

PAISAGENS EDUCATIVAS DO GEOPARK NATURTEJO MUNDIAL DA UNESCO

Paisagens Educativas do Geopark Naturtejo Mundial da UNESCO

Coordenação Carlos Neto de Carvalho, Joana Rodrigues, Maria Manuela Catana

Edição: Naturtejo, E.I.M., Castelo Branco, Portugal 2022

www.naturtejo.com

ISBN 978_989_97888_3_1 (eBook)

Créditos fotográficos (por capítulo): Naturtejo (1, 6, 7, 10, 11, 12), Jesus Salazar (2, 3, 5, 9), Sofia Pereira (4), Joel Carvalho (8), Micha Groenewegen (13)

© Todos os direitos reservados aos Autores.

Como citar os artigos deste livro:

Catana, M.M. (2022) - Aprender com a Paisagem: os Programas e Recursos Educativos do Geopark Naturtejo Mundial da UNESCO In: *Paisagens Educativas do Geopark Naturtejo Mundial da UNESCO* (Ed. C. Neto de Carvalho, J. Rodrigues & M.M. Catana). Naturtejo, EIM, Castelo Branco, 10-15



Índice

Geopark Naturtejo: sala de aula na Paisagem	5
Prefácio da Associação Portuguesa de Geólogos	7
CAPÍTULO 1	10
Aprender com a Paisagem: os Programas e Recursos Educativos do Geopark Naturtejo Mundial da UNESCO	
<i>M. M. Catana</i>	
CAPÍTULO 2	17
A Conservação do Património Geológico no Geopark Naturtejo Mundial da UNESCO	
<i>C. Neto de Carvalho & J. Rodrigues</i>	
CAPÍTULO 3	24
Climas e ambientes das mais antigas formas de vida do Geopark Naturtejo	
<i>C. Neto de Carvalho</i>	
CAPÍTULO 4	32
E depois das “Cobras Pintadas”: os estratos e os fósseis do Ordovícico Médio-Silúrico do Sinclinal de Penha Garcia	
<i>S. Pereira</i>	
CAPÍTULO 5	39
Os maciços granitóides ordovícicos e tardi-variscos da área do Geopark Naturtejo Mundial da UNESCO - um contributo para a história do Paleozóico em Portugal	
<i>I.M.H.R Antunes & I. Ribeiro da costa</i>	
CAPÍTULO 6	45
Cartografia geológica: cartografando histórias do oceano até às cadeias de montanhas	
<i>N. Moreira</i>	
CAPÍTULO 7	52
O registo sedimentar e geomorfológico da região do Geopark Naturtejo, como arquivo da evolução geológica de Portugal central nos últimos ~50 milhões de anos	
<i>Pedro Proença Cunha</i>	
CAPÍTULO 8	60
Geoturismo: abordagens inovadoras ao usufruto e valorização da Paisagem	
<i>Joana Rodrigues & Carlos Neto de Carvalho</i>	

CAPÍTULO 9	67
Reativação alpina e registo morfológico de falhas no Geopark Naturtejo Mundial da UNESCO	
<i>R. Pereira Dias & J. Cabral</i>	
CAPÍTULO 10	73
As faunas do Pleistocénico Superior do sítio da Foz do Enxarrique (Vila Velha de Ródão): questões tafonómicas e paleoambientais	
<i>Silvério D. Figueiredo & Luís Raposo</i>	
CAPÍTULO 11	81
Como os blocos rochosos de Monsanto desafiam as leis da Física	
<i>I. Fernandes, T. Bodas Freitas, C. Neto de Carvalho & J. Calvão</i>	
CAPÍTULO 12	87
Rochas quartzíticas como reservatório de água mineral natural e água de nascente	
<i>M. Rosário Carvalho & J. Martins de Carvalho</i>	
CAPÍTULO 13	92
Caracterização da vulnerabilidade associada a águas subterrâneas – o estudo de caso Geopark Naturtejo Mundial da UNESCO, Portugal	
<i>Teresa Albuquerque, Natália Roque, Joana Rodrigues, Isabel Margarida Antunes & Catarina Silva</i>	

Capítulo 6

Cartografia geológica: cartografando histórias do oceano até às cadeias de montanhas

N. MOREIRA¹

¹. Instituto de Investigação e Formação Avançada da Universidade de Évora; Instituto de Ciências da Terra (ICT) – Pólo de Évora; nafm@uevora.pt

PALAVRAS-CHAVE: Cartografia Geológica, Maciço Ibérico, Orógeno Varisco

RESUMO: A Cartografia Geológica tem um papel fundamental na reconstrução da história geológica de uma região. A caracterização cuidada das unidades geológicas e das suas sucessões litológicas, das estruturas geológicas primárias e secundárias à mesoescala e das relações estratigráficas e de corte permitem não apenas a construção das cartas geológicas, mas também estabelecer as relações temporais entre os diversos eventos ocorridos. A partir desta caracterização é possível estabelecer também os paleoambientes deposicionais, a paleogeografia, a evolução pós-deposicional e as relações entre o relevo e as características geológicas, permitindo não apenas interpretar os padrões cartográficos, mas também os processos que os geraram. O estabelecimento dos modelos evolutivos que permitem explicar os eventos ocorridos é contudo um exercício de abstração, interconectando dados de natureza multivariada. Os modelos são, por isso mesmo, modelos, que podem e devem ser testados, pelo que devem ser separados dos dados, esses de natureza factual. O Maciço Ibérico caracteriza-se por espessas sucessões de rochas metamórficas (de origem sedimentar) com idades compreendidas entre o Ediacárico ao Carbónico, mostrando evoluções tectono-metamórficas díspares, as quais são intruídas por corpos ígneos plutónicos resultantes de diversos pulsos magmáticos. A interpretação dos dados existentes, de natureza multivariada (bio- e cronoestratigráficos, estruturais, petrogenéticos, entre outros) evidencia uma história que se inicia num oceano passado, durante o Pré-Câmbrico, e que culmina no interior de uma cadeia de montanhas no Paleozoico superior (Cadeia Varisca).

KEYWORDS: *Geological Mapping, Iberian Massif, Variscan Orogeny*

ABSTRACT: Geological mapping plays a fundamental role in the reconstruction of the geological history of a region. The careful characterization of the geological units and their lithological successions, the primary and secondary geological structures and the stratigraphic and cross-cutting relationships allow the construction of geological maps and the establishment of the temporal relationships between the several events which occurred. Through this characterization, it is also possible to establish the depositional paleoenvironments, the paleogeography, the post-depositional evolution and the relationships between relief and geological features, thus allowing not only to interpret the cartographic patterns, but also the processes that generated them. The establishment of the evolutionary models that explain cartographic patterns is an abstraction exercise, interconnecting data of a multivariate nature. Therefore, models are just models, which can and should be tested, so they must be separated from the data, which are of a factual nature. The Iberian Massif is characterized by thick

successions of metamorphic rocks (of sedimentary origin) with ages ranging from the Ediacaran to Carboniferous, showing different tectono-metamorphic paths, which are intruded by plutonic bodies resulting from various magmatic pulses. The interpretation of existing data, of a multivariate nature (bio- and chronostratigraphic, structural, petrogenetic, among others), highlights a history that begins in an ancient ocean, during Pre-Cambrian times, and culminating within a mountain range (Variscan Range) during Upper Paleozoic.

1. Introdução

A Cartografia pode ser entendida com uma atividade científico-técnica que pretende representar graficamente uma área ou região, objetos, fenómenos físicos, químicos, ambientais, socioeconómicos, demográficos, entre outros. A representação cartográfica baseia-se num conjunto de operações científicas e técnicas, mas também artísticas, que pretendem reproduzir os dados obtidos por observação direta ou instrumental e/ou através da análise e interpretação de documentação de natureza variada (e.g. imagens de satélite).

Este processo tem como resultado final a produção de uma carta que é geralmente definida como uma representação gráfica plana/bidimensional (embora em resultado do avanço técnico e científico, já se considerem cartas multidimensionais; e.g. Malolepszy, 2005), realizada a uma determinada escala. Se aplicarmos a definição à geologia, pode então definir-se uma carta geológica como uma representação bidimensional da diversidade geológica (geodiversidade) de uma região, país ou até astro, tão fielmente quanto a sua escala o permita.

Deste os levantamentos de campo, ao trabalho laboratorial complementar, a elaboração de uma carta geológica pressupõe sempre uma limitação intrínseca ao(s) próprio(s) geólogo(s) que realiza(m) os trabalhos, em resultado da sua área de especialização e da época em que foi realizada, uma vez que o conhecimento científico e as técnicas aplicadas são alvo de constante evolução implícita à ciência. Este trabalho pretende dar uma visão holística da cartografia geológica, abordando de que forma a análise da informação contida nas cartas geológicas permite a interpretação dos fenómenos geológicos, tendo o Maciço Ibérico como estudo de caso.

2. Cartografia geológica: os multiníveis de informação

A cartografia geológica é uma cartografia multiníveis, isto é, com vários níveis de informação, contendo geralmente informação litológica, estratigráfica, estrutural e geográfica, podendo também apresentar outros níveis de informação (e.g. paleontológica, recursos minerais, atividade extrativas, etc.).

No que respeita à informação geográfica, esta compõe a base cartográfica que inclui informação geográfica considerada relevante, nomeadamente informação geoespacial (i.e. coordenadas), toponímica, hidrográfica e dos acessos, sendo que a quantidade de informação geográfica é tanto mais pormenorizada quanto maior a escala. Há contudo um outro nível de informação geográfica fundamental na geologia: a topografia. Sendo uma carta geológica um objeto bidimensional, a representação do relevo não é tridimensional e, como tal, o relevo é representado por linhas que unem pontos de igual altitude – curvas de

nível – e pontos cotados de altimetria (incluindo marcos geodésicos). Esta informação é fundamental para a interpretação dos relevos e a sua ligação às condicionantes geológicas (objeto de estudo da geomorfologia).

No que concerne à informação litológica, convém desde logo enfatizar que é impossível cartografar as variações litológicas existentes à escala de afloramento (mesoescala), nomeadamente para as escalas cartográficas utilizadas na cartografia oficial. Para além disso, essa variação mesoscópica tem muitas vezes pouco significado cartográfico. Desta forma, para a execução de cartas geológicas são identificadas (e formalizadas) unidades cartográficas, nomeadamente com auxílio da estratigrafia (nas múltiplas variantes). Entenda-se por unidade cartográfica uma categorização de áreas passíveis de serem representadas na carta geológica que apresentem características litológicas, físico-químicas e/ou cronológicas próprias e diferenciáveis das demais. As unidades cartográficas formais podem ter diversas categorias, sendo divididas consoante a natureza das unidades, as propriedades litológicas dos materiais que as compõe e/ou tendo em conta o conceito cronológico utilizado (i.e. cronoestratigráfico, bioestratigráfico). Na cartografia geológica, três tipologias de unidades estão geralmente representadas nos mapas geológicos:

- Unidades cronoestratigráficas – Correspondem a sucessões referentes a um intervalo de tempo geológico. São geralmente utilizadas em cartas geológicas de pequena escala, onde se diferenciam as principais unidades cronológicas (geralmente sistemas ou séries).
- Unidades Litoestratigráficas – Correspondem a sucessões litológicas individualizadas e delimitadas com base nas suas características estratigráficas. Apresentam geralmente topo e base bem definidas. A sua categoria hierárquica fundamental é a Formação (Fig. 1).
- Unidades Litodémicas – Correspondem a massas rochosas com características próprias e distintas das envolventes, e que, apesar de não seguirem as regras da sucessão de unidades litoestratigráficas, podem ser delimitadas e mapeadas. Incluem-se aqui corpos intrusivos ou de natureza tectono-metamórfica bem definida. A sua categoria hierárquica fundamental é o Litodema (Fig. 1).

Em sumula, as cores e simbologias das unidades representadas nas cartas geológicas podem representar diferentes litologias (ou associações litológicas) ou diferentes idades.

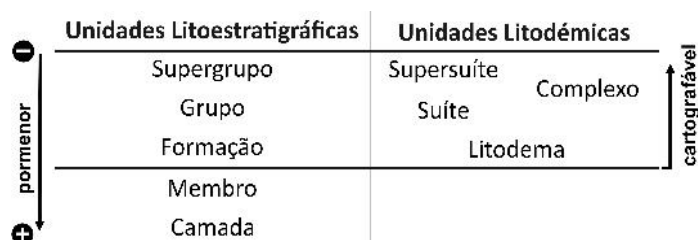


Figura 1 – Hierarquização das unidades litoestratigráficas e litodémicas e as suas equivalências de escala.

Como referido, as unidades cartográficas devem ser distinguidas umas das outras pelas suas características genéticas, estratigráficas, litológicas, ou estruturais, sendo que os seus contactos, isto é, a superfície que separa as unidades cartográficas distintas, podem apresentar naturezas diversas. Define-se três tipologias de contactos geológicos tendo em conta a sua natureza:

- Contatos Estratigráficos (ou deposicionais) – Desenvolvidos por rochas que se acumularam verticalmente (i.e. rochas sedimentares e vulcânicas extrusivas). Estes contactos podem ser divididos em: (1) conformidades, quando se acumularam continuamente sem interrupção significativa no processo de deposição ou (2) discordâncias, quando há um hiato temporal na acumulação vertical, demarcado por uma superfície com características próprias.
- Contatos Tectónicos – Desenvolvem-se em resultado da atuação da tectónica, sendo demarcado por acidentes de diferentes magnitudes. Estes contactos podem colocar lado a lado unidades com idades totalmente distintas, podendo inclusive inverter cronologicamente as sucessões (i.e. unidades mais antigas sobrepostas às mais recentes).
- Contatos Intrusivos – Desenvolvem-se entre duas unidades distintas onde pelo menos um dos corpos é intrusivo. Estes contactos são típicos de rochas ígneas plutónicas e filonianas (diques, soleiras), sendo também identificados em rochas sedimentares evaporíticas.

Outro nível de informação fundamental na elaboração de cartas geológicas é a informação estrutural, uma vez que estes dados permitirão a interpretação dos padrões cartográficos exibidos. Quanto maior e mais complexa a deformação exibida pelas unidades geológicas cartografadas, mais importante os dados deste cariz, uma vez que os mesmos serão essenciais na interpretação da natureza das unidades. Distinguem-se duas tipologias de estruturas:

- Estruturas Primárias – Características geométricas e texturais que resultam dos processos formação de um corpo rochoso, essenciais para a compreensão dos processos genéticos. Específicas das rochas sedimentares e magmáticas, podem surgir em rochas metamórficas. São exemplos a estratificação, figuras sedimentares, bioturbação, lavas em almofada ou texturas de fluxo em rochas plutónicas.
- Estruturas Secundárias – Configurações geométricas e texturais originadas após a génese das rochas sedimentares e magmáticas, geralmente associadas com processos de deformação e metamorfismo (muitas vezes articulados). São exemplos as dobras (e seus elementos), veios, foliações, lineações, falhas e zonas de cisalhamento.

3. Reconstrução da história geológica; o papel da Cartografia Geológica

Face ao exposto, nesta secção far-se-á uma análise sucinta da geologia do Maciço Ibérico (MI), com enfoque nas características do Geopark Naturtejo Mundial da UNESCO (Fig. 2). Face às características estratigráficas, tectono-metamórficas e magmáticas díspares existentes no MI, o mesmo foi seccionado em diversas zonas tectono-estratigráficas, entre as quais destacar-se-ão ao longo do texto a Zona Centro Ibérica (ZCI) – onde se localiza o

Geopark Naturtejo – e a Zona de Ossa-Morena (ZOM). O MI caracteriza-se por espessas sucessões de rochas metamórficas, de origem sedimentar, com idades compreendidas entre o Ediacárico ao Carbónico. Estas rochas mostram evoluções tectono-metamórficas díspares, muito embora em diversos locais o metamorfismo seja de muito baixo grau, permitindo o reconhecimento das estruturas primárias. As rochas meta-sedimentares mais antigas conhecidas no MI, com idades constrangidas por métodos diversos, são incluídas dentro de duas grandes unidades geológicas: o Supergrupo Dúrico-Beirão (informalmente conhecido por Complexo Xisto-grauváquico), aflorante na ZCI, e no “Grupo” Série Negra, na ZOM. Em ambos os casos, a idade destas unidades varia entre o Ediacárico e a base do Câmbrico. Contrariamente ao que acontece na ZOM, onde a sucessão câmbrica se encontra bem definida entre o Câmbrico inferior e médio, na ZCI as unidades câmbricas são inexistentes. Sobre as sucessões anteriores deposita-se um conjunto de formações de natureza marinha de plataforma, com idades praticamente contínuas entre o Ordovícico e o Devónico Inferior (na área do Geopark Naturtejo a sucessão aflorante vai apenas até ao Silúrico). A inexistência de unidades câmbricas cartografadas na ZCI (Fig. 2) é indicativo de um hiato de sedimentação neste período geológico nesta zona, em resultado de processo geológico à escala regional. De referir ainda que no topo deste hiato (Ordovícico Inferior) surge um importante evento magmático, responsável pela génese de corpos de natureza vulcânica e plutónica. No Devónico surge um novo hiato na sedimentação. Contudo, pontualmente, afloram unidades do Devónico Médio e do Carbónico (do Mississíppico e do Pennsylvânico) com características próprias e indicativas de um câmbio nas condições de sedimentação. Tal facto a juntar ao tectonismo e metamorfismo afetando as sucessões meta-sedimentares previamente mencionadas também intrudidas por corpos magmáticos com idades entre o Devónico Superior e o Pérmico são indicativos de uma nova mudança geodinâmica no MI.

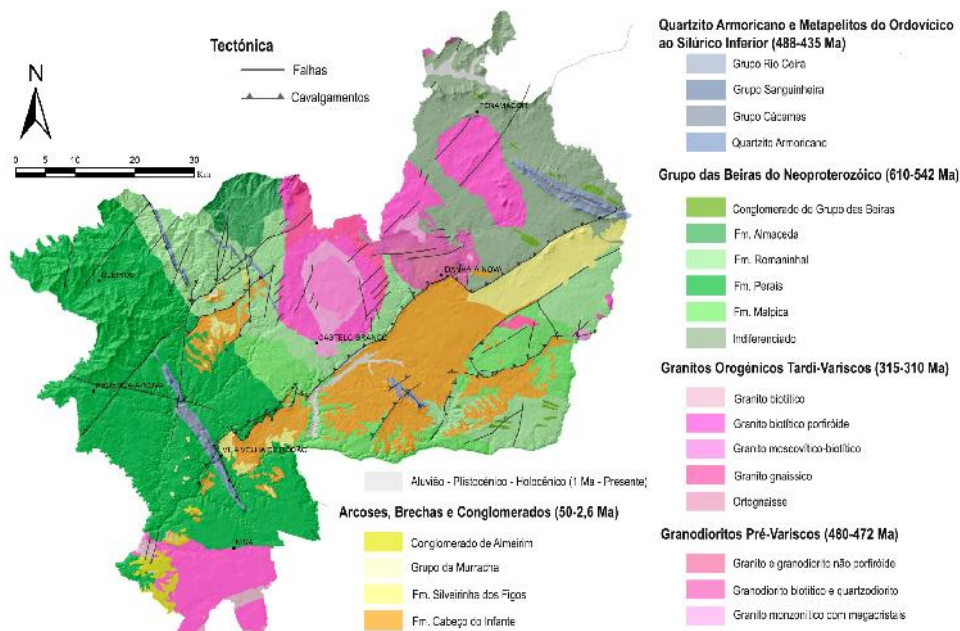


Figura 2 – Carta Geológica da área do Geopark Naturtejo (adaptado de Atlas do Ambiente, cedida pelo Geopark Naturtejo Mundial da UNESCO).

Este câmbio é interpretado como resultante da génese de uma cadeia orogénica (Cadeia Varisca), com espessamento crustal, resultante do processo de deformação, e conseqüente aquecimento da litosfera, que justifica não apenas o metamorfismo regional, mas também os abundantes corpos magmáticos.

Após este processo, a evolução meso-cenozóica do MI é dominada pela erosão que coloca a nu o núcleo desta cadeia de montanhas, mas também pelo tectonismo (e sedimentação) durante o Cenozóico em resultado do Ciclo Alpino, responsável por alguns dos mais emblemáticos relevos nacionais.

Agradecimentos

Este trabalho é financiado por fundos nacionais atribuídos pela FCT - Fundação para a Ciência e a Tecnologia, no âmbito do programa de financiamento do ICT (Refs UIDB/04683/2020 e UIDP/04683/2020).

Referências bibliográficas

MALOLEPSZY, Z. (2005). Three-dimensional geological maps. In: OSTAFICZUK, S. (eds), *The Current Role of Geological Mapping in Geosciences*, Springer, 215–224.