

## **Resultados preliminares do registo isotópico de carbono orgânico ( $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ ) do Silúrico da região de Barrancos, Zona de Ossa Morena, Portugal**

### ***Preliminary account of the Silurian organic carbon isotope record ( $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ ) from the Barrancos region, Ossa Morena Zone, Portugal***

**Gilda Lopes<sup>1\*</sup>, Paulo Fernandes<sup>1</sup>, Robbie Goodhue<sup>2</sup>, José M. Piçarra<sup>3</sup>, Zélia Pereira<sup>4</sup>**

<sup>1</sup> CIMA, University of the Algarve, Campus de Gambelas, 8005-139 Faro, Portugal (gilda.lobes@ineg.pt)

<sup>2</sup> Department of Geology, Trinity College Dublin, Ireland

<sup>3</sup> LNEG Laboratório Nacional de Energia e Geologia, Rua Frei Amador Arrais, Ap.104, 7801-902 Beja, Portugal

<sup>4</sup> LNEG Laboratório Nacional de Energia e Geologia, Rua da Amieira, Ap. 1089, 4466-901 S. Mamede Infesta, Portugal

#### **Resumo**

A região de Barrancos apresenta uma das secções mais completas do Silúrico na Zona de Ossa Morena, em Portugal. Este estudo é uma primeira tentativa de caracterizar a variação dos valores de  $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$  nesta região, por forma a melhor compreender os eventos climáticos que ocorreram durante o Silúrico. A secção estudada localiza-se no Monte do Carreba e consiste em xistos negros e líditos. Esta sucessão tem uma idade compreendida entre o Llandovery e o Ludlow inferior, datada por graptólitos. Os valores de  $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$  da sucessão definem uma linha de base entre os -25.88 e os -25.10‰, sendo interrompida por três excursões positivas com valores máximos de: -22.73‰ na transição entre o Llandovery (Telyquiano) e o Wenlock (Sheinwoodiano), -23.33‰ no Homeriano e -23.09‰ na transição entre o Wenlock e o Ludlow (Gorstiano). As excursões têm magnitudes entre os +2.55 e +3.15‰ e podem ser relacionadas com os três eventos climáticos reconhecidos para o Silúrico (Ireviken, Mulde e Linde, respectivamente). Os resultados obtidos para os valores de  $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$  nesta região revelaram-se importantes na obtenção de dados que possibilitam a identificação de eventos climáticos globais em regiões de altas latitudes (ZOM) durante o Silúrico e para secções com elevado grau de maturação térmica.

Palavras chave: Isótopos de carbono orgânico, Portugal, Região de Barrancos, Silúrico, Zona de Ossa Morena

#### **Abstract**

The Barrancos region provides one of the reference sections for the Silurian of the Ossa Morena Zone in Portugal. This study is the first attempt to characterize the variation of  $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$  in this region, in order to assess well documented Silurian climatic events. The studied section is located at Monte do Carreba and consists of a succession of black shales and cherts with graptolite faunas that indicates a Llandovery to lower Ludlow age. In this section  $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$  shows a baseline of consistent low values ranging from -25.88 to -25.10‰. This is interrupted by three positive excursions with maximum values of: -22.73‰ at the transition between the Llandovery (Telychian) and Wenlock (Sheinwoodian), -23.33‰ at the Homerian and -23.09‰ at the transition between the Wenlock and Ludlow (Gorstian). The excursions have positive shifts between +2.55 and +3.15‰ and are tentatively related to the three first global climatic events recognizes for the Silurian (Ireviken, Mulde and Linde). Although this study is a preliminary account of  $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$  in this region, it could provide useful data for the recognition of climatic global events in high latitude regions as was the OMZ located during Silurian times and for sections with high level of thermal maturation.

Keywords: Barrancos region, Organic carbon isotopes, Ossa Morena Zone, Portugal, Silurian,

## Introdução

O Silúrico é um período no qual já se reconhece a existência de várias excursões positivas de  $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$  relacionadas com perturbações globais do ciclo do carbono.

Na região de Barrancos, localizada na Zona de Ossa Morena, é possível observar-se uma sucessão estratigráfica de idade paleozóica que compreende rochas sedimentares com idades que vão desde o Câmbrio ao Devónico Inferior (Delgado, 1908; Perdigão *et al.*, 1982; Oliveira *et al.*, 1991; Pereira *et al.*, 1999; Piçarra, 2000). (Fig. 1)

Nesta região, os estratos de idade silúrica estão representados pela Formação Xistos com Nódulos (Delgado, 1908) e pelos níveis basais da Formação dos Xistos Raiados (Piçarra *et al.*, 1998). A sequência silúrica consiste em intercalações de xistos negros carbonosos com líditos, estes mais abundantes para a base, (Fm Xistos com Nódulos) passando depois a alternâncias de xistos e psamitos cinzentos escuros (base Fm. Xistos Raiados). Todo o conjunto é bastante rico em fósseis de graptólitos, tendo sido até agora identificadas dezanove biozonas (Delgado, 1908; Romariz,

esporos *cf. protophanus-verrucatus* que indica a parte superior do Wenlock (Homeriano) (Lopes *et al.*, 2009).

O objectivo deste trabalho consiste numa primeira tentativa de obtenção de dados de isótopos de carbono que permitam o reconhecimento, nestes estratos, de excursões positivas  $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$  que possam ser correlacionadas com os eventos climáticos globais reconhecidos para o Silúrico (Eriksson & Calner, 2008), neste caso particular, em regiões de elevada latitude e em rochas com índices de maturação térmica elevados.

## Estratigrafia

A sucessão silúrica estudada no presente trabalho, localiza-se na estrada municipal 1024, que parte de Barrancos e serve o Monte do Carreba. O local de amostragem (Fig. 2) apresenta uma boa exposição, no entanto,

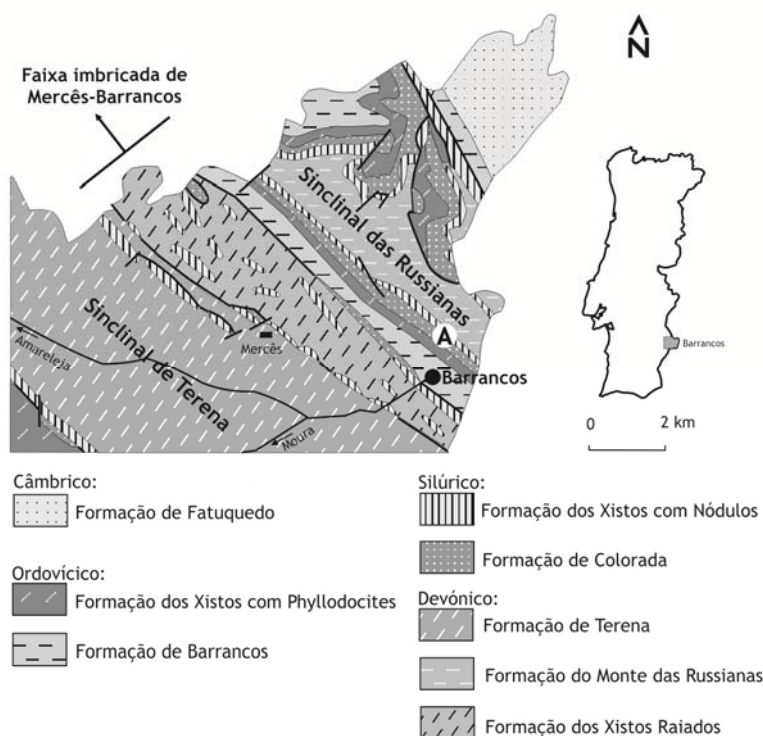


Fig. 1 – Mapa geológico simplificado da região de Barrancos (adaptado de Piçarra *et al.*, 1995; 1998; 2000 e Araújo *et al.*, 2006), com a localização da trincheira estudada (A).

1962; Perdigão *et al.*, 1982; Gutierrez-Marco, 1982; Rigby *et al.*, 1997; Piçarra *et al.*, 1995, 1998; Piçarra, 2000; Araújo *et al.*, 2006). Estudos palinoestratigráficos com base em esporos e criptoesporos também já foram realizados na Formação dos Xistos com Nódulos e, foi possível identificar a biozona de

devido à presença de vários acidentes tectónicos, foi estudado em várias secções que se passam a descrever seguidamente. O corte começa com a secção 1a, situada na trincheira sudoeste da estrada municipal, onde se observa a passagem dos quartzitos da Formação Colorada (? Ordovícico Superior - ? Silúrico

Inferior), por falha, para as intercalações de lilitos e xistos negros da Formação Xistos com Nódulos (Silúrico). Nesta secção foram identificados graptólitos das Biozonas de *Demirastrites triangulatus* e de *Lituigraptus convolutus*, ambas do Aeroniano. A secção 1b localizada do lado oriental da estrada municipal 1024, é composta, unicamente, por xistos negros e o nível de referência nesta secção corresponde ao primeiro nível fossilífero indicado pela biozona de *Monoclimacis griestoniensis*, da parte média do Telyquiano. Nesta secção foi também identificada a Biozona de *Cyrtograptus lundgreni* de idade Homeriano. A última secção estudada (secção 1c), localiza-se em continuidade com a secção 1b, mas do lado sudoeste da trincheira e, nesta secção continuam a predominar os xistos negros. Aqui foi identificada a biozona de *Neodiversograptus ? nilssoni* do Gorstiano (Piçarra, 2000).

As secções 1a e 1c, localizadas no mesmo lado da estrada, estão mais afectadas por acidentes, sendo possível observar-se as rochas dobradas e falhadas. O que já não acontece na secção 1b. (Fig.2)



Fig. 2 - Posição esquemática das secções estudadas (adaptado de Piçarra, 2000).

Neste estudo foram também recolhidas amostras para estudos palinoestratigráficos, no entanto, não foi possível obter dados que permitissem corroborar as idades obtidas pelos graptólitos.

Ao longo deste corte foram recolhidas para análise dos isótopos de carbono ( $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ ) 26 amostras, três na Formação Colorada (? Ordovícico Superior - ? Silúrico Inferior) e as restantes na Formação dos Xistos com Nódulos (Silúrico).

A análise geoquímica destas amostras foi realizada no laboratório de geoquímica do Departamento de Geologia, Trinity College, Dublin. Os dados da razão isotópica  $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$  foram obtidos através do Espectrómetro de Massa, Thermo Delta<sup>plus</sup> de fluxo contínuo da razão isotópica (CF-IRMS), ligado a "Thermo GasBench II" equipado com "CTC Analytics

CombiPal Autosampler", com termóstato e "FMI acid pump" (Révész & Landwehr, 2002).

## Resultados obtidos

As variações nos valores de isótopos de carbono reconhecidas no final do período Ordovícico e no Silúrico são duma forma genérica, associadas a marcadas flutuações no nível do mar e extinções (por exemplo, Holser *et al.*, 1995; Calner e Eriksson, 2006; Calner, 2008; Eriksson & Calner, 2008).

Ao reportarmos-nos aos valores de  $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$  obtidos neste estudo, estes definem uma linha de base entre os -25.88 e os -25.10‰. (Fig. 3)

No registo obtido é possível observarem-se três excursões positivas com valores máximos de: -22.73‰ na transição entre o Llandovery (Telyquiano) e o Wenlock (Sheinwoodiano), -23.33‰ no Homeriano e -23.09‰ na transição entre o Wenlock e o Ludlow (Gorstiano). Estas excursões têm magnitudes entre os +2.55 e +3.15‰ e podem ser relacionadas com os três eventos climáticos reconhecidos para o Silúrico (Ireviken, Mulde e Linde, respectivamente).

A parte superior da secção 1a está em sobreposição com a parte inferior da secção 1b, tal como é possível observar na figura 3. Esta situação leva a uma sobreposição da curva para os valores de  $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ . Esta sobreposição ocorre, em ambas as secções, ao nível de duas excursões positivas de carbono que indicam a possível identificação do evento Ireviken. Neste caso as excursões, em ambas as secções, apresentam valores diferentes, que condicionam também as suas magnitudes. Na secção 1a o valor máximo de  $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$  é de -22.73‰, a que corresponde uma excursão positiva em relação à linha de base de +3.15‰; na secção 1b, o valor máximo de  $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$  é de -25.12‰, a que corresponde uma magnitude de +0.76‰. Apesar de os valores da magnitude serem diferentes nas duas secções, é possível deduzir, pela posição estratigráfica, que se trata da mesma excursão positiva de  $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$  correspondente ao evento Ireviken.

## Notas finais

Este trabalho é o primeiro contributo para os estudos de quimioestratigrafia de  $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$  do Silúrico da região de Barrancos. Não se sabendo se iria ser possível esta abordagem, ou sequer, que tipo de resultados iríamos obter, principalmente, em secções com elevado grau de maturação térmica, é agora possível dizer que os primeiros resultados obtidos para os valores de  $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$  revelaram-se promissores e importantes para a obtenção de dados que permitam a identificação de eventos climáticos globais em regiões de altas latitudes (ZOM), durante o Silúrico.

No futuro, novas campanhas de amostragem serão realizadas para se obter uma maior resolução dos dados obtidos até ao momento e,

novas secções do Silúrico de Barrancos e de outras regiões de Portugal, irão ser estudadas para melhor se compreender e interpretar os

eventos climáticos globais que ocorreram durante este período.

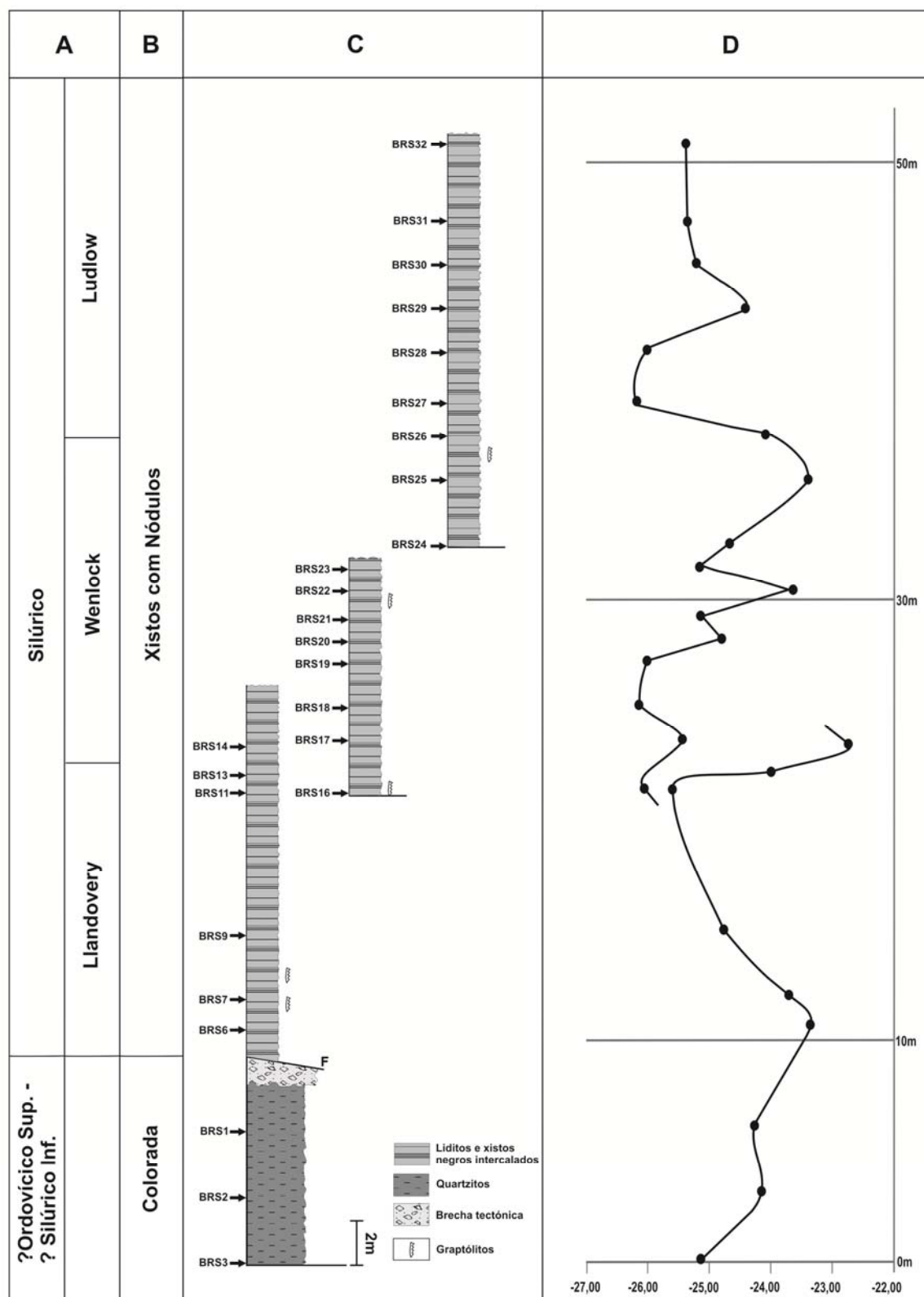


Fig. 3 – Esquema da curva de  $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$  ao longo das secções estudadas no Monte do Carreba, Barrancos. Ao longo do perfil estratigráfico estão localizados os locais de amostragem para este estudo com a referência BRS e, assim como, a localização dos níveis onde foram identificadas as biozonas de graptólitos (modificado de Piçarra (2000)). (A – Cronoestratigrafia; B – Formações; C- Perfil estratigráfico com a localização das amostras e das biozonas de graptólitos; D – Curva de  $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ ).

## Agradecimentos

Este trabalho está a ser desenvolvido no âmbito da Bolsa de Doutoramento com a referência SFRH/BD/48534/2008, financiada pela Fundação para a Ciência e Tecnologia.

## Referências Bibliográficas

- Araújo, A., Piçarra, J.M., Borrego, J., Pedro, J., Oliveira, J.T., 2006. As regiões central e sul da Zona de Ossa-Morena. In: Dias, R., Araújo, A., Terrinha, P., Kullberg, J.C. (Eds.), *Geologia de Portugal no contexto da Ibéria*. Universidade de Évora, Évora, 151-172.
- Calner, M. 2008. Silurian global events – at the tipping point of climate change. In: Elewa, A.M.T. (Ed.), *Mass extinction*, Springer-Verlag, Berlin, 21-57.
- Calner, M., Eriksson M.J. 2006. Evidence for rapid environmental changes in low latitudes during the Late Silurian Lau Event: the Burgen-1 drillcore, Gotland, Sweden. *Geological Magazine*, 143:15–24.
- Delgado, J.N., 1908. Système Silurique du Portugal. Étude de stratigraphie paléontologique. *Mémoires de la Commission Service Géologique du Portugal*, Lisboa, 245 pp.
- Eriksson, M.J., Calner, M., 2008. A sequence stratigraphical model for the Late Ludfordian (Silurian) of Gotland, Sweden: implications for timing between changes in sea level, palaeoecology, and the global carbon cycle. *Facies*, 54, 253-276.
- Gutierrez-Marco, J., 1982. Nota sobre la fauna de Graptolitos ordovícico de la región de Barrancos (Baixo Alentejo, Portugal). *Relatório inédito*.
- Holser, W.T., Magaritz, M., Ripperdan, R.L., 1995. Global isotopic events. In: Walliser, O.H. (Ed.), *Global Events and Event Stratigraphy in the Phanerozoic*. Springer-Verlag, Berlin, 63– 88.
- Lopes, G., Pereira, Z., Fernandes, P., Piçarra, J.M., Oliveira, J.T., 2009. Silurian to Lower Devonian Palynomorphs from the Barrancos Region, Ossa Morena Zone, Portugal. In: Fernandes, P., Pereira, Z., Oliveira, J.T., Clayton, C. Wicander, R. (eds.), *Abstracts CIMPFAO'09*, 63-68.
- Oliveira, J.T., Oliveira, V., Piçarra, J.M., 1991. Traços gerais da evolução tectono-estratigráfica da Zona de Ossa Morena, em Portugal: síntese crítica do estado actual dos conhecimentos. *Comunicações dos Serviços Geológicos de Portugal*, 77, 3-26.
- Perdigão, J., Oliveira, J.T., Ribeiro, A., 1982. *Notícia explicativa da folha 44-B (Barrancos)*. Serviços Geológicos de Portugal, 66 p.
- Pereira, Z., Piçarra, J.M., Oliveira, J.T., 1999. Lower Devonian palynomorphs from the Barrancos region, Ossa Morena Zone, Portugal. *Bollettino della Società Paleontologica Italiana*, 38 (2/3), 239-245.
- Piçarra, J.M., 2000. *Estudo estratigráfico do sector de Estremoz-Barrancos, Zona de Ossa Morena, Portugal*. Unpublished PhD thesis, Universidade de Évora, Évora, 268 pp.
- Piçarra, J.M., Gutierrez-Marco, J., Lenz, A.C., Robardet, M., 1998. Pridoli graptolites from the Iberian Peninsula: a review of previous data and new records. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 35, 65-75.
- Piçarra, J.M., Storch, P., Gutierrez-Marco, J., Oliveira, J.T., 1995. Characterization of the *Parakidograptus acuminatus* graptolite Biozone in the Silurian of the Barrancos region (Ossa Morena Zone, South Portugal). *Comunicações do Instituto Geológico e Mineiro de Portugal*, 81, 3-8.
- Révész, K. M., Landwehr, J. M., 2002.  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{18}\text{O}$  Isotopic Composition of  $\text{CaCO}_3$  Measured by Continuous Flow Isotope Ratio Mass Spectrometry: Statistical Evaluation and Verification by Application to Devils Hole Core DH-11 Calcite. Published by John Wiley & Sons, Lt. In *Rapid Communications in Mass Spectrometry*, V.16., 2,102– 2,114.
- Rigby, J.K., Gutierrez-Marco, J.C., Robardet, M. & Piçarra, J.M., 1997. First articulated Silurian sponges from the Iberian Peninsula (Spain and Portugal). *Journal of Paleontology*, 71 (4), 554-563.
- Romariz, C., 1962. Graptólitos do Silúrico Português. *Revista da Faculdade de Ciências de Lisboa*, 2ª Série, C 10 (2), 115-312.