QUIMISMO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA EM MEIO URBANO – ESTUDO DE CASO DA BACIA HIDROGRÁFICA DE ALCÂNTARA – LISBOA

Margarida Oliveira[1]; M.C.R. Silva[2]; Fernanda Diamantino[3]

[1]Centro Ciência Viva do Lousal
[2] Universidade de Lisboa, Faculdade de Ciências, Departamento Geologia, CeGUL.
[3] Universidade de Lisboa, Faculdade de Ciências, Departamento de Estatística e Investigação Operacional, CEAUL.

Resumo

A Bacia Hidrográfica de Alcântara pertence à Bacia Hidrográfica do Rio Tejo; o seu troço jusante localiza-se no concelho de Lisboa, uma região urbana fortemente impermeabilizada e com elevada concentração de edifícios e vias de comunicação, onde a recarga natural ocorre preferencialmente em zonas não ocupadas e onde o meio geológico é favorável à infiltração. No entanto, as fugas oriundas de rupturas nos sistemas de redes de abastecimento de água e colectores de esgotos, contribuem significativamente para a ocorrência de recarga artificial, a qual origina alterações ao quimismo da água subterrânea.

Em áreas urbanas, os principais factores que contribuem para a contaminação das águas subterrâneas são, por um lado, as fugas da rede de esgotos e, por outro, a infiltração de águas com elevada concentração de poluentes, provenientes de actividade industrial, tráfego automóvel, cemitérios, aterros sanitários, entre outros.

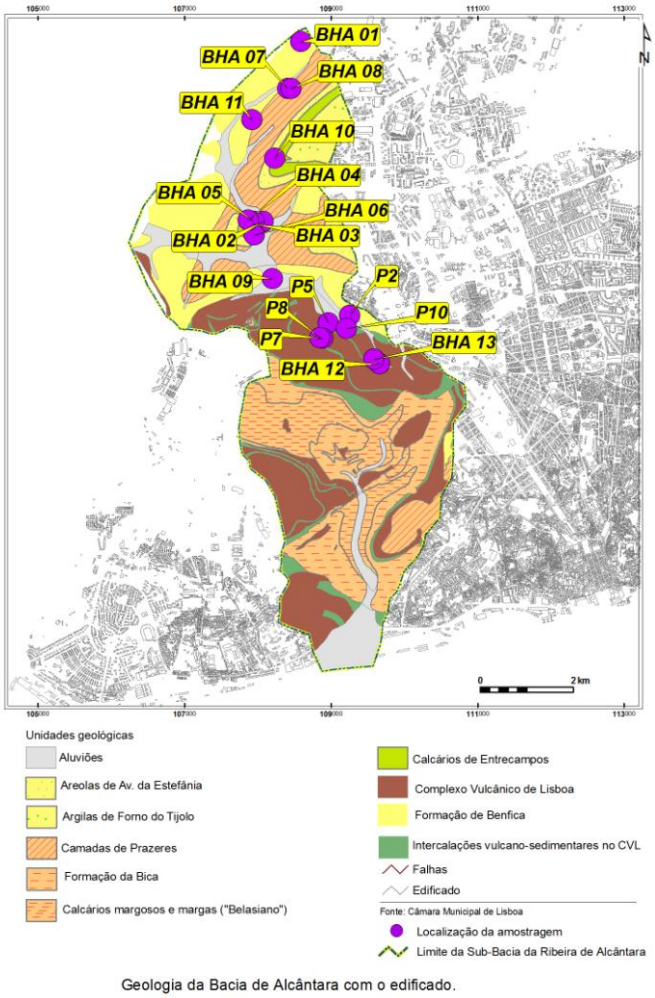

Figura 1- Geologia da Bacia de Alcântara e localização de pontos de água.

A área limitada pela Bacia de Hidrográfica de Alcântara é essencialmente composta por formações detríticas, carbonatadas e rochas ígneas, onde esta heterogeneidade litológica é responsável por apreciáveis diferenças de permeabilidade do meio (Almeida, C. *et al*, 2000).

Para este estudo (Oliveira, M., 2010), procedeu-se à recolha, no ano hidrológico de 2008/09, de 13 amostras de água em duas campanhas, uma de águas altas, estação húmida, no mês de Abril e outra de águas baixas, estação seca, no mês de Outubro. As amostras foram colhidas em poços, nascentes e uma mina, em locais previamente inventariados pela Câmara Municipal de Lisboa (Figura 1). Foram realizadas análises físico-químicas e bacteriológicas às amostras recolhidas.
Os parâmetros físico-químicos determinados foram: condutividade eléctrica (CE), pH, potencial redox (Eh), Ca^{2+}, Na^{+}, K^{+}, Mg^{2+}, HCO_3^{-}, F^{-}, Cl^{-}, Br^{-}, NO_3^{-} e SO_4^{2-}.

Inicialmente foi efectuada uma análise exploratória dos dados em que foram calculadas algumas características amostrais referentes a cada ião. A Figura 2 mostra as representações gráficas em Box-plot de cada ião em cada uma das duas estações.

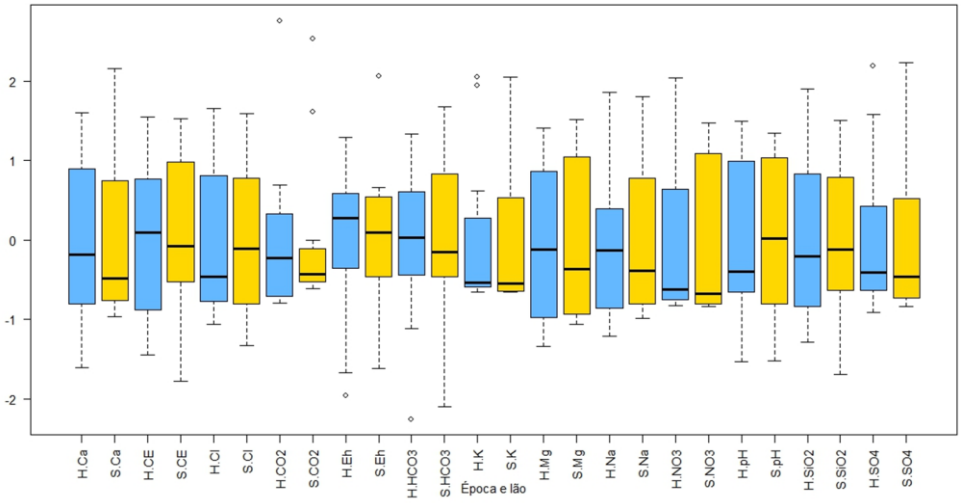

Figura 2 - Representação gráfica de cada parâmetro nas duas épocas, húmida (H) e seca (S) (valores padronizados).

Depois de ter sido testada a hipótese de normalidade subjacente aos dados e de, para a maioria dos iões, ter sido rejeitada, procedeu-se à aplicação do teste de Wilcoxon (amostras emparelhadas) para comparar os valores dos parâmetros químicos existentes nas amostras das duas estações, seca e húmida. Neste estudo foi utilizado o software estatístico SPSS (Maroco, J., 2007).
Os resultados obtidos permitem afirmar que não existem diferenças significativas (nível de significância de 5%) entre as duas estações, relativamente às concentrações dos iões Ca^{2+}, Na^{+}, K^{+}, HCO_3^{-}, F^{-}, Cl^{-} e NO_3^{-}. Quanto aos iões Mg^{2+} e SO_4^{2-}, existem diferenças significativas, as concentrações tendem a ser mais elevadas na estação seca.
Na análise factorial efectuada, procurou-se identificar as relações existentes entre as espécies dissolvidas na água (Joreskog *et al.*, 1976). Optou-se por reter 3 factores que explicam 76% da variância total na estação seca, e 75% na estação húmida (Tabelas 1 e 2). Com a rotação Varimax tornou-se mais simples interpretar cada factor.

Variável	Factor 1	2	3
Ca^{2+}	**0,8574**	-0,3163	0,2773
Na^{+}	**0,8166**	0,3494	-0,3239
Cl^{-}	**0,8458**	0,2952	-0,1853
SO_4^{-}	**0,8516**	0,0978	-0,2633
CO_2	**0,8002**	-0,4085	0,0461
CE	**0,9269**	0,3545	0,0029
HCO3	0,0548	**0,8393**	0,1806
pH	-0,2426	**0,7487**	0,5119
Eh	-0,3211	**-0,7535**	0,0346
K^{+}	-0,0700	0,0614	**0,8675**
Mg^{2+}	0,3742	0,4300	**-0,5531**
NO_3	0,0506	0,0384	**0,5621**
SiO_2	-0,1189	0,2851	**0,7398**

Tabela 1: Pesos das variáveis nos factores (Estação seca).

Variável	Factor 1	2	3
Ca^{2+}	**0,9614**	0,1142	0,1267
Na^{+}	**0,6922**	-0,0797	0,5567
HCO3	**0,6654**	0,1031	0,6384
Cl^{-}	**0,9097**	-0,1641	0,0442
SO_4^{-}	**0,9339**	-0,1514	-0,1990
CO_2	**0,6894**	-0,5630	0,1781
K^{+}	0,0089	**0,8204**	-0,2563
NO_3	0,3483	**0,6917**	-0,0851
SiO_2	-0,1181	**0,4231**	-0,0805
pH	-0,3839	**0,7709**	0,0381
Mg^{2+}	0,0178	-0,3253	**0,8864**
Eh	0,1049	0,1005	**-0,6554**
CE	0,5699	-0,1143	**0,7028**

Tabela 2: Pesos das variáveis nos factores (Estação húmida).

A aplicação da análise factorial às amostras de águas subterrâneas da Bacia Hidrográfica de Alcântara permite concluir que é o meio geológico que mais contribui para a sua composição química e que a influência antrópica tem um papel subsidiário, assim: i) em época húmida, em que a maior circulação de água induz uma maior mobilidade das espécies dissolvidas, o factor 1 está relacionado com o contexto geológico em que as amostras foram colhidas, o factor 2 está possivelmente relacionado com a contaminação antrópica (NO_3^{-} e K^{+}), enquanto o factor 3 está eventualmente relacionado com a circulação nas rochas ígneas do Complexo Vulcânico de Lisboa (Mg^{2+}) e ii) em época seca, o factor 1 está relacionado com o meio geológico, o factor 2 é inconclusivo e o factor 3 estará relacionado com a circulação nas rochas ígneas do Complexo Vulcânico de Lisboa (SiO_2 e Mg^{2+}) e contaminação antrópica (NO_3^{-} e K^{+}).

No contexto do presente estudo é difícil concluir sobre a origem das diferentes espécies dissolvidas na água subterrânea, pois estas são influenciadas pelo meio geológico e pelo meio urbano.
Para reforçar as conclusões retiradas seria desejável proseguir este estudo com um número superior de amostras e com uma janela temporal mais alargada.

Palavras-chave: quimismo, água subterrânea, Bacia Hidrográfica de Alcântara, Lisboa.

Agradecimentos

Este trabalho foi parcialmente financiado pelo projecto GeoSIS-Lx (PTDC/ECM/64167/2006) .

Bibliografia

Almeida, C., Mendonça, J.J.L., Jesus, M.R., Gomes, A.J. (2000). Sistemas Aquíferos de Portugal Continental. INAG.

Dalton, M.G., Upchurch, S.B. (1978). Interpretation of Hydrochemical Facies by Factor Analysis. Groundwater 16 (4), 228 -233.

Joreskog, J.G., Klovan, J.E., Reyment, R.A. (1976). Geological Factor Analysis. Elsevier Sc. Pub. Co. 178 pp.

Maroco, J. (2007). Análise Estatística com utilização do SPSS. Edições Sílabo, Lda.

Oliveira, M. (2010). Estudo Hidrogeológico da Sub-Bacia Hidrográfica de Alcântara (Lisboa). Dissertação de Mestrado em Geologia Aplicada, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. 219 pp.