

## **Laboratório de Geologia Isotópica da Universidade de Aveiro – uma estrutura analítica ao serviço das Geociências**

### ***The Laboratory of Isotope Geology of the University of Aveiro – an analytical facility serving the geoscientific community***

**S. Ribeiro<sup>1\*</sup>, J.F. Santos<sup>1</sup>, M.R. Azevedo<sup>1</sup>, J. Medina<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Geobiotec, Departamento de Geociências, Universidade de Aveiro, Portugal. \*sararibeiro@ua.pt

#### **Resumo**

O Laboratório de Geologia Isotópica (LGI) da Universidade de Aveiro é a única infraestrutura analítica em Portugal dedicada à análise de isótopos radiogénicos na área das Ciências da Terra. Criado em 1994, o LGI está equipado com um espectrómetro de massa de ionização térmica (TIMS) VG Sector 54 e uma sala limpa para processamento químico das amostras e extracção de elementos. O LGI tem prestado apoio científico a uma vasta comunidade de estudantes e investigadores, nacionais e estrangeiros, numa grande variedade de tópicos, desde as aplicações mais tradicionais da geologia isotópica (geocronologia, petrologia ígnea, metamórfica e sedimentar, hidrogeologia) até à sua utilização em estudos paleoceanográficos, caracterização de partículas transportadas pelo vento, proveniência de produtos alimentares e arqueologia.

Palavras-chave: LGI, isótopos radiogénicos, razões isotópicas  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  e  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ .

#### **Abstract**

The Laboratory of Isotope Geology (LGI) of the University of Aveiro is the sole facility in Portugal dedicated to radiogenic isotope geology. Established in 1994, the LGI infrastructure includes a VG Sector-54 thermal ionization mass spectrometer (TIMS) and a clean lab facility for low-blank chemical processing of samples and separation of elements for isotope measurements. The LGI provides collaborative scientific support to a broad community of students and researchers from Portugal and abroad in a wide variety of studies, ranging from the more traditional geological applications of radiogenic isotopes (geochronology, igneous, metamorphic and sedimentary petrology, hydrogeology) to paleoceanographic studies, pollution tracing, geographical origin of food products and archaeology.

Keywords: LGI, radiogenic isotopes,  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  and  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$  ratios.

#### **Enquadramento:**

Desde a sua criação em 1994, o Laboratório de Geologia Isotópica da Universidade de Aveiro (LGI) tem vindo a prestar apoio à investigação em diversas áreas das Geociências e afins. Entre estas, destacam-se pela sua importância: a geocronologia, a petrologia ígnea e metamórfica, e a sedimentologia, frequentemente com implicações directas que abarcam também a geodinâmica e a paleoceanografia.

A aplicação dos isótopos radiogénicos em estudos de águas, de partículas transportadas na atmosfera, de

arqueologia e de proveniência de produtos alimentares têm sido outras áreas de intervenção do LGI, acompanhando as actuais tendências internacionais.

Tendo como missão principal fornecer análises isotópicas de elevada qualidade e promover a inovação científica neste domínio do conhecimento, a actividade do LGI desenvolve-se num ambiente de estreita colaboração com instituições de investigação nacionais e estrangeiras, fomentando a interdisciplinaridade, o desenvolvimento de novos projectos e procedimentos e a partilha e difusão de informação, através de iniciativas de formatos variados.

O LGI, estando integrado numa universidade, assume ainda um forte compromisso com a missão de formação nos níveis de licenciatura, mestrado e doutoramento e pós-doutoramento. Para o efeito, promove a realização de estágios de formação especializada, de curta ou longa duração, destinados a proporcionar aos participantes um contacto directo com as técnicas e procedimentos laboratoriais e com as infraestruturas analíticas, usando as suas próprias amostras. Nos últimos cinco anos, o laboratório acolheu 33 estudantes e investigadores nacionais e estrangeiros (oriundos, nomeadamente, do Irão, Brasil, Espanha e Moçambique).

Sob a responsabilidade científica do Centro de Investigação GeoBioTec, o LGI é financiado predominantemente pela FCT (através de verbas provenientes de contribuições directas da unidade GeoBioTec e de projectos de investigação) e pela Universidade de Aveiro. Embora com menor peso, as receitas resultantes da componente de prestação de serviços também têm contribuído para assegurar o funcionamento do laboratório.

#### Capacidade instalada:

A capacidade analítica instalada no LGI tem-se centrado na determinação das razões isotópicas  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  e  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$  em amostras naturais de matrizes diversas e, sempre que requerido, na obtenção das concentrações de Rb, Sr, Sm e Nd usando o método de diluição isotópica. Para o efeito, o laboratório está equipado com uma Sala Limpa (classe ISO 6) para processamento químico das amostras e extracção dos elementos de interesse, via cromatografia iónica, e um espectrómetro de massa de ionização térmica (TIMS) VG Sector 54.

Ao longo dos últimos cinco anos, foram analisadas mais de 1300 amostras no LGI, a pedido de investigadores de várias instituições nacionais e estrangeiras (Fig. 1). As análises isotópicas realizadas incidiram em amostras cobrindo um espectro muito amplo de matrizes e composições, o que envolveu o recurso a técnicas e procedimentos analíticos

adaptados aos objectivos específicos dos diferentes trabalhos de investigação.

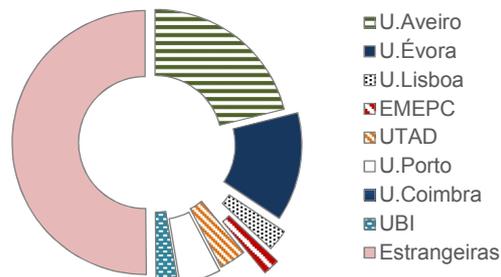


Figura 1 - Origem dos pedidos de análises, por instituição, dos últimos cinco anos. Cerca de 2300 análises para 1300 amostras.

Do leque de materiais estudados, são de mencionar os seguintes:

- Rochas ígneas, metamórficas e sedimentares;
- Minerais: micas, feldspatos e anfíbolos;
- Argilas, carbonatos, sedimentos e solos;
- Partes esqueléticas recentes ou fossilizadas de composição carbonatada (e.g. foraminíferos e ostras);
- Crostas de manganês dos fundos oceânicos.
- Aerossóis totais e fases constituintes.
- Águas do mar e da chuva, águas superficiais, subterrâneas, residuais e engarrafadas;
- Vinhos;
- Materiais arqueológicos: ossos, dentes, cinzas de plantas e peças arquitectónicas.

#### Produção científica:

Os dados isotópicos obtidos no LGI durante os últimos cinco anos contribuíram para a realização de 29 teses de mestrado e de 36 teses de doutoramento. Usando análises isotópicas realizadas no LGI, foram publicados, no mesmo período, 44 trabalhos em actas de encontros científicos nacionais e internacionais e 51 artigos em revistas científicas, das quais 41 se encontram indexadas na base SCOPUS. Entre as revistas com maior impacto são de salientar as seguintes:

- Gondwana Research
- Earth and Planetary Science Letters
- Lithos

- Journal of the Geological Society
- Environmental Science and Pollution Research
- Journal of Geochemical Exploration
- Journal of Asian Earth Sciences
- International Journal of Earth Sciences
- International Geology Review
- Quaternary International
- Journal of African Earth Sciences
- Chemie der Erde
- Estudios Geológicos
- Journal of Archaeological Science: Reports

**Linhas de investigação em destaque:**

Com base na diversidade e actualidade de conteúdos tratados, seleccionaram-se alguns exemplos de trabalhos de investigação em que o LGI esteve envolvido para ilustrar a aplicação dos isótopos radiogénicos.

**Exemplo 1: Datação de rochas ígneas pelo método Rb-Sr (Fig. 2).**

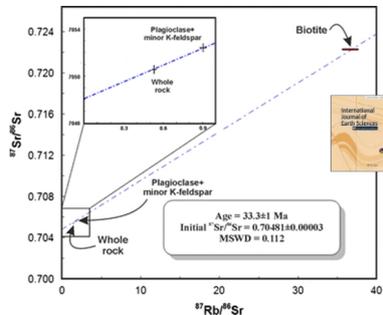


Figura 2 - Datação da cristalização de um granitóide cenozóico de Dehsalm (Leste do Irão) através de uma isócrona rocha total-feldspato-biotite. Retirado de Arjmandzadeh *et al.* (2014).

**Exemplo 2: Identificação de fontes magmáticas e de ambientes geodinâmicos de formação (Fig. 3).**

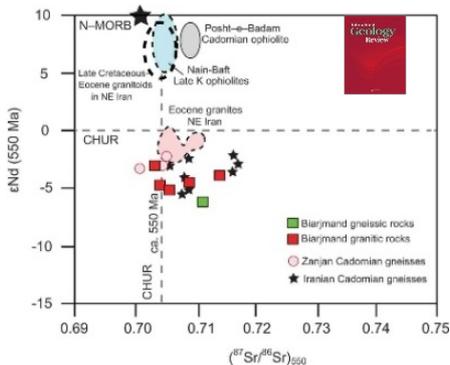


Figura 3 - Diagrama  $\epsilon Nd_i$  vs.  $^{87}Sr/^{86}Sr_i$  evidenciando afinidade calco-alcalina de granitóides cadomianos (Biarjmand, Irão). Retirado de Moghadam *et al.* (2016).

**Exemplo 3: Caracterização de processos de mistura de magmas (Fig. 4).**

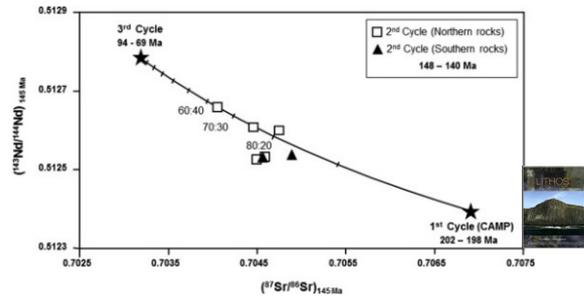


Figura 4 – Rochas magmáticas do Mesozóico da Margem Ibérica Ocidental formadas por mistura de magmas. Retirado de Mata *et al.* (2015).

**Exemplo 4: Estudos de proveniência de sedimentos marinhos (Fig. 5).**

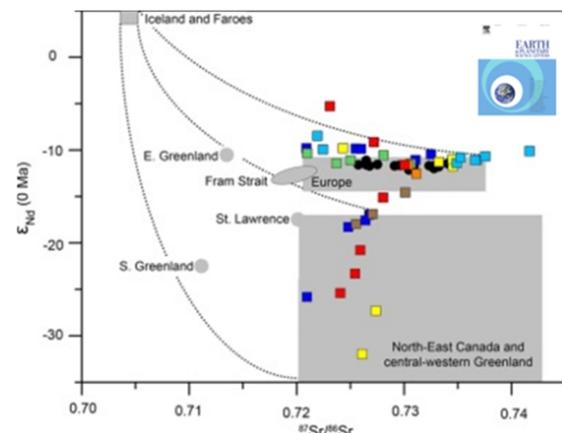


Figura 5 – Projecção de sedimentos marinhos colhidos ao largo da Galiza no diagrama  $\epsilon Nd$  vs.  $^{87}Sr/^{86}Sr$  mostrando evolução da sedimentação no Atlântico Norte durante o último período glacial. Retirado de Plaza-Morlote *et al.* (2017).

**Exemplo 5: Aplicação das razões  $^{87}Sr/^{86}Sr$  na identificação das principais fontes de aerossóis atmosféricos (Fig. 6).**

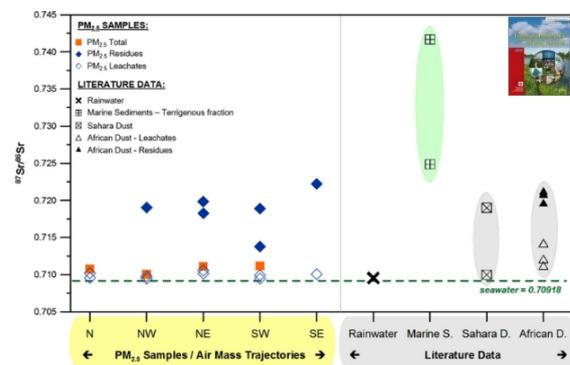


Figura 6 – Composições isotópicas de Sr em aerossóis atmosféricos da zona urbana de Aveiro evidenciando uma vincada contribuição de sais marinhos e de poeiras minerais. Retirado de Duarte *et al.* (2016).

**Exemplo 6: Isótopos de Sr como traçadores da origem de águas naturais (Fig. 7).**

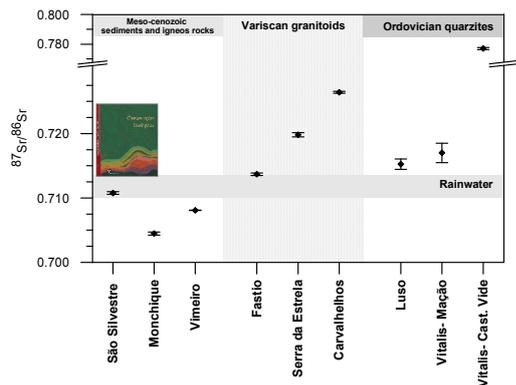


Figura 7 – Utilização da correlação entre a geologia e as razões isotópicas  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  de diferentes águas minerais portuguesas para estabelecer a sua proveniência. Retirado de Ribeiro *et al.* (2014).

Exemplo 7: Aplicação dos isótopos de Sr em estudos de mobilidade humana (Fig. 8).

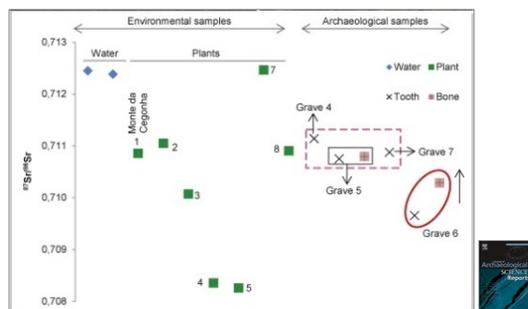


Figura 8 – Aplicação das assinaturas isotópicas de Sr obtidas em águas e plantas duma região e em produtos arqueológicos (ossos e dentes) na definição de padrões de mobilidade humana na antiga *villa* romana de Monte da Cegonha, no Alentejo. Retirado de Saragoça *et al.* (2013).

## Conclusões e constrangimentos para o futuro:

O LGI é presentemente a única infraestrutura analítica nacional onde é possível obter análises de isótopos radiogénicos. Tem, por isso, um papel fundamental numa grande variedade de trabalhos de investigação da área de Geociências. Apesar do equipamento existente fornecer resultados com excelente qualidade analítica, já tem mais de duas dezenas de anos, tornando cada vez mais difícil a sua manutenção técnica.

A renovação do equipamento deverá, assim, constituir uma prioridade estratégica, visando resolver o problema da obsolescência, bem como alargar o leque de isótopos analisados. Contudo, quer pelo elevado custo envolvido, quer pela natureza única do LGI, essa

renovação requer o seu enquadramento num plano nacional de actualização de infraestruturas analíticas para a área de Geociências, política essa que só pode ser levada a cabo com o envolvimento das universidades, unidades de investigação, LNEG, FCT e MCTES.

## Agradecimentos:

O LGI agradece à Universidade de Aveiro e à Unidade de I&D GeoBioTec pelo apoio prestado ao longo das suas quase três décadas de existência e a todos os que nos confiaram o seu trabalho e nos apresentaram novos desafios.

## Referências:

- Arjmandzadeh, R. & Santos, J.F. (2014) – Sr–Nd isotope geochemistry and tectonomagmatic setting of the Dehsalm Cu–Mo porphyry mineralizing intrusives from Lut Block, eastern Iran. *International Journal of Earth Sciences* (Geologische Rundschau), 103, 123-140.
- Duarte, R.M.B.O., Matos, J.T.V., Paula, A.S., Lopes, S.P., Ribeiro, S., Santos, J.F., Patinha, C., Ferreira da Silva, E., Soares, R., Duarte, A.C. (2016) - Tracing of aerosol sources in an urban environment using chemical, Sr isotope, and mineralogical characterization, *Environ. Sci. Pollut. Res.* 24, 11006-11016.
- Mata, J., Alves, C.F., Martins, L., Miranda, R., Madeira, J. Pimentel, N., Martins, S., Azevedo, M.R., Youbi, N., De Min, A., Almeida, I.M., Bensalah, M.K., Terrinha, P. (2015).  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  ages and petrogenesis of the West Iberian Margin onshore magmatism at the Jurassic-Cretaceous transition: Geodynamic implications and assessment of open-system processes involving saline materials. *Lithos*, 236–237, 156-172
- Moghadam, H.S., Li, X.-H., Stern, R.J., Santos, J.F., Ghorbani, G., Pourmohsen, M. (2016). Age and nature of 560–520Ma calc-alkaline granitoids of Biarjmand, northeast Iran: insights into Cadomian arc magmatism in northern Gondwana, *International Geology Review*, 58 (12), 1492-1509.
- Plaza-Morlote M., Rey, D., Santos, J.F., Ribeiro, S., Heslop, D., Bernabeu, A., Mohamed, K.J., Rubio, B., Martins, V. (2017) - Southernmost evidence of large European Ice Sheet-derived freshwater discharges during the Heinrich Stadials of the Last Glacial Period (Galician Interior Basin, Northwest Iberian Continental Margin), *Earth and Planetary Science Letters*, 457, 213–226.
- 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*, 100(1), 89-98.
- Saragoça, P., Maurer, A.F., Soberl, L., Lopes, M.C., Alfenim, R., Leandro, I., Umbelino, C., Fernandes, T., Valente, M.J., Ribeiro, S., Santos, J.F., Janeiro, A.I., Barrocas, C.D., (2016). Stable isotope and multi-analytical investigation of Monte da Cegonha: A Late Antiquity population in southern Portugal, *Journal of Archaeological Science: Reports*, 9, 728-742.