

# CONTAMINAÇÃO SAZONAL DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DA BACIA DO RIO SÃO MIGUEL (MG) POR CÁDMIO E PROPOSIÇÃO DE VALORES DE *BACKGROUND*

Thiago Lucon<sup>1</sup>, Paulo Galvão<sup>2</sup>, Pedro Assunção<sup>3</sup>, Debora Pereira<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Ouro Preto. *Campus* Morro do Cruzeiro, Ouro Preto (MG). thiago.n.lucon@gmail.com.

<sup>2</sup> Universidade Federal de Ouro Preto. *Campus* Morro do Cruzeiro, Ouro Preto (MG). hidropaulo@gmail.com

<sup>3</sup> Universidade Federal de Ouro Preto. *Campus* Morro do Cruzeiro, Ouro Preto (MG). pedroassuncao94@hotmail.com

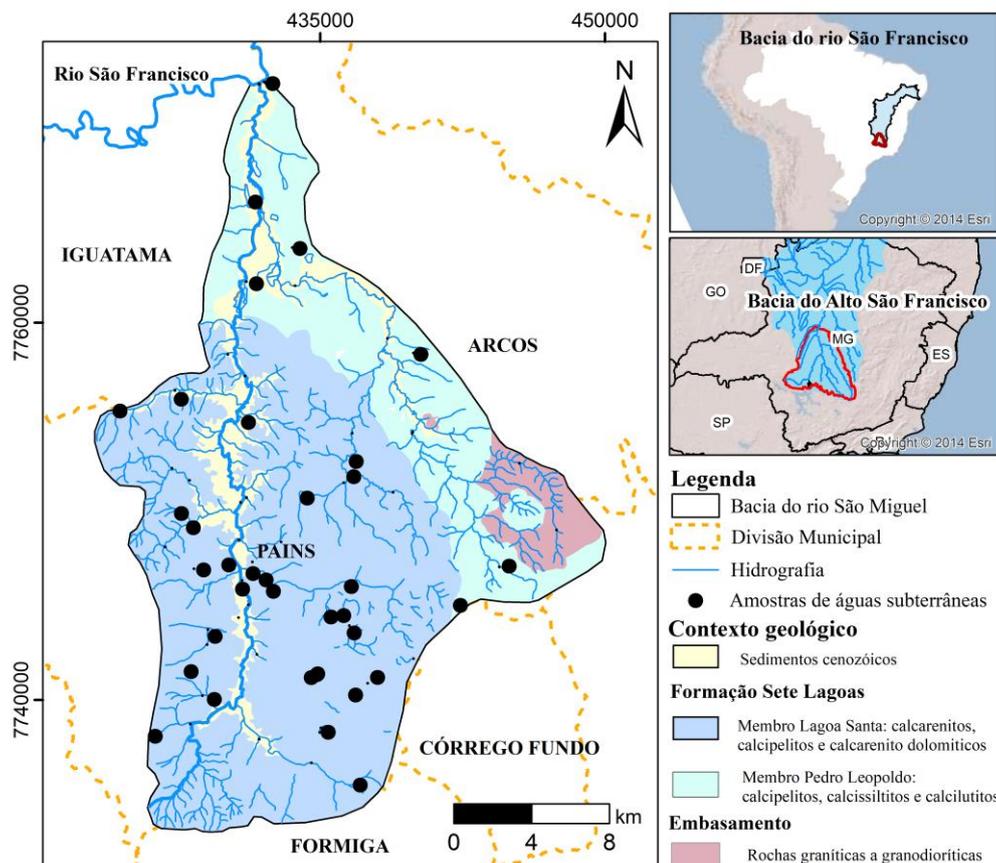
<sup>4</sup> Universidade Federal de Ouro Preto. *Campus* Morro do Cruzeiro, Ouro Preto (MG). deboralp1@gmail.com

**Palavras-Chave:** *Background*; Contaminação; Carste

## INTRODUÇÃO

A água representa o principal meio de conexão entre a geoquímica do ambiente e a fisiologia humana (Cunha & Machado 2004, Cortecchi 2006). Logo, o mapeamento hidroquímico em conjunto com a proposição de valores de *background* tem sido uma importante ferramenta para o entendimento da contaminação das águas e de suas causas, tanto naturais como antropogênicas (De Vivo *et al.* 2003). Quando bem elaborados e com uma base de dados consistente, mapas geoambientais proporcionam inúmeras informações, as quais permitem uma fácil interpretação, subsidiando o estabelecimento de políticas públicas para gestão ambiental, de forma a contemplar a utilização adequada de recursos naturais e garantir melhoria na qualidade de vida.

Neste contexto, a pesquisa buscou analisar as concentrações químicas do elemento cádmio (Cd) das águas subterrâneas da bacia do rio São Miguel, utilizando-se do mapeamento hidroquímico, visando o melhor conhecimento sobre a qualidade dessas águas perante padrões estabelecidos pelas legislações vigentes, além de verificar a influência da sazonalidade e propor valores de *background* para este elemento. A bacia do rio São Miguel ( $\approx 520 \text{ km}^2$ ) está localizada no centro oeste de Minas Gerais, extremo meridional da bacia do rio São Francisco, inserida na Província Cárstica de Arcos Pains, representada principalmente por rochas carbonáticas e pelíticas da Formação Sete Lagoas (Grupo Bambuí), com exposições secundárias do embasamento granito-gnáissico pertencentes ao Complexo Campo Belo (Ribeiro *et al.* 2007) (Fig. 1).



**Figura 1** - Bacia do rio São Miguel com os pontos de monitoramento para as águas subterrâneas e contexto geológico (modificado de Ribeiro *et al.* 2003).

## MATERIAS E MÉTODOS

Para avaliar a concentração de Cd das águas subterrâneas da bacia, realizou-se um monitoramento sazonal, com a análise das concentrações via Espectrofotômetro de Massa com Fonte de Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-MS Agilent 7700x). Foram realizadas quatro amostragens, duas durante a estiagem (agosto/setembro de 2015 e julho de 2016) e duas durante o período chuvoso (novembro/dezembro de 2015 e março de 2016), coletando um total de 153 amostras de águas subterrâneas a partir dos 39 pontos de monitoramento distribuídos ao longo da bacia (Fig. 1).

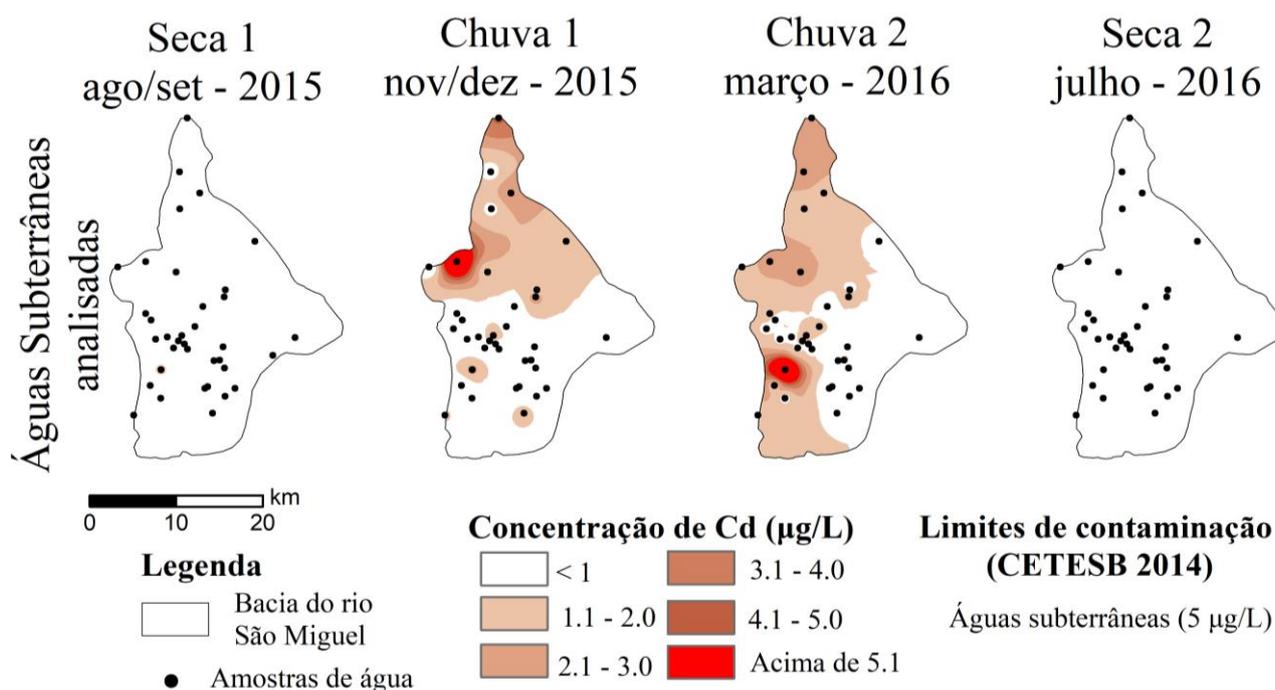
A partir das análises químicas, realizou-se um tratamento de dados pelo Microsoft Excel®, onde foram gerados gráficos para uma melhor interpretação dos resultados. Com o intuito de melhorar a visualização dos resultados, as concentrações de Cd foram inseridas no ArcGis® 10.1 a fim de confeccionar mapas hidroquímicos de isovalores, utilizando as seguintes ferramentas (extensões) do sistema: *Spatial Analyst*, *Spatial Tools* e *Inverse Distance Weighted (IDW)*. Além disso, os resultados foram comparados a valores orientados da CETESB (2014) para verificar se as águas da região se encontram em conformidade com os padrões para consumo humano.

Para a proposição dos valores de *background* das águas subterrâneas aplicou-se os métodos propostos por ISPRA (2009) e APAT-ISS (2006), onde os valores são definidos com 90° e 95° percentis derivados da distribuição de probabilidade. Para obtenção dos valores de 90% e 95%, foram confeccionados gráficos de probabilidade com intervalo de confiança de 95%, a partir do Minitab 16®. Os valores que superaram os 90° e 95° percentis foram considerados anomalias, quer sejam geogênicas ou antropogênicas.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para 153 amostras de água subterrânea, as concentrações de Cd variaram de 0,001 a 15,63 µg/L, com cerca de 20% apresentando valores superiores a 1 µg/L, ou seja, acima do encontrado para as 110 estações analisadas pelo mundo todo (Friberg et al. 1986; WHO 1993); pouco mais de 1% apresentam valores superiores a 5 µg/L, superando as concentrações relatadas para as regiões cársticas da China ocidental (1 a 4 µg/L, Sun 2010). O maior valor de Cd encontrado (15,63 µg/L) apresentou valor próximo ao relatado no aquífero cárstico de Yucatán, México, de 17,6 µg/L (Marín et al. 2000).

Com relação à qualidade das águas, a Fig. 2 expõe os mapas da bacia com a representação das anomalias de Cd por amostragem. Salienta-se que muitos dos valores encontrados para este elemento estão acima para os diferentes tipos de utilização das águas, de acordo com agências nacionais e internacionais (Tabela 1).



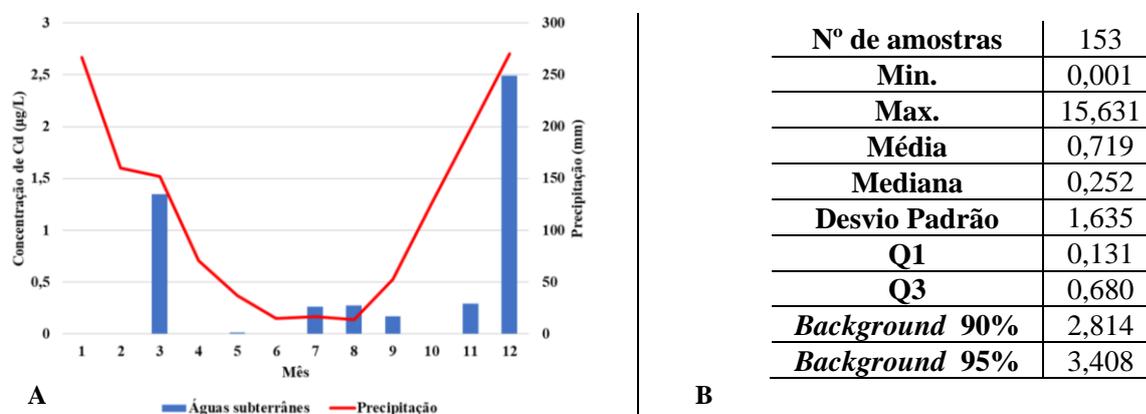
**Figura 2** – Distribuição sazonal do Cd nas águas subterrâneas da bacia do rio São Miguel com os limites estabelecidos pela CETESB (2014).

**Tabela 1** Limites para concentração de Cd, em mg/L, para diferentes tipos de utilização de águas, de acordo com agências nacionais e internacionais.

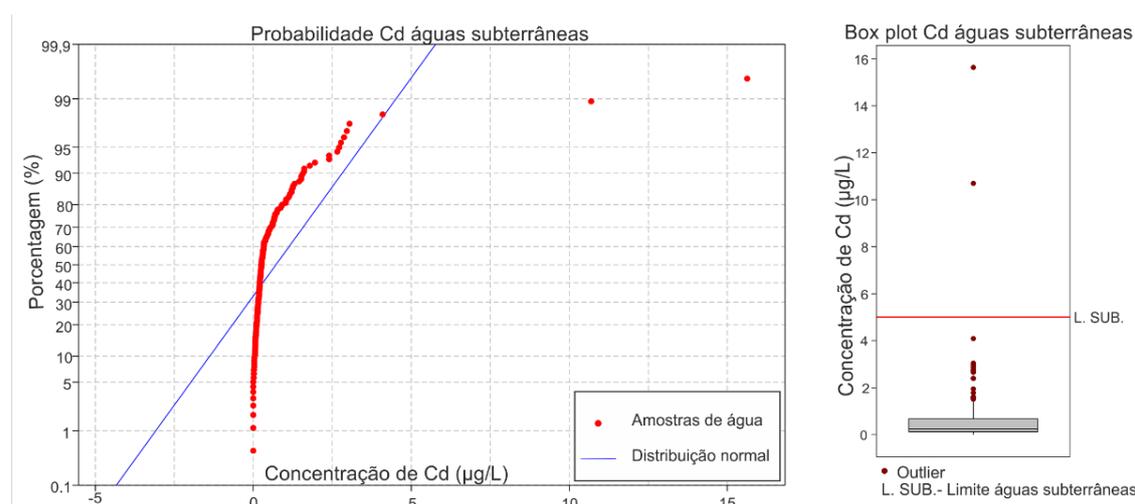
Agências nacionais			
CONAMA n° 396 (2008)		MS n°. 2914 (2011)	CETESB (2014)
Consumo humano	Consumo animal	Limite máximo	Limite máximo
0,005	0,05	0,005	0,005
Agências internacionais			
WHO (2011)	Canada - CCREM (1987)		USA - USEPA (2017)
Consumo humano	Preservação da vida aquática	Consumo animal	Consumo humano
0,003	0,0002 – 0,0018	0,02	0,005

As Fig. 2 e 3ª indicam, claramente, a influência da sazonalidade perante as anomalias observadas para Cd na bacia em estudo, com base nos dados coletados durante os 6 meses analisados. As concentrações se acentuam durante o período chuvoso, sendo que o mês mais chuvoso (dezembro, 270 mm) apresentou os maiores valores médios de Cd para as águas subterrâneas 2,49 µg/L (Fig. 2).

As Figs. 3b e 4 apresentam a análise estatística, gráfico de probabilidade e a proposição dos valores de *background* para o Cd, com base nos 90º e 95º percentis.



**Figura 3** – Em **A** histograma com pluviosidade x concentração de Cd das águas amostradas, e em **B** concentrações analisadas de Cd (µg/L) e proposição de valores de *background* 90 e 95%.



**Figura 4** – Gráficos de probabilidade para obtenção dos valores de *background* 90% e 95% e box plot para concentração de cádmio nas águas subterrâneas em estudo.

Observa-se que os valores propostos para *background* (90% = 2,81 µg/L e 95% = 3,40 µg/L) são bem acima do proposto para as águas subterrâneas da região cárstica da Irlanda, o qual propõe como valor de *background* 95% de 0,20 µg/L (Tedd et al. 2017). A partir dos dados apresentados e corroborando com Haddad (2007) e Villanueva et al. (2014), observa-se a grande vulnerabilidade à contaminação por Cd que regiões cársticas podem apresentar.

## CONCLUSÃO

A partir do monitoramento sazonal e mapeamento hidroquímico das águas subterrâneas da bacia, foi possível verificar a influência da sazonalidade na distribuição das concentrações de Cd, se mostrando uma importante ferramenta para o conhecimento da região, proporcionando inúmeras informações facilmente interpretáveis, podendo ajudar na gestão ambiental da bacia, preservando os recursos naturais e garantindo melhoria na qualidade de vida para população local.

## AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-Graduação em Evolução Crustal e Recursos Naturais do Departamento de Geologia da UFOP, ao laboratório LGqA-DEGEO e todo seu corpo técnico, à SEE pelo apoio técnico-científico e ao Conselho Nacional de Pesquisa (CNPQ).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APAT-ISS (2006) Protocollo operativo per la determinazione dei valori di fondo di metalli e metallioidi nei suoli dei siti contaminati
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 396 (2008) Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 03 Abr. 2008. Seção Resoluções
- CCREM - Canadian Council of Resource and Environment Ministers (1987) Canadian Water Quality Guidelines. Appendix XV: Protocols for Deriving Water Quality Guidelines for the Protection of Agricultural Water Uses (October 1993), Ottawa: Task Force on Water Quality Guidelines
- CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (2014) Relatório de estabelecimento de valores orientadores para solos e águas subterrâneas no Estado de São Paulo. CETESB, São Paulo, (Série Relatórios Ambientais) 3p <http://sgw.com.br/cetesb-Atualiza-lista-de-valores-orientadores-para-solo-e-aguas-subterraneas.html>.
- De Vivo B., Lima A., Boni M., Albanese S., Cicchella D., Iachetta A., Malanga F., Somma R., Tarzia M., Frizzo P., Raccagni L., Sabatini, G., Baroni F. Di Lella L.A., Protano G., Riccobono, F. Foreign geochemical baseline mapping programme: Italian territory. In: 4 Th European Congress On Regional Geoscientific Cartography And Information Systems, 2003, Bologna. Proceedings, v. II, p. 639– 640, 2003.
- Friberg L, Nordberg GF, Vouk VB (1986) Handbook of the toxicology of metals. Vol. II. Amsterdam, Elsevier, pp. 130–184
- Haddad E.A. 2007. Influencia antrópica na qualidade da água da bacia hidrográfica do Rio São Miguel, Carste do Alto São Francisco, Minas Gerais. 2007. 156 p. Dissertação (Mestrado em Análise Ambiental) – Departamento de Geografia, Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais.
- ISPRA (2009) Protocollo per la Definizione dei Valori di Fondo per le Sostanze Inorganiche nella Acque Sotterranee. [http://www.apat.gov.it/site/\\_files/Fondo\\_metalli\\_acque\\_sotterranee.pdf](http://www.apat.gov.it/site/_files/Fondo_metalli_acque_sotterranee.pdf)
- Marín LE, Steinich B, Pacheco J, Escolero OA (2000) Hydrogeology of a contaminated sole-source karst aquifer, Mérida, Yucatán, Mexico. *GeofisInt* 49(4):359–365
- Ribeiro A., Paciullo F.V.P., Senra A.S., Valeriano C.M., Trouw A.J. Geologia da Folha de Piumhi, SF-23-V-B-II. In: Serviço Geológico do Brasil. Programa Geologia do Brasil Minas Gerais: UFRJ/CPRM, 50 p., 2007.
- Sun HF, Li YH, Ji YF, Yang LS, Wang WY (2010) Environmental contamination and health hazard of lead and cadmium around Chatian mercury mining deposit in western Hunan Province, China. *Trans. Nonferr. Metal Soc. China* 20, 308–314
- Tedd K, Coxon C, Misstear B, Daly D, Mannix A, Hunter Williams, T (2017) Assessing and developing Natural Background Levels for chemical parameters in Irish groundwater (No. 183). EPA Research Report
- World Health Organization – WHO (1993) Guidelines for drinking-water quality. 2nd. Ed. Geneve. v.1 Recommendations. pp.1–15; 39–57. v.2 – Health criteria and other supporting information. pp.1-18; 82-86; 121–130; 195–201; 254–266; 325-326; 370-372; 383-385
- UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – USEPA (2017) Water quality standards handbook. USA: Government Institute
- Villanueva T.C.B., Leal L.R.B., Zucchi M.R., Azevedo A.E.G., Villanueva P.R. 2014. Caracterização hidroquímica e hidrogeológica do aquífero cárstico salitre na região de Irecê, Bahia. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v.19, nº. 4, p. 83-96, out. /dez.
- World Health Organization – WHO (2011) Guidelines for Drinking-Water Quality, Fourth Edition. Available online: [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/publications/2011/dwq\\_guidelines/en/](http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/2011/dwq_guidelines/en/)