
Mudanças globais no Toarciano inferior de Portugal. Relevância científica e impacto educativo

Global changes in the Early Toarcian of Portugal. Scientific relevance and educational impact

L. V. DUARTE – lduarte@dct.uc.pt (Universidade de Coimbra, DCT e IMAR-CMA)

RESUMO: O Toarciano inferior é reconhecido como um período de grandes mudanças à escala planetária. Neste trabalho são apresentadas as principais evidências que justificam a importância da Bacia Lusitânica (Portugal) nos estudos conducentes ao conhecimento destas mudanças globais. Com isto, demonstra-se a relevância do registo sedimentar português, através de um vasto conjunto de experiências científicas e educativas.

PALAVRAS-CHAVE: Toarciano, registo sedimentar, mudanças globais, relevância científica, Portugal

ABSTRACT: *The Early Toarcian is an important time of changes on a planetary scale. This work presents the main evidence that justifies the importance of the Lusitanian Basin (Portugal) in the studies related with the knowledge of these global changes. Thus, it is demonstrated the scientific relevance of the Portuguese sedimentary record throughout a set of scientific and educational activities.*

KEYWORDS: *Toarcian, sedimentary record, global changes, scientific relevance, Portugal*

1. INTRODUÇÃO

O Toarciano corresponde ao quarto andar do sistema Jurássico, termo definido pela primeira vez por Alcide d'Orbigny (1842-1849), apoiado em observações geológicas da região do Jura. Entre os seus compartimentos temporais, o Toarciano inferior (cerca dos 183-181 milhões de anos) constitui um intervalo de importantes rupturas à escala global, que inclui uma extinção em massa de 2ª ordem, um período de intensa actividade vulcânica e mudanças drásticas no ciclo do carbono, onde se destaca um evento anóxico oceânico (Jenkyns, 1988; Little & Benton, 1995; Pálffy & Smith, 2000; Hesselbo et al. 2000; Jourdan et al., 2007; entre outros). Neste contexto, e sempre numa perspectiva de explicação científica à escala global, neste trabalho realçam-se os projectos de investigação encetados nos últimos cinco anos na Bacia Lusitânica, com vista ao estudo deste período da história da Terra. As evidências sedimentares, geoquímicas e paleontológicas, observadas em Portugal, materializam-se numa série de publicações em revistas de elevado impacto científico, num ritmo invulgar no contexto da geologia nacional. Para além da identificação e do reconhecimento da importância do Toarciano inferior português no contexto internacional, estes dados, de inegável valor científico, têm contribuído para um conjunto vasto de actividades educativas e de divulgação científica de enorme sucesso, com públicos e plateias muito diferenciados, desde o comum cidadão à formação universitária e pós-graduada. Nestas experiências é possível discutir a interferência de vários mecanismos planetários, perceber a sua interacção, e entender como reagem os diversos sistemas naturais à

escala geológica. São estas perspectivas e a apresentação dos resultados destas experiências (científicas e educativas) os objectivos do presente trabalho.

2. O TOARCIANO EM PORTUGAL

Em Portugal, o Toarciano está particularmente bem registado na Bacia Lusitânica, através de um conjunto de afloramentos excepcionais (Duarte, 1998, 2007; entre outros) e sobejamente conhecidos internacionalmente. Estudados desde o final do século XIX, os sedimentos carbonatados do Toarciano da bacia mostram uma deposição associada a um ambiente de rampa carbonatada marinha, materializada genericamente através de alternâncias margo-calcárias, por vezes, numa sucessão muito monótona. Estas séries mostram registos fossilíferos muito diversificados, entre macroinvertebrados nectónicos (amonóides, nautilóides e belemnites) e bentónicos (braquiópodes, bivalves, gastrópodes, crinóides, esponjas siliciosas), microfauna bentónica (ostracodos e foraminíferos), nanoplâncton calcário, palinórmfos (esporos, pólenes e dinoflagelados) e, mais raramente, fragmentos de vegetais e ictiossauros. Esta forte expressão fossilífera, tanto a nível qualitativo como quantitativo, permite um óptimo controlo temporal das sucessões estratigráficas (os amonóides permitem um detalhe à escala dos 100 a 200 mil anos) e estabelecer um conjunto de interpretações paleoecológicas e paleoceanográficas. Neste contexto geológico geral, o Toarciano inferior português é marcado por grandes mudanças sedimentares (Duarte, 2007 e referências aí contidas), que se reflectem em termos geoquímicos e paleontológicos. Trabalhos recentes vieram confirmar a importância da Bacia Lusitânica no conhecimento das grandes mudanças, verificadas à escala planetária (referências a seguir apresentadas).

3. IMPACTO CIENTÍFICO DO TOARCIANO INFERIOR EM PORTUGAL

De entre todos os sectores da bacia, Peniche constitui a melhor referência internacional no que concerne ao estudo do Jurássico inferior. Paralelamente à importância científica conducente à formalização do estratotipo de limite do Toarciano na Ponta do Trovão (ver, por exemplo, Elmi, 2006; Rocha, 2007), os últimos cinco anos são prova de uma intensa actividade científica. As evidências geoquímicas definidas em outros pontos da bacia, através do reconhecimento de um evento isotópico negativo do carbono ($\delta^{13}\text{C}$) na base da Biozona Levisoni (Duarte, 1998; Duarte et al., 2004), potenciaram um conjunto de trabalhos de elevado impacto científico internacional (Hesselbo et al., 2007; Suan et al., 2008a,b; Mattioli et al., 2009; entre outros), confirmando grandes perturbações no ciclo do carbono. O trabalho pioneiro de Hesselbo et al. (2007), baseado num conjunto de dados isotópicos de carbono sob carbonato e fragmentos de fósseis vegetais do Toarciano inferior de Peniche, veio demonstrar que este episódio não se circunscreveu apenas aos ambientes marinhos (evento anóxico oceânico do Toarciano inferior; Jenkyns, 1988), tendo-se alargado à própria atmosfera. Estas evidências fazem subentender que a atmosfera sofreu um aumento da concentração de dióxido de carbono e de outros possíveis gases de efeito de estufa, como o metano. Todavia, apesar da contemporaneidade da actividade vulcânica reconhecida no hemisfério austral, na província de Karro Ferrar (Jourdan et al., 2007), a origem desta perturbação atmosférica não é ainda consensual (ver, por exemplo, Hesselbo et al., 2000; McElwain et al., 2005). Por outro lado, dados isotópicos de oxigénio sob braquiópodes e belemnites vieram demonstrar que o período entre o final do Pliensbaquiano e o início do Toarciano foi sujeito igualmente a grandes variações climáticas (Suan et al., 2008a; Oliveira et al., 2009). Este vasto período de modificação paleoambiental terá estado na base da ruptura faunística ocorrida no planeta em torno dos 183 milhões de anos. Evidências desta alteração na biosfera são igualmente registadas em diversos sectores da Bacia Lusitânica, entre braquiópodes,

ostracodos (Mousterde & Ruget, 1984; Cabral et al., 2010; Pinto et al., 2007) e o nanoplâncton calcário (Perilli & Duarte, 2006; Mattioli et al., 2009).

4. INTERESSE EDUCATIVO E DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA

É conhecida a relevância científica e educativa do registo do Jurássico inferior em Portugal e de todo o seu valor patrimonial, à escala nacional e internacional (ver, por exemplo, Duarte, 2004, 2005). Destacam-se a candidatura do estratotipo do limite Pliensbaquiano/Toarciano de Peniche (Rocha, 2007), os registos estratigráficos singulares de Rabaçal, S. Pedro de Moel e Peniche, e todo o impacto cénico subjacente a esses afloramentos. No entanto, os justificativos científicos acima apresentados, têm colocado o evento global do Toarciano inferior como sendo dos mais marcantes num conjunto de actividades pedagógicas e de divulgação científica realizadas recentemente. Essas iniciativas, têm envolvido sessões diversas e frequentes de divulgação com o cidadão comum, como as efectuadas no âmbito do programa *Geologia no Verão*, actividades com alunos do ensino secundário, professores do ensino básico e secundário, alunos de licenciatura e pós-graduação nas áreas das ciências da Terra e do Ambiente, excursões temáticas realizadas no âmbito de congressos nacionais e internacionais nos domínios da estratigrafia, sedimentologia, paleontologia e geoquímica. Estas acções, alargadas a vários locais, têm sido realizadas em maior número em Peniche, enquadradas sempre por um guião mais abrangente, envolvendo outras temáticas do domínio da geologia sedimentar e do património geológico (ver, por exemplo, Duarte et al., 2006).

Considerando a importância que a temática das alterações climáticas tem no mundo actual, o registo sedimentar do Toarciano inferior português constitui um óptimo exemplo para aprender e mostrar como funciona o planeta e interagem os seus diversos sistemas, como a biosfera, atmosfera, oceanos e litosfera. Uma discussão possível de ser realizada *in loco*, e que nos pode fazer lembrar outros exemplos de mudanças ocorridas no planeta, como o registo dos últimos 400 mil anos nos gelos da Antártida ou todos os argumentos que fizeram desaparecer os dinossauros e os amonóides no final do Cretácico.

Agradecimentos

Trabalho realizado no âmbito do projecto PTDC/CTE-GIX/098968/2008, financiado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia.

Referências

- Cabral, M. C., Pinto, S., Duarte, L.V., Azerêdo, A.C. (2010) - Les ostracodes du Toarcien inférieur et moyen de Peniche (Portugal): systématique, biostratigraphie et paléobiogéographie. *Livre de Résumés Réunion spécialisée de la S.G.F. en hommage à Serge Elmi: Peuplements et environnements jurassiques*, Lyon (France), pp. 30-31.
- D'Orbigny, A. (1842-1849) - *Paléontologie Française; terrains jurassiques*. Paris, Masson, 642 p.
- Duarte, L.V. (1998) - Clay minerals and geochemical evolution in the Toarcian-Lower Aalenian of the Lusitanian Basin, *Cuad. Geol. Iberica*, 24, pp. 69-98.
- Duarte, L.V. (2004) - The geological heritage of the Lower Jurassic of Central Portugal: selected sites, inventory and main scientific arguments, *Riv. Ital. Paleont. Strat.*, 110, pp. 381-388.
- Duarte, L. V. (2005) - The Jurassic of the Peniche Peninsula (Central Portugal): An international reference point of great scientific value and educational interest. In: Henriques, M. H., Azerêdo, A. C., Duarte, L. V. & Ramalho, M. (Edts.) *Jurassic heritage and geoconservation in Portugal: Selected sites*. IV International Symposium ProGEO on the Conservation of the Geological Heritage, Braga, Field Trip Guide Book Volume, pp. 23-31, + 5 plates.
- Duarte, L.V. (2007) - Lithostratigraphy, sequence stratigraphy and depositional setting of the Pliensbachian and Toarcian series in the Lusitanian Basin (Portugal). In: Rocha R. B. (Edt.) *The Peniche section (Portugal)*.

- Contributions to the definition of the Toarcian GSSP*. International Subcommission on Jurassic Stratigraphy, ISBN 978-972-8893-14-9, pp. 17-23.
- Duarte, L.V., Bertão, C., Anacleto, H. (2006) - Geologia para o Grande Público. Exemplos do Jurássico inferior de Portugal. *Simpósio Ibérico do Ensino da Geologia*, Aveiro, ISBN 972-789-197-7, pp. 227-232.
- Duarte, L.V., Perilli, N., Dino, R., Rodrigues, R., Paredes, R. (2004) - Lower to Middle Toarcian from the Coimbra region (Lusitanian Basin, Portugal): sequence stratigraphy, calcareous nannofossils and stable-isotope evolution, *Riv. Ital. Paleont. Strat.* 110, pp. 115-127.
- Elmi, S. (2006) - Pliensbachian/Toarcian boundary: the proposed GSSP of Peniche (Portugal), *Volumina Jurassica*, Institute of Geology Warsaw University, IV, pp. 5-16.
- Hesselbo, S.P., Gröcke, D.R., Jenkyns, H.C., Bjerrum, C.J., Farrimond, P., Morgans Bell, H. S., Green, O.R. (2000) - Massive dissociation of gas hydrate during a Jurassic oceanic anoxic event, *Nature*, 406, pp. 392-395.
- Hesselbo, S.P., Jenkyns, H.C., Duarte, L.V., Oliveira, L.C.V. (2007) - Carbon-isotope record of the Early Jurassic (Toarcian) Oceanic Anoxic Event from fossil wood and marine carbonate (Lusitanian Basin, Portugal), *Earth and Planetary Science Letters*, 253, pp. 455-470.
- Jenkyns, H.C. (1988) - The early Toarcian (Jurassic) anoxic event: stratigraphic, sedimentary, and geochemical evidence, *American Journal of Science*, 288, pp. 101-151.
- Jourdan, F., Féraud, G., Bertrand, H., Watkeys, M.K., Renne, P.R. (2007) - Distinct brief major events in the Karoo large igneous province clarified by new $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ ages on the Lesotho basalts, *Lithos*, 98, pp. 195-209.
- Little, C.T.S., Benton, M.J. (1995) - Early Jurassic mass extinctions. A global long-term event, *Geology*, 23, pp. 495-498.
- Mattioli, E., Pittet, B., Petitpierre, L., Mailliot, S. (2009) - Dramatic decrease of pelagic carbonate production by nanoplankton across the Early Toarcian anoxic event (T-OAE), *Global and Planetary Change*, 65, pp. 134-145.
- McElwain, J.C., Wade-Murphy, J., Hesselbo, S.P. (2005) - Changes in carbon dioxide during an oceanic anoxic event linked to intrusion into Gondwana coals, *Nature*, 435, pp. 479-482.
- Mouterde, R., Ruget, C. (1984) - Le passage Domerien-Toarcien dans le Lias portugais. *Volume d'hommage au géologue G. Zbyszewski*. Editions Recherche sur les civilisations, pp. 203-211.
- Oliveira, L.C., Duarte, L.V., Silva, R.L., Rodrigues, R. (2009) - Belemnite $\delta^{18}\text{O}$ and $\delta^{13}\text{C}$ record of the Lusitanian Basin Pliensbachian carbonate series (Portugal), *Geochimica and Cosmochimica Acta*, 73 (13S), p. A969.
- Pálfy, J., Smith, P.L. (2000) - Synchrony between Early Jurassic extinction, oceanic anoxic event, and the Karoo-Ferrar flood basalt volcanism, *Geology*, 28, pp. 747-750.
- Perilli, N., Duarte, L.V. (2006) - Toarcian nannobiohorizons from the Lusitanian Basin (Portugal) and their calibration against ammonite zones. *Riv. Ital. Paleont. Strat.*, 112, pp. 417-434.
- Pinto, S., Cabral, M.C., Duarte, L.V. (2007) - The ostracod faunas from the Lower Toarcian of Peniche (Portugal): stratigraphic distribution. *XXIII Jornadas de Paleontologia de la Sociedad Española de Paleontologia*, pp. 183-184.
- Rocha, R.B. (Ed). (2007) - The Peniche section (Portugal). Contributions to the definition of the Toarcian Global Stratotype Section and Point. *International Subcommission on Jurassic Stratigraphy*, Lisbon, 66 p.
- Suan, G., Mattioli, E., Pittet, B., Mailliot, S., Lécuyer, C. (2008a) - Evidence for major environmental perturbation prior to and during the Toarcian (Early Jurassic) Oceanic Anoxic Event from the Lusitanian Basin, Portugal, *Paleoceanography*, 23, PA1202.
- Suan, G., Pittet, B., Bour, I., Mattioli, E., Duarte, L.V., Mailliot, S. (2008b) - Duration of the Early Toarcian carbon isotope excursion deduced from spectral analysis: consequence for its possible causes, *Earth and Planetary Science Letters*, 267, pp. 666-679.