

Rochas carbonatadas

Recurso mineral histórico

Bruno Sena da Fonseca*, Ana Paula Ferreira Pinto[†]

CQE/ ICM/ IST/ Universidade de Lisboa

CERIS/ DEC/ IST/ Universidade de Lisboa

CITAÇÃO

Sena da Fonseca, B., Ferreira Pinto, A. P. (2022)

Rochas carbonatadas, recurso mineral histórico

Rev. Ciência Elem., V10(01):015.

doi.org/10.24927/rce2022.015

EDITOR

João Nuno Tavares

Universidade do Porto

RECEBIDO EM

19 de março de 2021

ACEITE EM

26 de maio de 2021

PUBLICADO EM

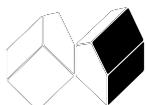
15 de março de 2022

COPYRIGHT

© Casa das Ciências 2022.

Este artigo é de acesso livre, distribuído sob licença Creative Commons com a designação [CC-BY-NC-SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/), que permite a utilização e a partilha para fins não comerciais, desde que citado o autor e a fonte original do artigo.

rce.casadasciencias.org



Calcários e mármore são rochas carbonatadas amplamente utilizadas no património construído Português e que se caracterizam por possuírem composição química e mineralógica similares apesar de apresentarem texturas e propriedades diversas. O presente artigo aborda este recurso mineral do ponto de vista da sua utilização como material de construção em bens de elevado valor cultural e foca dois casos com relevância histórica no panorama nacional: o mármore de Trigaches que aflora perto de Beja, no Baixo-Alentejo e a Pedra de Ançã outrora explorada em Cantanhede, Coimbra.

Rochas Carbonatadas

A grande maioria dos calcários e mármore que afloram em Portugal são considerados rochas carbonatadas calcíticas uma vez que a sua composição mineralógica é constituída essencialmente por calcite (carbonato de cálcio). No entanto, os processos genéticos que as originam são distintos, os calcários são rochas sedimentares e os mármore são rochas metamórficas.

Os calcários são formados através da diagénese (compactação, desidratação e cimentação) de sedimentos carbonatados que foram depositados essencialmente por processos de precipitação química/bioquímica. Estas rochas são constituídas por constituintes aloquímicos, que podem ter diversas dimensões e naturezas (fósseis (bioclastos), oólitos, pelóides, entre outros), aglutinados por constituintes ortoquímicos sejam eles um cimento (também de carbonato de cálcio) ou uma matriz carbonatada¹ e, portanto, existem calcários com diversas texturas. Por sua vez, os mármore resultam da recristalização dos minerais carbonatados presentes em calcários por metamorfismo (ação da pressão e da temperatura). Globalmente, estas duas variedades litológicas apresentam assim características texturais distintas entre si (FIGURA 1). Nos calcários os constituintes ortoquímicos e aloquímicos podem ter diferentes proporções e são facilmente identificados (FIGURA 1A)) enquanto que os mármore são constituídos por cristais de calcite neoformados resultantes da recristalização (FIGURA 1B)), que podem ter dimensões variadas em função do tipo/intensidade de metamorfismo que os originou.

Os processos genéticos, para além de ditarem a textura da rocha, também afetam a sua resistência à meteorização e as suas características físicas e mecânicas (porosidade, resistência mecânica, permeabilidade, etc.). Assim, os calcários podem apresentar uma maior diversidade de características devido à sua variabilidade textural e

os mármore caracterizam-se por possuírem muito reduzida porosidade (menos de 1% do seu volume são poros) e maior resistência à meteorização.

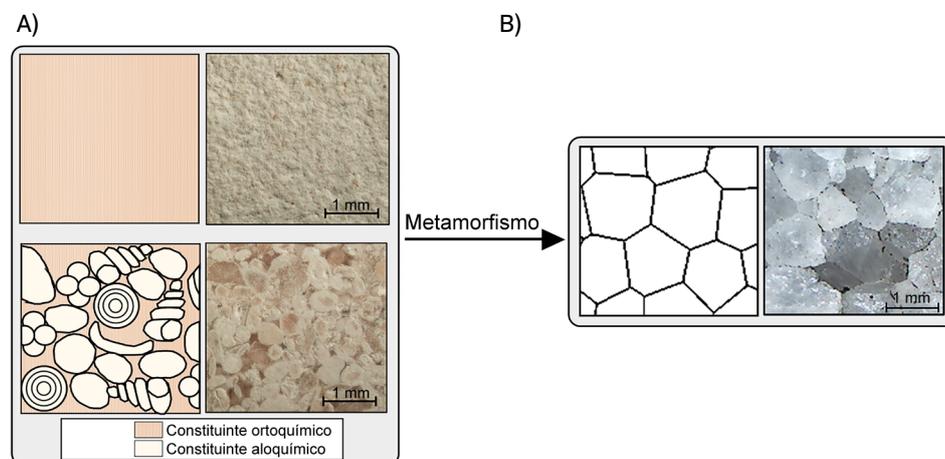


FIGURA 1. Exemplos esquemáticos e respetiva imagem obtida com lupa binocular de dois calcários com diferentes proporções entre constituintes ortoquímicos e aloquímicos e de um mármore. A) Calcários. B) Mármore.

Rochas carbonatadas como recurso mineral

As rochas carbonatadas são uma fonte primária de cálcio em múltiplas indústrias e, portanto, são um importante recurso mineral para a sociedade. O carbonato de cálcio proveniente de rochas carbonatadas é utilizado na agricultura para corrigir o pH do solo, como suplemento alimentar para animais, na indústria cerâmica ou do vidro como aditivo, na produção de cal ou cimento, entre outros.

Uma vez que tanto os calcários como os mármore são predominantemente constituídos por calcite - mineral com dureza 3 na Escala de Mohs – ambos apresentam uma dureza global relativamente reduzida, quando comparada com a de outras rochas (por exemplo: basalto, gabro ou granito), sendo rochas facilmente trabalháveis e talhadas. Esta propriedade aliada à sua elevada disponibilidade mundial, fazem das rochas carbonatadas um importante material de construção para a humanidade. De facto, estas rochas foram os principais materiais de construção utilizados pela maioria das antigas civilizações. O Antigo Egito (por exemplo: pirâmides e templos)², a civilização Maia (por exemplo: grandes centros cerimoniais e templos)³, a civilização Assíria (por exemplo: palácios e zigurates)⁴, a Grécia antiga (por exemplo: esculturas e templos) ou o Império Romano (por exemplo: Coliseu e Fórum Romano em Roma) são alguns exemplos.

Na Europa cristã, as rochas carbonatadas também tiveram um papel importante na generalidade dos estilos arquitetónicos, desde o período cristão primitivo, passando pelo período gótico até à atualidade. Ao longo dos séculos, arquitetos e pedreiros transformaram blocos de rocha em obras de arte com elevado valor cultural, social e artístico. Entre os vários tipos de edifícios construídos na Europa, os edifícios monumentais erguidos pela Igreja Cristã são talvez dos mais notáveis por constituírem ilustres obras de engenharia, de valor arquitetónico e artístico ímpar (FIGURA 2).

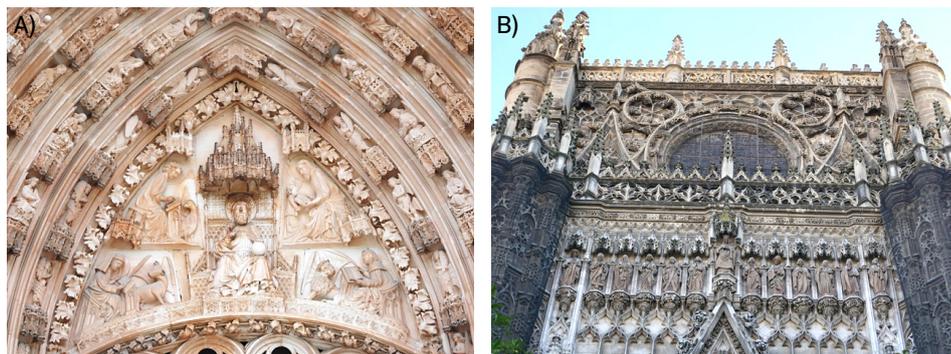


FIGURA 2. Monumentos profusamente esculpidos em rochas carbonatadas. A) Detalhes do Mosteiro da Batalha. B) Catedral de Sevilha.

No panorama nacional existe também uma grande tradição de exploração e utilização destas rochas que remonta ao período romano⁵ e que está associada à existência de uma elevada variedade de rochas carbonatadas adequadas à sua utilização na construção. Ainda em exploração, mencionam-se os exemplos dos famosos mármore do Alentejo, em particular os mármore de Estremoz e os calcários tradicionais da região de Lisboa, particularmente o Lioz, que estão presentes em diversos monumentos inscritos na lista de Património Mundial da UNESCO como a Torre de Belém, Mosteiro dos Jerónimos ou o Convento de Mafra.

Não obstante a existência de uma grande diversidade de rochas carbonatas com igual ou superior relevância a nível nacional, o presente documento evidencia dois tipos com grande interesse e valor histórico no património construído português: o mármore de Trigaches (Beja) e a Pedra de Ançã (Cantanhede).

Mármore de Trigaches

Assim como o mármore de Estremoz, o mármore de Trigaches aflora na Zona de Ossa-Morena, uma unidade paleogeográfica com uma sucessão de rochas pré-Mesozoicas marinhas cujas características sedimentares primárias e conteúdo fóssil foram total ou parcialmente eliminados por recristalização associada a eventos tectono-metamórficos durante a Orogenia Varisca⁶. No entanto, os mármore da Zona de Ossa-Morena têm características texturais distintas entre si, o mármore de Trigaches foi afetado por metamorfismo/metassomatismo de alta temperatura, responsável pela recristalização e formação de cristais de calcite com grandes dimensões⁶, apresentando, por isso, uma textura granoblástica. Apresenta, assim, um aspeto característico, com uma cor cinza-azulada e grão médio a grosseiro (FIGURA 3), o que permite identificar facilmente a sua proveniência em objetos arquitetónicos^{6,7,8}.

Esta variedade de mármore deve o seu nome ao local de extração⁸, aflora perto das aldeias de Trigaches e S. Brissos em Beja, e foi intensamente utilizada como matéria-prima para a construção durante a época clássica, principalmente durante o período romano. A extração desta rocha está hoje suspensa, mas ainda existem blocos de rocha disponíveis no mercado.



FIGURA 3. Aspeto típico da superfície do mármore de Trigaches e suas aplicações.

A importante cidade romana de *Pax Julia* (atualmente Beja) explorou mármore de Trigaches por ser uma fonte próxima e abundante de matéria-prima de elevada qualidade e beleza estética para a construção de edifícios e monumentos públicos do seu Fórum (século I)⁷. Do período romano restam algumas peças arquitetónicas e diversas obras escultóricas executadas com este mármore^{7,9}. A disseminação local do mármore de Trigaches foi relevante na época romana⁶ uma vez que elementos arquitetónicos e artísticos estão presentes em várias cidades e aldeias alentejanas (por exemplo Mértola, Alcácer do Sal, Alandroal)^{7,8,9}. Foram ainda identificados vestígios arqueológicos deste mármore em monumentos fora do Alentejo, de onde se destacam diversos elementos que constituíam partes do Teatro Romano de Lisboa, nomeadamente, no proscénio (FIGURA 3)¹⁰.

A *Villa Romana de Pisões* (século I a.C. – século V), localizada a 10 km de Beja, é um dos locais mais bem preservados onde o mármore de Trigaches foi amplamente utilizado (FIGURA 3). Este sítio arqueológico é considerado um bem de elevada relevância cultural¹¹ e está classificado como imóvel de interesse público. A área residencial e os banhos termais desta *Villa* exibem uma diversidade de elementos arquitetónicos e artísticos em mármore Trigaches^{11,12}: revestimento de pavimentos e paredes (lajes de diferentes tamanhos e espessuras), colunas e bases (FIGURA 3), degraus, soleiras de portas e revestimentos de piscinas entre outros objectos (FIGURA 3).

A importância desta variedade de mármore na construção da cidade de Beja e cidades/aldeias vizinhas continuou durante a Idade Média e Moderna, como evidenciado nos monumentos mais importantes da cidade (por exemplo, Castelo de Beja — FIGURA 3)⁷.

Pedra de Ançã

A Pedra de Ançã é um tipo específico de calcário pertencente à unidade dos “Calcários de Ançã” (Bajociano-Batoniano) que ocorre no concelho de Cantanhede (Coimbra). Esta unidade estratigráfica faz parte da sequência sedimentar mesozóica associada a episódios de abertura e extensão do proto-Atlântico Norte registados na Bacia Lusitânica¹³. Os “Calcários de Ançã” compreendem camadas de calcário de grão muito fino, mas com diferentes características, seja em termos de conteúdo fóssil, quantidade de argila ou propriedades tecnológicas^{14, 15}. Os calcários menos brandos e de menor porosidade são atualmente explorados em diferentes pedreiras na região de Ançã-Portunhos-Outil para produção de cal, agregados, pavimentos e alvenaria^{14, 15}.

A unidade “Calcários de Ançã” inclui um tipo de calcário mais brando e poroso, mundialmente conhecido por Pedra de Ançã¹⁶. A Pedra de Ançã é descrita na literatura como um calcário micrítico composto por uma matriz de grão muito fino, de baixíssima dureza e elevada porosidade (aproximadamente 26% do seu volume são poros)^{17, 18, 19}. As características petrográficas indicam tratar-se de micritos, micritos fossilíferos, biopelmicritos e pelmicritos com frequentes bioclastos e pelóides¹³.

Ao contrário de outros tipos de calcário da unidade de “Calcários de Ançã”, a Pedra de Ançã não se encontra atualmente em exploração (FIGURA 4)^{19, 20, 21}, mas foi utilizada durante séculos na construção de mosteiros, igrejas, capelas, edifícios e estátuas, especialmente a partir do século XIII¹⁴. A homogeneidade, cor clara (FIGURA 4) e a especial facilidade com que é possível esculpir esta rocha permitiu a produção de obras-primas que desempenharam um papel determinante na fundação de movimentos artísticos e de estilos arquitetónicos em Portugal, nomeadamente o gótico português, o renascentista e o barroco^{13, 22, 23}.



FIGURA 4. Aspeto típico da superfície da Pedra de Ançã, antiga pedreira abandonada e algumas aplicações emblemáticas.

Considerações finais

Os seguintes pontos resumiam e destacam as questões mais importantes abordadas neste artigo:

- Rochas carbonatadas são principalmente compostas por calcite (dureza=3) mas apresentam texturas variadas como resultado de diferentes processos de formação.
- Por serem um recurso mineral abundante no mundo, estas rochas foram e são empregues em inúmeras aplicações, de onde se destaca o seu uso em construções correntes e monumentais ao longo da história da humanidade.
- Várias destas construções têm um importante valor cultural e arquitetónico pois são testemunhos do passado e podem ser consideradas símbolos de uma nação, comunidade, tradição, religião, episódio cultural, avanço tecnológico ou constituem uma obra de engenharia notável.
- O mármore de Trigaches e a Pedra de Ançã são rochas carbonatadas distintas, mas são, sem dúvida, dois exemplos amplamente utilizados como recurso mineral na construção de monumentos de elevada importância histórica e cultural no panorama nacional.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT) pelo financiamento do projeto *NanoCStoneH – Innovative nanocomposite for the conservation and consolidation of carbonate stone heritage* (PTDC/ECI-EGC/29006/2017), do CQE (UIDB/00100/2020, UIDP/00100/2020 e LA/P/0056/2020) e CERIS (UID/ECI/04625/2019).

REFERÊNCIAS

- ¹ TUCKER, M. E., *Sedimentary Petrology: An Introduction to the Origin of Sedimentary Rocks*. 2009.
- ² KLEMM, D. D. et al., *The building stones of ancient Egypt – a gift of its geology*, *Journal of African Earth Sciences*, 33, 3–4, p. 631-642. 2001.
- ³ WITSCHHEY, W. R. T., *Encyclopedia of the Ancient Maya*, Rowman & Littlefield Publishers. 2015.
- ⁴ ENTIDHAR, A.T. et al., *Progress of building materials and foundation engineering in ancient Iraq*, *Trans Tech Publ*. 2012.
- ⁵ CASAL MOURA, A., *Mármore e calcários ornamentais de Portugal*, p. 13-20.
- ⁶ MOREIRA, N. et al., *The Ossa-Morena marbles used in the Classical Antiquity: review of their petrographic features and isotopic data*, *Comunicações Geológicas*, 107, p. 81-89. 2020.
- ⁷ FUSCO, A. et al., *Mármore de Lusitania*, España: Museo Nacional de Arte Romano, 49. 2006.
- ⁸ ENCARNÇÃO, J., *Inscrições romanas do Conventus Pacensis: subsídios para o estudo da romanização*, Instituto de Arqueologia da Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra, 941. 1984.
- ⁹ CARDOSO, J. et al., *Alguns aspectos da mineração romana na Estremadura e Alto Alentejo*, Editors, Tróia, p. 169-188. 2010.
- ¹⁰ FERNANDES, L. et al., *O proscaenium do Teatro romano de Lisboa: aspectos arquitectónicos, escultóricos e epigráficos da renovação decorativa do espaço cénico*, *Arqueologia & História*, 58-59: p. 83-102. 2007.
- ¹¹ CALDEIRA, B. et al., *Studying the Construction of Floor Mosaics in the Roman Villa of Pisões (Portugal) Using Noninvasive Methods: High-Resolution 3D GPR and Photogrammetry*, *Remote Sensing*, 11, 16, p. 1882. 2019.
- ¹² COUTO, M., *Balnevum da Villa Romana de Pisões: Análise Formal e Funcional*, Universidade Nova de Lisboa, p. 188. 2007.
- ¹³ CALLAPEZ, P. M. et al., *Reflexões sobre a pedra dos monumentos tumulares góticos de Santa-Clara-a-Nova*, *Proveniência de materiais geológicos: abordagens sobre o Quaternário de Portugal*, p. 213-225. 2014.
- ¹⁴ TRINDADE, M., et al., *Contribution to the study of Ancã limestone*. 1998.
- ¹⁵ BARBOSA, B. P. et al., *Notícia Explicativa da Folha 19-A: Cantanhede*, Lisboa: Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação. 2008.
- ¹⁶ QUINTA-FERREIRA, M. et al., *The Ancã limestones, Coimbra, Portugal*, Vienna Austria. 2016.
- ¹⁷ SENA DA FONSECA, B. et al., *The potential action of single functionalization treatments and combined treatments for the consolidation of carbonate stones*, *Construction and Building Materials*, 163, p. 586-599. 2018.
- ¹⁸ FERREIRA PINTO, A.P. et al., *Stone consolidation: The role of treatment procedures*, *Journal of Cultural Heritage*, 9, 1, p. 38-53. 2008.

- ¹⁹ TRINDADE, M. F. *et al.*, *Caracterização laboratorial dos calcários de Ançã*, Energia e Ambiente, p. 85-94. 1997.
- ²⁰ MILLER, A. Z., *Primary bioreceptivity of limestones from the mediterranean basin to phototrophic microorganisms*, UNL, p. 248. 2010.
- ²¹ FERREIRA PINTO, A.P., *Conservação de Pedras Carbonatadas - Estudo e Seleção de Tratamentos*, Technical University of Lisbon, Portugal, p. 403. 2002.
- ²² HENRIQUES, M. H., *The Museu da Pedra (Cantanhede, Central Portugal): where the Jurassic meets the public*, IV International Symposium ProGEO on the Conservation of the Geological Heritage. 2005.
- ²³ RIBEIRO, R., *Pedra de Ançã: Contribuição para a classificação "Global Heritage Stone Resource"*, Universidade de Coimbra -Msc Thesis. 2017.
- ²⁴ CATARINO, L. *et al.*, *Characterization and rehabilitation of the "Porta Férrea" stone materials*, University of Coimbra, *Portugal*, *Environmental Earth Sciences*, 77, 11, p. 416. 2018.
- ²⁵ DELGADO RODRIGUES, J. *et al.*, *Estatuária de Pedra e Biocolonização*, in *Os Jardins do Palácio Nacional de Queluz: Intervenção de Conservação*, World Monuments Fund, p. 83-91. 2012.
- ²⁶ DELGADO RODRIGUES, J., *As pedras de Coimbra. Aspectos relativos à sua degradação e conservação*, Conf. Int., p. 9. 2005.