

Cartografia geológica aplicada: Estudo de Impacte Ambiental da Quinta do Carmo (Glória, Estremoz)

Applied geological mapping: Environmental Impact Study of the Quinta do Carmo (Glória, Estremoz)

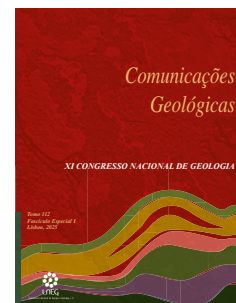
A. Araújo^{1*}, N. Moreira², T. Batista³

DOI: <https://doi.org/10.34637/2p4e-da70>

Recebido em 08/10/2023 / Aceite em 18/03/2024

Publicado online em abril de 2025

© 2025 LNEG – Laboratório Nacional de Energia e Geologia IP



Artigo original
Original article

Resumo: No âmbito do estudo de impacte ambiental realizado por uma equipa multidisciplinar para a implementação de um projeto de eco-turismo e de uma barragem na Quinta do Carmo (Glória, Estremoz), realizou-se um estudo geológico detalhado. Coube à “equipa de geologia” a revisão da cartografia geológica, a caracterização geomorfológica e a identificação de potenciais recursos geológicos. Dado que a cartografia geológica existente é de pequena escala (folha 6 da Carta Geológica de Portugal à escala 1/200.000), ou é antiga e desatualizada (folhas 36B Estremoz e 36D Redondo da Carta Geológica de Portugal à escala 1/50.000), optámos por fazer um levantamento geológico de toda a área à escala 1/10.000. Esta cartografia permitiu a revisão da litoestratigrafia, a interpretação estrutural e geomorfológica, a identificação de ocorrências minerais e de pontos de interesse geológico e paisagístico. A nova cartografia geológica contribuiu ainda para os estudos geotécnicos e hidrogeológicos relacionados com o projeto da barragem.

Palavras-chave: Estudo de impacte Ambiental, Zona de Ossa-Morena, Cartografia Geológica.

Abstract: During the environmental impact study conducted for the implementation of an eco-tourism and dam project at Quinta do Carmo (Glória, Estremoz), a detailed geological study was carried out. In this study, implemented by a multidisciplinary team, the “geology team” was responsible for the geological mapping, geomorphological characterization and identification of geological resources. Given that the existing geological maps are in small scale (sheet 6 of the Geological Map of Portugal at 1/200.000 scale), or old and partly outdated (sheets 36B Estremoz and 36D Redondo of the Geological Map of Portugal at 1/50.000 scale), we decided to re-map the area on a 1/10,000 scale. This cartography allowed the review of the lithostratigraphy of the area, the structural and geomorphological interpretation of this region, the identification of mineral occurrences and places of landscape and geological interest. The new geological mapping also contributed to geotechnical and hydrogeological studies related to the dam project.

Keywords: Environmental impact study, Ossa-Morena Zone, Geological mapping.

1. Introdução

A Quinta do Carmo (Glória, Estremoz) situa-se na Zona de Ossa-Morena (ZOM), mais concretamente no Sector de Estremoz-Barrancos (Oliveira *et al.*, 1991). A geologia da Quinta do Carmo encontra-se coberta pelas folhas 36-B Estremoz e 36-D Redondo, da Carta Geológica de Portugal à escala 1/50.000 (Figura 1). A publicação destas folhas é antiga (1974 e 1987, respetivamente) e o sector de Estremoz-Barrancos foi alvo de vários trabalhos posteriores, principalmente de revisão da estratigrafia e da estrutura regional (*e.g.* Oliveira *et al.*, 1991, Piçarra 2000, Pereira *et al.*, 2012; Araújo *et al.*, 2013), o que levou à revisão da cartografia nas cartas de menor escala recentemente publicadas (Ferreira e Piçarra, 2021) (Figura 1).

A estratigrafia do sector de Estremoz-Barrancos foi definida na região de Barrancos (subsector do Sinclinal de Terena), diferenciando-se neste sector a estratigrafia do Anticlinal de Estremoz que apresenta características próprias (Figura 2). Ambas as sucessões estão representadas na Quinta do Carmo, e a natureza do limite entre as duas sucessões estratigráficas tem sido alvo de controvérsia. Segundo a interpretação clássica, o limite corresponde a uma possível lacuna/discordância entre formações de natureza carbonatada de idade câmbria e as formações siliciclásticas de idade silúrica (Gonçalves e Pinto Coelho, 1974). Uma interpretação diferente é apresentada por Piçarra (2000) e Araújo *et al.* (2013), onde os níveis superiores do Complexo Vulcano-Sedimentar Carbonatado de Estremoz (CVSCE) são considerados de idade devónica o que implica que o limite entre os dois subsectores resulte de um importante acidente tangencial (carreamento). A justaposição das duas cartas geológicas à escala 1/50.000 que cobrem a Quinta do Carmo mostra que, para além da avaliação do limite já referido, há outros aspetos que necessitam de revisão, havendo unidades que não apresentam continuidade de uma carta para outra (Figura 1A). A cartografia geológica mais recente à escala 1/200.000 (Ferreira e Piçarra, 2021) não tem o detalhe pretendido para o Estudo de Impacte Ambiental. Assim, para uma correta caracterização da Geologia e Geomorfologia da área em estudo foi fundamental proceder a um levantamento geológico detalhado de toda a área (Figura 3A), tendo como referência a estratigrafia proposta por Piçarra (2000) para o sub-sector do Sinclinal de Terena. Relativamente ao sub-sector do Anticlinal de Estremoz, consideramos também a sequência proposta por este autor, embora se considere discutível a idade devónica atribuída ao CVSCE. Efetivamente esta unidade apresenta uma clara correlação isotópica com os calcários

¹ Dep. Geociências, ECT Univ. de Évora, Instituto Ciências da Terra (ICT) - Polo de Évora, Apartado 94, 7006-554 Évora, Portugal.

² Instituto de Investigação e Formação Avançada (IIFA) e Dep. Geociências, ECT Univ. de Évora, ICT - Polo de Évora, Apartado 94, 7006-554 Évora, Portugal.

³ IIFA - Univ. de Évora, Instituto Mediterrâneo para a Agricultura, Ambiente e Desenvolvimento (MED), Pólo da Mitra, Apartado 94, 7006-554 Évora, Portugal.

* Autor correspondente / Corresponding author: araújo@uevora.pt

é frequentemente marcado com base na variação do pendor da vertente, resultante da maior resistência dos mármore dolomíticos à erosão. Sendo rochas estratigraficamente equivalentes aos mármore calcíticos do CVSCE, terão a mesma idade (Câmbrico), pese embora o processo de dolomitização secundária ter ocorrido posteriormente.

Formação de Barrancos – Esta formação é constituída por rochas xistentas de grão fino, micáceas, com leitos areníticos finos de espessura milimétrica, apresentando frequentemente tons cinzentos a esverdeados. No sector SW da área em estudo tornam-se mais abundantes leitos grauvacóides, passagens de quartzitos finos e níveis de rochas xistentas de tonalidade roxa-violeta, intercalados nos xistos de tonalidades cinzentas. A idade da Formação de Barrancos não está bem definida dada a má preservação dos fósseis encontrados noutros sectores, sendo atribuída ao Ordovícico Inferior.

Formação da Colorada - Tem muito pouca expressão na área da Quinta do Carmo, sendo dominada pela presença de bancadas de quartzitos e arenitos impuros micáceos geralmente com uma espessura de apenas alguns decímetros. Em termos estratigráficos a Formação da Colorada é considerada do Ordovícico superior, podendo estender-se até à base do Silúrico (Piçarra *et al.*, 1995).

Xistos negros com liditos - É classicamente conhecida por Formação dos Xistos com Nódulos (Delgado, 1908), podendo ter outras designações locais como por exemplo Formação das Hortinhas, nas proximidades da Quinta do Carmo (Carvalhosa *et al.*, 1987). Em regra apresenta uma predominância de liditos intercalados com xistos/ardósias negras na base, a que sucedem xistos carbonosos com raros nódulos (não identificados na área estudada). Para o topo surgem bancadas de quartzitos negros. A Formação dos Xistos com Nódulos tem uma espessura de algumas dezenas de metros e corresponde em termos estratigráficos praticamente a todo o Silúrico (Piçarra, 2000). Esta unidade encontra-se frequentemente impregnada de óxidos de ferro.

Formação dos Xistos Raiados - A Formação dos Xistos Raiados, designação igualmente proposta por Delgado (1908), assenta em continuidade estratigráfica sobre a Formação dos Xistos com Nódulos e a sua idade varia entre o Silúrico superior e o topo do Devónico Inferior. É constituída por rochas xistentas, de cor cinzenta escura a negra, com abundantes laminações sedimentares milimétricas de material detritico fino. Estas laminações podem passar a níveis centimétricos de arenitos e siltitos.

Formação de Terena - Esta formação, de idade devónica inferior, é constituída por uma alternância rítmica de pelitos e grauvaques. As características sedimentológicas desta formação levam a que tenha sido interpretada como um depósito do tipo flysch (Perdigão *et al.*, 1982).

Coluviões - Junto do sopé da Serra d'Ossa, e cobrindo uma zona envolvente ao leito da Ribeira de Tera, foi delimitada uma área coberta por sedimentos não consolidados. Estes sedimentos são muito imaturos, constituídos por clastos (que podem atingir dez centímetros) de várias litologias das formações paleozoicas e suportados por uma matriz areno-argilosa. Esta unidade pode apresentar cerca de três metros de espessura.

Aluviões – Associando-se a um afluente da Ribeira de Tera, surge um pequeno depósito aluvionar composto essencialmente por sedimentos arenosos não consolidados, assentando diretamente sobre a Formação dos Xistos Raiados.

Filões de Quartzo - No sector NE ocorrem numerosos filões de quartzo, com orientações variáveis, geralmente com espessuras inferiores a dois metros. Apresentam geralmente aspeto brechóide, com evidências de múltiplos estágios de precipitação de quartzo, texturas de dissolução e abundantes óxidos de ferro, por vezes com vestígios texturais que apontam para que os mesmos resultem da alteração de sulfuretos primários. A sua idade é desconhecida

mas trabalhos recentes parecem indicar que estes filões estão relacionados com eventos mais tardios da orogenia Varisca (Maia *et al.*, 2020).

3. Geomorfologia

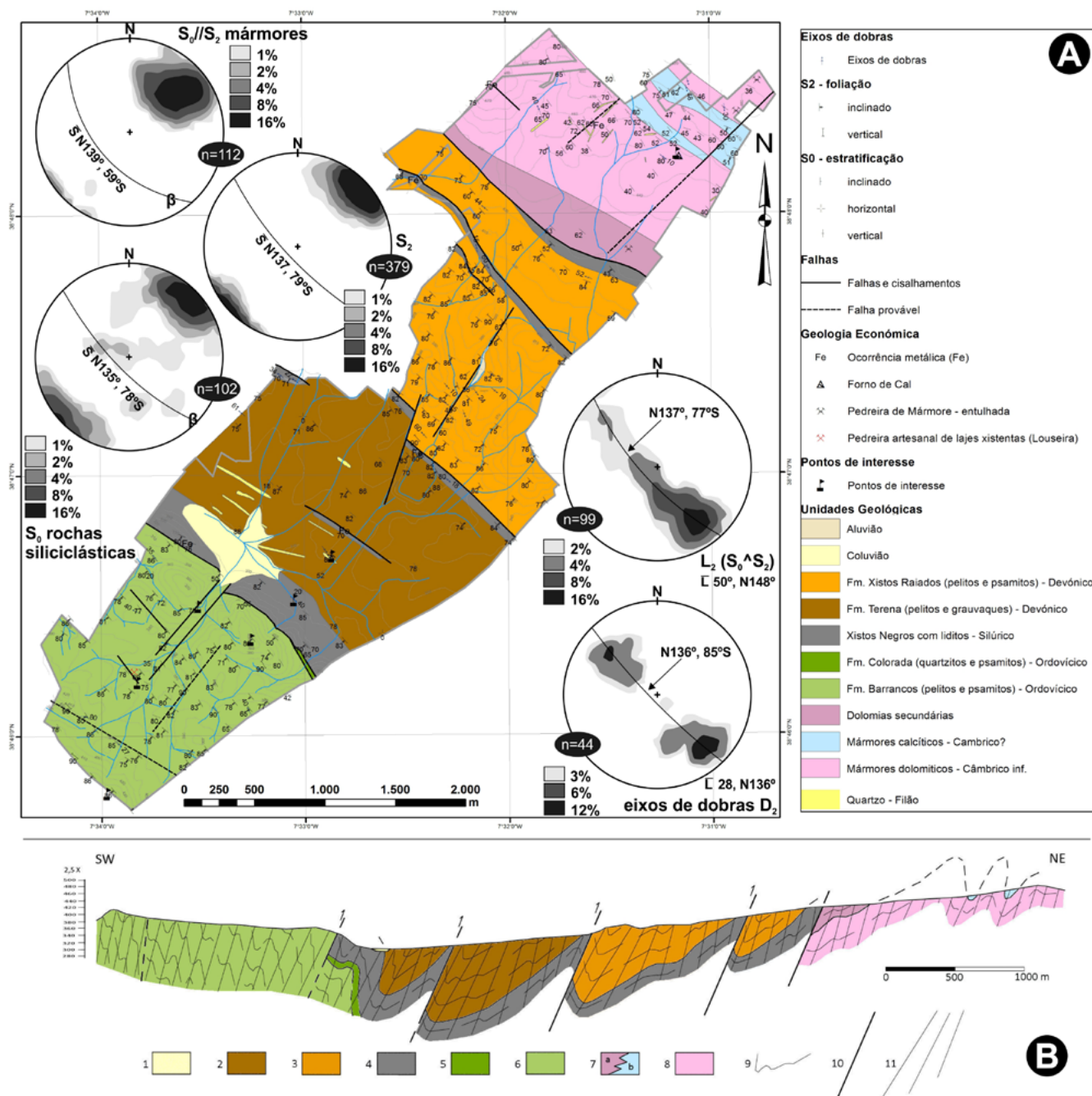
Relativamente à Geomorfologia, a área da Quinta do Carmo, abrange três importantes unidades geomorfológicas: (1) o planalto de Estremoz a NE, (2) a depressão de Terena na parte central e (3) a Serra de Ossa, a SW (Feio 1983; Carvalhosa *et al.*, 1987). Embora em trabalhos anteriores seja referida a possibilidade de alguns degraus topográficos poderem corresponder a escarpas de origem tectónica (Feio 1983), a maioria destes acidentes topográficos parecem resultar de fenómenos de erosão diferencial. Com efeito, embora os limites NE e SW da Formação de Terena correspondam a falhas identificadas em numerosos trabalhos anteriores e comprovadas na cartografia geológica realizada neste trabalho, não encontramos evidências de atividade tectónica recente associada a estes acidentes. As escarpas associadas às duas falhas que bordejam a Formação de Terena resultam da diferente resistência dos litótipos aos agentes erosivos e não de deslocamentos tectónicos recentes. Refira-se ainda a existência de áreas aplanadas com cotas ligeiramente inferiores a 400 m de um e outro lado da depressão de Terena, o que aponta também para a não existência de atividade tectónica ao longo das referidas falhas. Por último, saliente-se que a Quinta do Carmo se situa a nível regional numa zona elevada, praticamente no limite entre as bacias do Tejo e do Guadiana.

4. Estrutura geológica

O levantamento geológico-estrutural da Quinta do Carmo levou à elaboração de um mapa geológico (Figura 3A), bem como um conjunto de mapas temáticos (mapas de estruturas planares, de estruturas lineares, de fraturação e de geologia económica e pontos de interesse geoturístico). Na Figura 3B apresenta-se um corte geológico-estrutural, mostrando a estruturação geral da Quinta do Carmo.

A estratificação e a foliação apresentam uma geometria muito próxima no caso das unidades de natureza siliciclástica (atitudes médias de N135°, 78°S e N137°, 79°S respetivamente), estando o bandado menos inclinado no caso das unidades carbonatadas ($S_0 // S_2$ N139°, 59°S) (Figura 3). Nas unidades de natureza siliciclástica, o S_0 não é observável na generalidade dos casos quer pela uniformidade dos litótipos que compõem algumas das unidades quer pela penetrabilidade da foliação S_2 (com atitude em tudo semelhante ao bandado presente nos mármore). Contudo, é possível identificar localmente a presença de variações litológicas primárias (S_0), nas unidades de natureza siliciclástica (*i.e.* Formações de Barrancos, Colorada, Xistos Negros com liditos, Terena e Xistos Raiados), que mostram a presença de dobras com clivagem S_2 de plano axial; muito embora S_0 apresente predominantemente direções em torno da orientação regional, observa-se uma maior dispersão de S_0 (Figura 3A).

Foram igualmente analisadas estruturas lineares, nomeadamente eixos de dobras e lineações de intersecção, que se apresentam preferencialmente inclinadas para o quadrante SE. Contudo, os valores quer do mergulho dos eixos das dobras quer da lineação de intersecção (Figura 3A) apresentam grande dispersão, o que é indicativo da presença de uma fase de deformação prévia à fase que gera a foliação S_2 , o que vai ao encontro dos dados bibliográficos para os domínios centrais da ZOM (Pereira *et al.*, 2012; Araújo *et al.*, 2013) que mostram a presença de uma fase D_1 , de baixo grau metamórfico e com desenvolvimento insipiente de S_1 . A dispersão geral de L_2 revela clara semelhança com a exibida pelos eixos de



dobras, o que parece revelar a sua génese concomitante.

O padrão cartográfico observado (Figura 3A) resulta predominantemente de uma fase de deformação D_2 muito intensa, que explica não apenas as principais estruturas dobradas (à escala cartográfica coerente com as macroestruturas como o Anticlinal de Estremoz e o Sinclinal de Terena), mas também um conjunto de zonas de cisalhamento tangenciais,

maioritariamente com componente de cavalgamento para NE, que colocam em contacto unidades de diferentes idades (Figura 3B).

Foram ainda identificadas um conjunto de outras estruturas planares, nomeadamente falhas, filões, veios (de quartzo ou calcite), mas merecem particular destaque a fraturação e bandas kink, que cortam a foliação, apresentando claramente um carácter mais tardio e frágil. Estas fraturas e

bandas kink são geralmente subverticais, apresentando alguma dispersão na sua orientação mas com claro predomínio de direções variáveis entre NNE-SSW e NE-SW, subperpendiculares à estrutura regional, em tudo semelhantes principais falhas tardias cartografadas (Figura 3A).

5. Matérias-primas e valorização da geodiversidade

Relativamente às matérias-primas geológicas, a região é conhecida a nível internacional pela extração dos Mármore de Estremoz, extraídos do CVSCE. Apesar do levantamento geológico identificar pequenas manchas de mármore, próximo do limite NE da Quinta do Carmo (Figura 3A), a matéria-prima aqui aflorante é de baixa qualidade, sendo escassas as evidências de exploração deste georrecurso na área da Quinta do Carmo (há apenas a mencionar duas zonas extrativas de pequenas dimensões já entulhadas). Outros materiais geológicos com potencial interesse são as lajes de xisto da Formação de Barrancos que terão sido exploradas, de forma artesanal, na área em estudo (Figura 3A). Destaca-se ainda a presença de um conjunto de ocorrências de minerais metálicos (óxidos de ferro resultantes da alteração de sulfuretos) disseminados em xistos negros silúricos ou associados a filões de quartzo e a zonas de falha. Estas ocorrências são de muito pequena dimensão e não apresentam potencial para futura atividade extrativa.

Face aos objetivos da entidade promotora (eco-turismo) foi também feito o levantamento dos locais com interesse do ponto de vista do património geológico. Apesar do baixo potencial turístico da geodiversidade da Quinta do Carmo, foi possível identificar um conjunto de sete pontos com interesse, três dos quais permitem a interpretação da paisagem e geomorfologia local e regional, dois que permitem perceber a história geológica regional e dois que decorrem da valorização de atividades económicas diretamente relacionadas com o substrato geológico regional. Sobre os pontos identificados foi apresentada à entidade promotora propostas para a sua valorização no âmbito do projeto de Eco-Turismo da Quinta do Carmo, incluindo miradouros ou a elaboração de painéis explicativos.

6. Considerações finais

Regra geral os estudos de impacto ambiental, nos descritores da Geologia, recorrem apenas à Cartografia Geológica e bibliografia existentes, sendo a componente da Geologia restrita à análise desta informação bibliográfica, tornando-se residual a componente de trabalho de campo e de aquisição de novos dados que permitam o melhor conhecimento do território. No presente trabalho contrariou-se este tipo de abordagem e a realização de Cartografia Geológica de pormenor representou uma importante mais-valia para este estudo de impacto ambiental.

A metodologia aqui aplicada permitiu refinar o conhecimento sobre a área da Quinta do Carmo, através da realização de cartografia geológica de pormenor, o que permitirá apoiar os futuros trabalhos geotécnicos que irão ser desenvolvidos no âmbito da potencial construção de uma barragem na área da Quinta do Carmo, mas também alicerçando os trabalhos de hidrologia e de sismologia, nesta última disciplina de extrema importância, visto que os levantamentos geológicos descartaram a presença de falhas, potencialmente ativas (Feio, 1983), na área da Quinta do Carmo.

Este tipo de abordagem permitiu ainda: (1) aumentar o conhecimento geológico em regiões onde a cartografia geológica à escala de maior pormenor se encontra desatualizada, (2) obter novos dados no domínio da identificação de recursos geológicos, que neste caso específico, não teve qualquer tipo de impacto negativo na implementação do projecto, visto não existirem recursos passíveis de serem salvaguardados na área da Quinta do Carmo e (3) identificar

e caracterizar novos locais de interesse geológico passível de valorização científica, turística ou educativa, valorizando assim o projeto de Eco-turismo levado a cabo pelos promotores do projeto.

Agradecimentos

Os autores agradecem o suporte financeiro concedido pela Sociedade Agrícola Quinta do Carmo, S.A. e pela FCT, através do financiamento plurianual ao Instituto de Ciências da Terra (UIDB/04683/2020). Os autores agradecem ainda os valiosos contributos dos revisores (Maria dos Anjos Ribeiro e revisor anónimo).

Referências

- Araújo, A., Piçarra, J. M., Borrego, J., Pedro, J., Oliveira, J. T., 2013. As Regiões Central e sul da Zona de Ossa Morena. In: Dias, R., Araújo, A., Terrinha, P., Kullberg, J.C. (Eds). *Geologia de Portugal*, Volume I, Escolar Editora, 509-549.
- Carvalhosa, A., Gonçalves, F., Oliveira, V., 1987. *Carta Geológica de Portugal, Notícia explicativa da folha 36-D (Redondo)*. Serviços Geológicos de Portugal.
- Delgado, J. F. N., 1908. *Système Silurique du Portugal. Étude de stratigraphie paléontologique*. Mémoires de la Commission Service Géologique du Portugal, Lisboa.
- Feio, M., 1983. O relevo da Serra da Ossa: uma interpretação tectónica. *Finisterra*, **18**(35). <https://doi.org/10.18055/Finis2129>.
- Ferreira, P. L., Piçarra, J. (coords.), 2021. *Folha 6 da Carta Geológica de Portugal à escala 1/200.000*. LNEG, Lisboa.
- Gonçalves, F., Pinto Coelho, A.V., 1974. *Carta Geológica de Portugal na escala 1/50.000, Notícia explicativa da folha 36-B (Estremoz)*. Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa.
- Maia, M., Moreira, N., Vicente, S., Mirão, J., Noronha, F., Nogueira, P., 2020. Multi-stage fluid system responsible for ore deposition in the Ossa-Morena Zone (Portugal): constraints in Cu-ore deposits formation. *Geology of Ore Deposits*, **62**(6): 508–534. DOI: 10.1134/S1075701520060094.
- Moreira, N., Pedro, J., Santos, J.F., Araújo, A., Dias, R., Ribeiro, S., Romão, J., Mirão, J., 2019. $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ applied to age discrimination of the Palaeozoic carbonates of the Ossa-Morena Zone (SW Iberia Variscides). *International Journal of Earth Sciences (Geol Rundsch)*. DOI: 10.1007/s00531-019-01688-9.
- 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. C., Oliveira, J. T., Ribeiro, A., 1982. *Carta Geológica de Portugal à escala 1/50 000, Notícia explicativa da folha 44-B (Barrancos)*. Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa.
- Pereira, M. F., Solá, A. R., Chichorro, M., Lopes, L., Gerdes, A., Silva, J. B., 2012. North-Gondwana assembly, break up and paleogeography: U–Pb isotope evidence from detrital and igneous zircons of Ediacaran and Cambrian rocks of SW Iberia. *Gondwana Research*, **22**(3-4): 866-881. DOI:10.1016/j.gr.2012.02.010
- Piçarra, J. M., 2000. *Estudo estratigráfico do sector de Estremoz-Barrancos, Zona de Ossa Morena, Portugal*. Vol. I - Litoestratigrafia do intervalo Câmbrio médio?-Devónico inferior, Vol. II - Bioestratigrafia do intervalo Ordovício-Devónico inferior. Tese de doutoramento, Universidade de Évora.
- Piçarra, J. M., Štorch, P., Gutiérrez-Marco, J. C., 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*, **81**: 3-8.