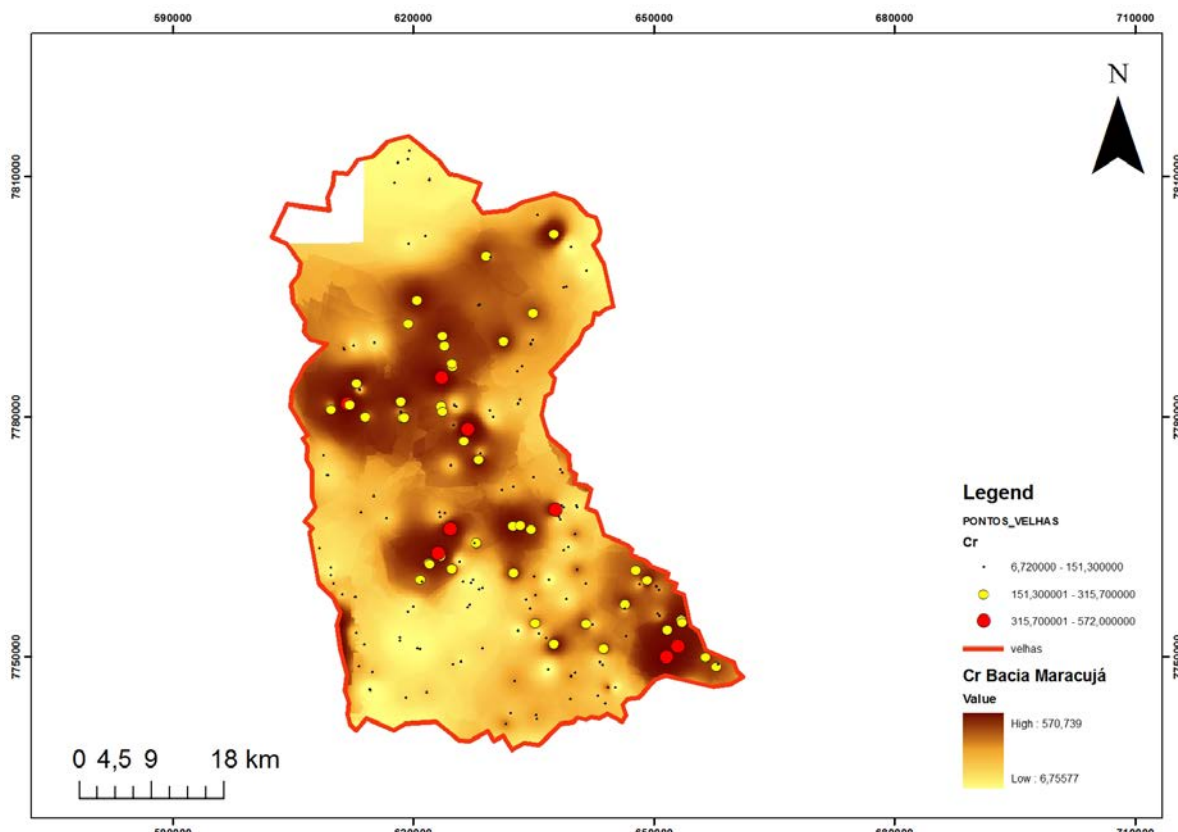


Figura 3: Mapa geoquímico do Cr para a Bacia do Rio Maracujá

CHUMBO

O chumbo apresentou um valor médio de 19,5 mg kg⁻¹, 1,2 vezes superior à média da crosta continental. Seu comportamento (Fig. 4), apresenta 72% da área com concentrações que oscilam de 0,4 até 24,4 mg kg⁻¹. Um segundo grupo situado no intervalo entre 24,4 e 47 mg kg⁻¹ abrange 15% da região, e apresenta estreita relação com os itabiritos e filitos do Super grupo Minas.

Na porção central da bacia, nos municípios de Ouro Preto e Itabirito, foram constatadas cinco anomalias em locais onde predominam as rochas graníticas e granodiorítica do complexo Bação. Contudo, estes pontos encontram-se divididos em basicamente duas regiões distintas: Glaura (Ouro Preto) com valores entre 21,8 e 38,4 mg.kg⁻¹ e Portões (Itabirito) com concentrações de 29,6 e 42,2 mg.kg⁻¹, como a mobilidade do Pb é baixa em qualquer ambiente, pode-se concluir que existe uma fonte geogênica nestas regiões. No distrito de Acuruí (Itabirito) também foi verificada uma alta densidade de pontos com elevados teores de Pb, entre 37,9 e 41,6 mg.kg⁻¹, os quais ocorrem em bacias onde temos a predominância dos quartzitos sericíticos e das sericitas-xistos do grupo Maquiné, o que reforça um comportamento calcófilo com ocorrências associadas aos “greenstone Belts” do Supergrupo Rio das Velhas. No entanto, é importante ressaltar que estes córregos se encontram a jusante de uma mineração de ouro.

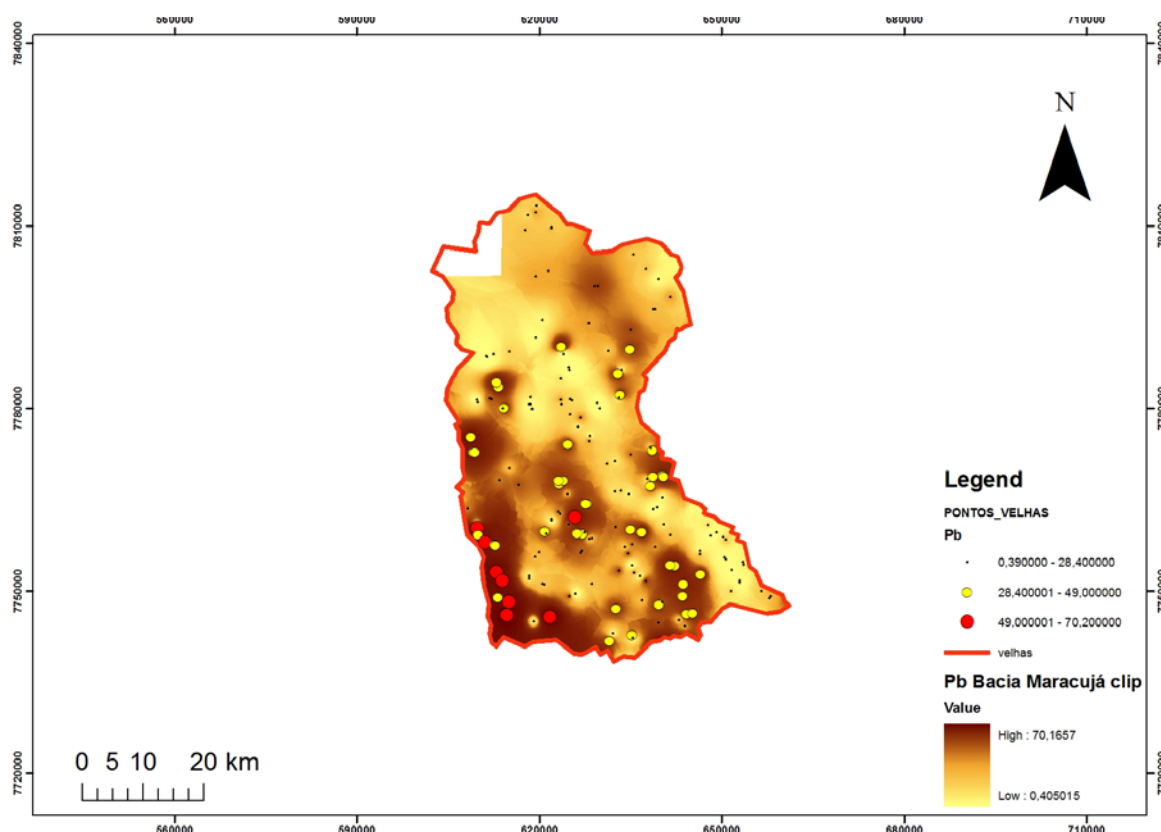


Figura 4: Mapa geoquímico do Pb para a Bacia do Rio Maracujá

Existe ainda um conjunto de nove pontos onde se encontram as anomalias que apresentaram teores acima de 35,9 mg kg⁻¹, os quais estão inseridos principalmente na porção sudoeste da bacia, na microbacia do Ribeirão Mata Porcos, uma região onde estão em operação seis mineradoras (Mina do Pico, Mina de Fábrica 1 e 2, Várzea do Lopes, Herculano, Safma), as quais notadamente potencializam a liberação do Pb para o meio. Esta hipótese é corroborada pela situação verificada nos pontos de coleta, que apresentaram um estágio de assoreamento avançado, com uma grande quantidade de sedimentos. Além disso, as concentrações de Pb nos córregos diminuem sensivelmente com o aumento da distância em relação às mineradoras. O Pb demonstrou uma correlação significativa com o Fe, esta afinidade pode estar relacionada à presença do Pb no mineral magnetita, uma fonte de Fe intensamente explorada na região e ao processo da co-precipitação do Pb pelos compostos de Fe.

CONCLUSÕES

A alta densidade de amostragem permitiu constatar o controle da litologia na geoquímica dos sedimentos, e proporcionou ainda o estabelecimento de um padrão de comportamento bem definido dos elementos para cada tipo de rocha, o qual permitiu a detecção de anomalias ocorridas em função da interferência antrópica, o que foi verificado com o Pb e o Cd em regiões próximas às mineradoras.

Verificou-se que em muitos pontos onde não existe interferência antrópica ou esta ocorre em baixa escala, as concentrações dos elementos oscilam dentro de uma faixa e se estendem até um determinado valor, enquanto outros segmentos de drenagem onde a ação antropogênica é relevante este intervalo apresenta valores significativamente maiores.

A porção média da bacia foi a região que apresentou a maior densidade de anomalias. A elevada concentração destes metais ocorre em função da interação entre a interferência antrópica e a geologia. Observou-se que muitos destes pontos apresentam alta concentração de elementos tóxicos devido à interferência antropogênica, e em função disso, muitos destes locais são monitorados de maneira interna ou externa em função das

condicionantes estabelecidas na legislação ambiental. No entanto, muitas localidades apresentaram concentrações anômalas em função do processo natural de intemperismo do material geológico, demonstrando que existe um risco ambiental que não é monitorado, mas que a partir deste mapeamento executado começa e ser desvendado. Aliado a isso, o mapeamento de alta densidade permitiu demonstrar com clareza quais localidades, cidades e bacias estão expostas a riscos ambientais e, desta forma, necessitam ser protegidas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALBANESE, S., DE VIVO, B., LIMA, A., CICCHELLA, D. 2006. Geochemical background and baseline values of toxic elements in stream sediments of Campania region (Italy). *Journal of Geochemical Exploration* 93, 21–34.
2. BACELLAR, L.A.P., 2000, Condicionantes geológicos, geomorfológicos e geotécnicos dos mecanismos de voçorocamento na bacia do rio Maracujá, Ouro Preto, M.G. Tese de Doutorado. COPPE/UFRJ, 226 p. Rio de Janeiro
3. CARRANZA, E. J. M. 2009. Geochemical Anomaly and Mineral Prospectivity Mapping in GIS. *Handbook of exploration and environmental geochemistry*; vol. 11. Elsevier publications. Budapeste. Hungria. 310 p.
4. CHRISTOFOLETTI A. 2002. *Modelagem de sistemas ambientais*. 2ª ed. São Paulo: Editora Edgard Blücher. 236 p.
5. DESCHAMPS, E. MATSCHULLAT, J. (org). 2007. Arsênio Antropogênico e Natural: um Estudo em Regiões do Quadrilátero Ferrífero. 330 p. Fundação Estadual do Meio Ambiente – FEAM.
6. MAKKAVEYEV N. I. 1986. Channel process as a feature of erosion-accumulative process, *Papers of Channel Processes Section, Scientific Committee “Integrated Exploitation and Protection of Water Resources”*, Vol. 1. General Problems of Channel Process Theory, Hydrometeoizdat Publ., Leningrad, pp. 56–65 (in Russian).
7. MOREIRA R. C. A., BOAVENTURA G. R. 2003. Referência Geoquímica regional para a interpretação das concentrações de elementos químicos nos sedimentos da bacia do Lago Paranoá – DF. *Química Nova*. 26(0), 1-8.
8. SEDNET. 2004. European Sediment Network. Contaminated Sediments in European River Basins. 78 p. http://www.sednet.org/download/Sednet_booklet_final.pdf. Acessada em 23/08/2013.
9. SMITH K. S. & HUCK H. L. O. 1999. The Environmental Geochemistry of Mineral Deposits Part A, Plumlee, G. S.; Logsdon, M. J., eds.; *Society of Economic Geologists, Reviews in Economic Geology*, cap. 2.
10. STRAHLER, A. N. 1952. Dynamic Basis of Geomorphology, *Geological Society America Bulletin*, 63 p.
11. SUGUIO K. 2003. *Geologia Sedimentar*. 1. ed. São Paulo: Editora Edgard Blücher
12. UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - USEPA. Sediment Sampling Guide and Methodologies. Division of Surface Water. Columbuís, p. 36. 2001.