

# ***Estudo geoquímico e isotópico de águas superficiais da região da Sertã (centro de Portugal)***

*Geochemical and isotopic study of the superficial waters of the Sertã region (central Portugal)*

D. Calado<sup>1</sup>\*, M.R. Azevedo<sup>1</sup>, L. Portela<sup>1</sup>, N. Durães<sup>1</sup>, S. Ribeiro<sup>1</sup>, J. Medina<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade de Aveiro, Departamento de Geociências, GeoBioTec, 3810-193 Aveiro, Portugal

\* danielacalado7@ua.pt

**Resumo:** Os dados hidroquímicos e isotópicos ( $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ) obtidos neste trabalho para as águas superficiais da região da Sertã mostram que as suas composições foram essencialmente controladas pela interação entre águas meteóricas (precipitação local / escoamento) e as rochas silicatadas encaixantes (metassedimentos do Complexo Xisto-Grauváquico) e que as reações de hidrólise da plagioclase desempenharam um papel dominante nestes processos, embora a decomposição dos filossilicatos (biotite  $\pm$  clorite  $\pm$  mica branca) também deva ter tido uma contribuição significativa para o quimismo destas águas.

**Palavras-chave:** Complexo Xisto-Grauváquico; águas superficiais; razões isotópicas  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ .

**Abstract:** The hydrochemical and isotopic ( $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ) data obtained in this work for superficial waters of the Sertã region show that their compositions were dominantly controlled by the interaction of meteoric waters (rainfall / runoff) with the underlying silicate rocks (metasediments of the Schist and Greywacke Complex). It also reveals that plagioclase hydrolysis played a major role in these processes, although chemical weathering of phyllosilicates (biotite  $\pm$  chlorite  $\pm$  white mica) may have contributed to a smaller extent to their chemistry.

**Key-words:** Schist and Greywacke Complex; surface waters;  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  isotope ratios.

## **INTRODUÇÃO E ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO**

A região da Sertã localiza-se na porção SW da Zona Centro Ibérica (ZCI), numa área dominada por metassedimentos do Complexo Xisto-Grauváquico (CXG; Fig. 1). No setor português da ZCI esta mega-sequência reparte-se por duas grandes unidades litoestratigráficas: o Grupo do Douro e o Grupo das Beiras, aflorando respetivamente a norte e a sul do alinhamento Porto-Viseu-Guarda (*e.g.*, Sousa, 1982; Dias, 1998; Silva, 2005). Embora ambas as unidades sejam interpretadas como sequências turbidíticas, as formações do Grupo do Douro registam condições de sedimentação menos profundas (com ocorrências calciturbidíticas), e têm idades compreendidas entre o Ediacárico e o Câmbrico Inferior. Por outro lado, o Grupo das Beiras é mais homogéneo, não carbonatado e tem-lhe sido atribuída uma idade Ediacárica.

Segundo a cartografia de Silva (2005), a área de estudo é constituída essencialmente por metassedimentos da Formação Malpica do Tejo, pertencentes ao Grupo das Beiras. Estas litologias são drenadas, de NE para SW, pela ribeira da Sertã e seus afluentes (Fig. 1).

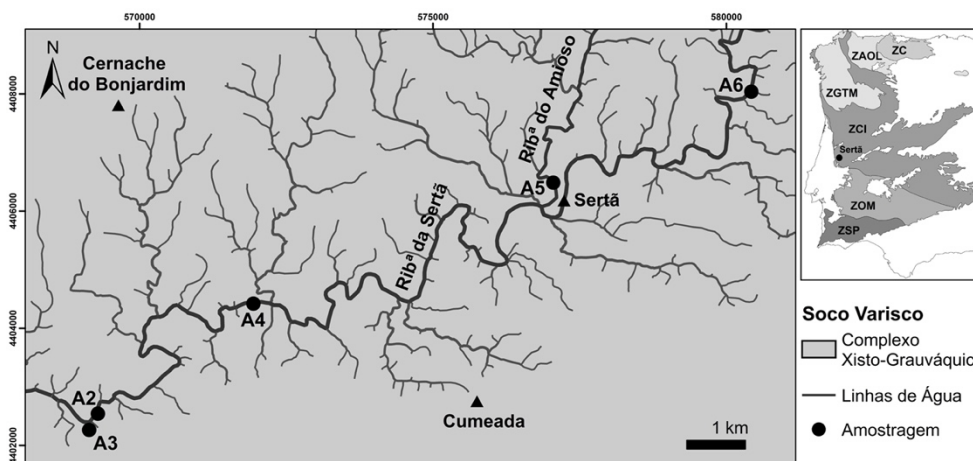


Figura 1: Rede hidrográfica da região da Sertã, mostrando os pontos de amostragem.

Com este trabalho, pretende-se caracterizar do ponto de vista hidroquímico e isotópico (Sr) as águas superficiais que drenam a região da Sertã e investigar a influência dos processos de interação água-rocha nesta região.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Para o presente trabalho foram colhidas quatro amostras de água superficial: três na ribeira da Sertã (A2, A4 e A6) e uma na ribeira do Amioso (A5). Colheu-se ainda uma amostra de água de uma fonte (A3) e algumas amostras representativas dos metassedimentos aflorantes.

As amostras de água para análise hidroquímica (aniões e catiões) e isotópica foram filtradas (0,45  $\mu\text{m}$ ) e armazenadas em garrafas de polipropileno de 1L, previamente descontaminadas. Os parâmetros físico-químicos foram medidos em campo, usando um equipamento HANNA Instruments HI9828. O ião bicarbonato foi determinado por titulação com  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,16N em 50 mL de amostra não filtrada. As análises químicas foram efetuadas no laboratório de Hidroquímica do Departamento de Geociências da Universidade de Aveiro, usando as técnicas de Cromatografia Iónica (aniões) e ICP-MS (catiões). As razões isotópicas de Sr das águas estudadas e das amostras de rocha-total foram determinadas por espectrometria de massa de ionização térmica (TIMS) no Laboratório de Geologia Isotópica da Universidade de Aveiro (LGI-UA). A análise do padrão SRM 987 forneceu um valor médio de  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0.710248 \pm 43$  (lim. conf. = 95%; N=14;  $2\sigma$ ).

## CARACTERIZAÇÃO HIDROQUÍMICA

As amostras estudadas são caracterizadas por valores de pH ligeiramente alcalinos (7,0-8,3) e condutividades elétricas baixas (45-105  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).

Dos aniões principais, o  $\text{HCO}_3^-$  (25,6-39,4 mg/L) é o mais abundante, sendo seguido pelo  $\text{Cl}^-$  (6,5-10,6 mg/L),  $\text{SO}_4^{2-}$  (3,2-11,0 mg/L) e  $\text{NO}_3^-$  (1,4-5,7 mg/L). Entre os catiões, o  $\text{Na}^+$  está presente em maiores concentrações (5,3-8,7 mg/L), seguindo-se-lhe o  $\text{Mg}^{2+}$  (2,6-4,7 mg/L),  $\text{Ca}^{2+}$  (2,4-4,0 mg/L) e  $\text{K}^+$  (0,5-1,8

mg/L). No diagrama de Piper, as águas analisadas projetam-se na fronteira entre as águas bicarbonatadas cálcicas/magnesianas e bicarbonatadas sódicas (Fig. 2).

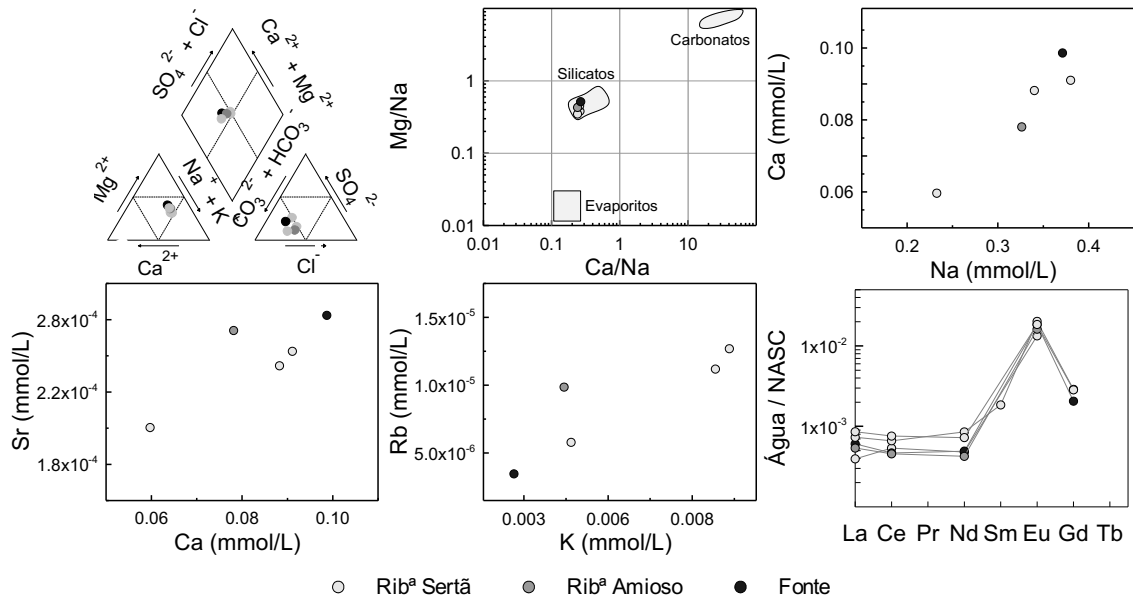


Figura 2: Diagrama de Piper e diagramas de variação: Mg/Na vs. Ca/Na; Ca vs. Na; Sr vs. Ca; Rb vs. K e padrões de terras raras normalizados para o NASC (Taylor & McLennan, 1985).

Devido às suas baixas concentrações em  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$ , todas as amostras de águas apresentam razões Mg/Na e Ca/Na compatíveis com uma circulação em ambiente silicatado, como se pode observar no diagrama Mg/Na vs. Ca/Na de Gaillardet *et al.* (1997) (Fig. 2). Sendo a plagioclase a principal fase silicatada que incorpora Ca (e Sr), as fortes correlações definidas pelas amostras no diagrama Ca vs. Na ( $r = 0,96$ ; Fig. 2) e no diagrama Sr vs. Ca ( $r = 0,83$ ; Fig. 2) mostram que a sua dissolução terá tido um papel fundamental no comportamento destes iões. Já a correlação entre K vs. Rb ( $r = 0,90$ ) aponta para a contribuição de reações de hidrólise de biotite  $\pm$  feldspato potássico  $\pm$  moscovite para o quimismo das águas estudadas (Fig. 2).

Por fim, a presença de anomalias positivas de Eu nos perfis de terras raras das amostras analisadas (Fig. 2) constitui mais uma evidência da influência da plagioclase nos processos de interação água-rocha.

### RAZÕES ISOTÓPICAS $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$

As razões  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  nas águas analisadas variam num intervalo muito estreito de valores ( $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0,714928 - 0,715692$ ), que se situa claramente acima das razões  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  da água da chuva em Portugal continental (Fig. 3; Ribeiro *et al.*, 2014), revelando a contribuição das litologias drenadas para as suas assinaturas isotópicas.

No entanto, as composições isotópicas de Sr nas amostras de água são claramente menos radiogénicas do que os metassedimentos do CXG que constituem o substrato da região ( $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0,732592 - 0,755738$ ) (Fig. 3). O desfaseamento observado mostra que o equilíbrio isotópico água-

rocha não foi atingido, o que tem sido atribuído às diferentes taxas de dissolução dos minerais silicatados.

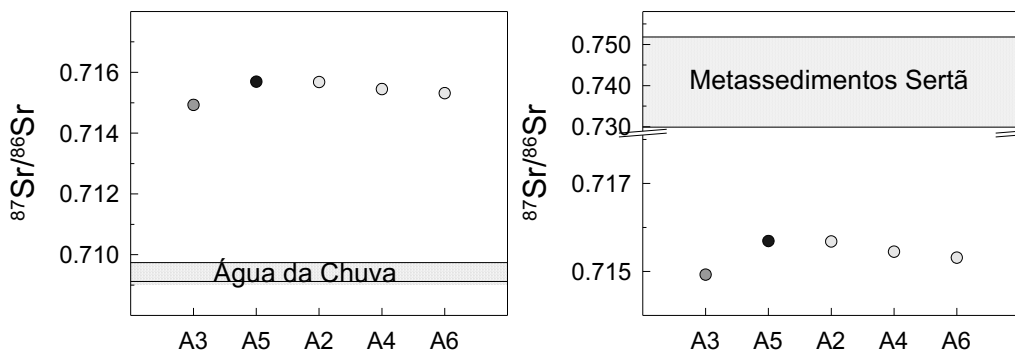


Figura 3: Variação das razões isotópicas  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  nas águas em estudo e respetiva comparação com os intervalos de valores de  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  da água da chuva (Ribeiro *et al.*, 2014) e metassedimentos da região da Sertã.

Com efeito, Wilson (2004) refere que a plagioclase é mais facilmente hidrolisável que a biotite / clorite, seguindo-se o feldspato potássico, a moscovite (muito pouco reativa) e o quartzo (não reativo). Devido à sua marcada preferência pelo Sr, a plagioclase apresenta, em geral, razões Rb/Sr e  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  mais baixas do que o feldspato potássico e muito inferiores às da biotite e da moscovite, que incorporam preferencialmente o Rb (*e.g.*, Shand *et al.*, 2009). Deste modo, considera-se que a lixiviação preferencial desta fase mineral controlou, em grande medida, a composição isotópica de Sr nas águas.

## CONCLUSÕES

Os dados hidroquímicos e isotópicos de Sr das águas superficiais da região da Sertã sugerem que as suas assinaturas químicas e isotópicas refletem a interação com o substrato rochoso (metassedimentos do CXG), em particular, com as fases minerais mais vulneráveis à meteorização química (plagioclase e biotite / clorite).

## Referências Bibliográficas

- Dias, R. (1998). Estrutura varisca do autóctone do Terreno Ibérico Português. *Comunicações Instituto Geológico e Mineiro, Portugal* 85: 29-38.
- Gaillardet, J., Dupré, B., Allègre, C.J., Négrel, P. (1997). Chemical and physical denudation in the Amazon River Basin. *Chemical Geology* 142: 141-173.
- Ribeiro, S., Azevedo, M.R., Santos, J.F., Medina, J., Costa, A. (2014). Sr isotopic signatures of Portuguese bottled mineral waters and their relationships with the geological setting. *Comunicações Geológicas* 101 (1): 29-37.
- Shand, P., Darbyshire, D.P.F., Love, A.J., Edmunds, W.M. (2009). Sr isotopes in natural waters: Applications to source characterisation and water-rock interaction in contrasting landscapes. *Applied Geochemistry* 24: 574-586.
- Silva, A.F. (2005). *Litostratigrafia e Estrutura do Supergrupo Dúrico-Beirão (Complexo Xisto-Grauváquico)*. Inst. Nac. Eng. Tec. Inov., Lisboa, 480 pp.
- Sousa, M.B. (1982). *Litostratigrafia e estrutura do Complexo Xisto-Grauváquico ante-Ordovícico Grupo do Douro*. Tese de Doutoramento, Universidade de Coimbra, 222 pp.
- Taylor, S.R., McLennan, S.M. (1985). *The Continental Crust: Its Composition and Evolution*. Blackwell, Oxford, 312 pp.
- Wilson, M.J. (2004). Weathering of the primary rock-forming minerals: processes, products, and rates. *Clay Minerals* 39: 233-266.