

Fig. 13 - Esquema do processo de carbonatação em rochas carbonatadas.



AGÊNCIA NACIONAL  
PARA A CULTURA  
CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA



## CIÊNCIA VIVA NO VERÃO

As grutas que escondem as águas subterrâneas da Serra da Arrábida

### Brecha da Arrábida

"Brecha da Arrábida" designa a rocha ornamental extraída da região da Arrábida com características estéticas muito próprias e apreciadas ao longo da História, desde o período romano até, praticamente, à actualidade (Prego, 2008). Consiste numa brecha conglomerática, de suporte granular, com clastos carbonatados de diversas cores, no seio de um cimento carbonatado-ferruginoso. Em termos estratigráficos a unidade informal "Brecha da Arrábida" insere-se na base da unidade "Margas, argilas, calcários com calhaus negros e conglomerados da Arrábida (J3 A) (Kullberg et al., 2006a), colmatando superfícies paleocárcias que materializam a descontinuidade Jurássico Médio/Superior pelo menos à escala da Bacia Lusitaniana (...)" (Prego & Kullberg, 2010a)

"O momento mais esplendoroso da aplicação da rocha ornamental "Brecha da Arrábida" dá-se no início do séc. XVI, no denominado período Manuelino, justamente sob o reinado de D. Manuel I. Este teria particular afeição por esta rocha dado que foi utilizada em diversas obras emblemáticas do seu reinado. O Mosteiro de Jesus é disso um caso paradigmático. A Sé do Funchal, o Palácio de Santos, o Palácio da Pena e Igreja Paroquial de S. José, em Lisboa, constituem outros exemplos correlacionáveis da empatia de D. Manuel I com a brecha multicolor, que constitui, pois, um excelente georrecurso de índole histórica e cultural." (Prego & Kullberg, 2010)

### Glossário:

**Lapiás** – Conjunto de caneluras, sulcos, marmitas, cristas e arestas que cobrem a superfície das rochas calcárias. Poderão estar cobertos por uma camada de solo ou aflorarem a descoberto. O tamanho e a direcção são variáveis e a superfície apresenta um aspecto corroído, por vezes com muitos fragmentos rochosos. As dimensões podem variar de alguns milímetros até mais de 10 metros.

**Dolinas** – Depressões fechadas, mais largas que profundas resultantes da corrosão da rocha e evacuação dos resíduos da dissolução para profundidade. Têm em geral contorno circular ou elíptico e dimensões desde alguns metros até à centena de metros.

**Pojjes** – Grandes depressões fechadas, com fundo plano e vertentes íngremes. A extensão é quilométrica mas podem atingir várias dezenas de quilómetros. Podem ter inundações periódicas (como o Pojje de Minde, no Maciço Calcário Estremenho), constituir lagos permanentes ou apresentar-se sempre secos.

**Grutas** – Cavidades naturais subterrâneas penetráveis pelo homem. Nas nossas regiões calcárias, as grutas cuja entrada é vertical têm a designação de **algar** e aquelas cuja entrada é horizontal têm a designação de **lapa**.

### Bibliografia:

Kullberg, J. C., 2000. Evolução tectónica mesozóica da Bacia Lusitaniana. Tese, Univ. Nova Lisboa, 361 p.

Kullberg, M. C.; Kullberg, J. C. & Terrinha, P., 2000. Tectónica da Cadeia da Arrábida. In: "Tectónica das regiões de Sintra e Arrábida", Memórias Geociências, Museu Nac. Hist. Nat. Univ. Lisboa, V. 2, pp. 35-84.

Arneiro, C.M.R (2005) - O diapiro das Caldas da Rainha no contexto da educação ambiental. Dissertação apresentada à Universidade de Évora para obtenção de grau de Mestre em cartografia geológica. Évora. 111pp.

Crispim, J.A.; Lopes, L.M.; Teixeira, E.; Machado, J. & Monteiro, C. (2006) – Experiências de traçagem da circulação subterrânea nas Terras do Risco (Sesimbra, Arrábida). VII Congr. Nac. Geol., Resumos, pp. 541-544.

J. C. Kullberg, R. B. Rocha, A. F. Soares, J. Rey, P. Terrinha, P. Callapez, L. Martins (2006) – A Bacia Lusitaniana: Estratigrafia, Paleogeografia e Tectónica. In Geologia de Portugal no contexto da Ibéria (R. Dias, A. Araújo, P. Terrinha & J. C. Kullberg, Eds.). Univ. Évora, pp. 317-368.

J. C. Kullberg, P. Terrinha, J.Pais, R. P. Reis & P. Legoinha (2006a) – Arrábida e Sintra: dois exemplos de tectónica pós-rifting da Bacia Lusitaniana. In Geologia de Portugal no contexto da Ibéria (R. Dias, A. Araújo, P. Terrinha & J. C. Kullberg, Eds.). Univ. Évora, pp. 369-396.

A.M. Prego; J.C. Kullberg (2010) - D. Manuel I e a "Brecha da Arrábida": relato de uma conjugação marcante no património edificado nacional. VIII Congr. Nac. Geol., e-Terra <http://e-terra.geopor.pt> ISSN 1645-0388 Volume 15 – nº 7 2010

A.M. Prego; J.C. Kullberg (2010a) - Potencialidades de utilização cultural da "Brecha da Arrábida" no séc. XXI. VIII Congr. Nac. Geol., e-Terra <http://e-terra.geopor.pt> ISSN 1645-0388 Volume 18 – nº 21 2010

(1) <http://www.acesus.net/html/consultaroutros.php?direcurso=4011>

(2) UNIVERSIDADE DE ÉVORA – DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS - A abertura do Oceano Atlântico e a formação da Serra da Arrábida.

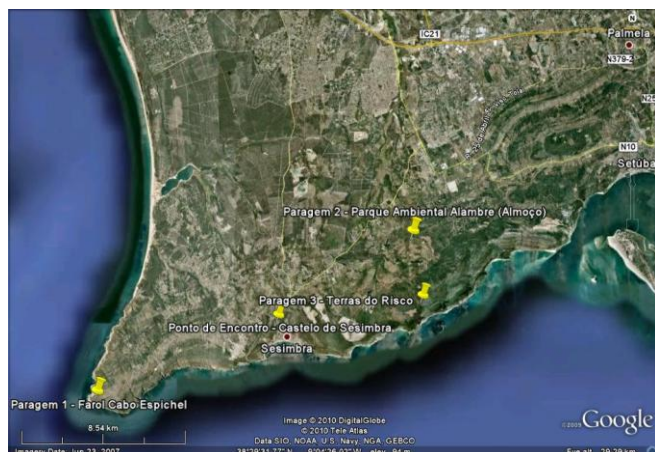


Fig. 1 – Paragens - Google Earth

### Ponto de encontro - Castelo de Sesimbra

38°27'04.29" N ; 9°06'30.45" W

### Paragem 1 - Farol Cabo Espichel

38°24'56.09" N ; 9°12'57.67" W

### Paragem 2 - Parque Ambiental Alambre (PicNic/Almoço Livre)

38°29'21.46" N ; 9°01'45.00" W

### Paragem 3 - Terras do Risco

38°27'37.08" N ; 9°01'23.71" W

No Castelo de Sesimbra, tem lugar o enquadramento Geológico da Serra da Arrábida, ainda durante a manhã descendo o Focinho do Cabo Espichel e percorrendo um corrimão junto à escarpa espregia-se a Lapa das Pombas invadida pelo mar. Avista-se ainda a entrada da Gruta dos Segredos. Da parte da tarde, visitamos os sumidouros das águas da depressão das Terras do Risco, que levam a água até uma nascente litoral, a Lapa dos Morcegos.



Passagem para o corrimão – Cabo Espichel  
Foto Luís Ramos/SPE (2009)

Data da acção:

Monitores:

Nota: As figuras 3; 4; 5 e 13 têm o respectivo link associado à imagem

Luís Ramos – SPE (2010)  
<http://www.spe.pt>

ESCALA DO TEMPO GEOLÓGICO

EON	ERA	PERÍODO	ÉPOCA	Acontecimentos Relevantes		
FANEROZÓICO	CENOZÓICO	QUATERNÁRIO	Holocénico	Iniciou-se há 0,01M.a	Fusão dos glaciares, evolução social do Homem Última glaciação. Extinção dos mastodontes. Diversificação dos homínidos	
			Plistocénico	Iniciou-se há 2,6M.a	Elevação dos Himalaias	
		Neogénico	Pliocénico	Iniciou-se há 5M.a	Primos homínidos. Forma-se a Serra da Arrábida	
			Miocénico	Iniciou-se há 23M.a	Erguem-se os Alpes	
		Paleogénico	Oligocénico	Iniciou-se há 34M.a	Surgem os primeiros cavalos (equídeos primitivos)	
			Eocénico	Iniciou-se há 56M.a	Diversificação dos mamíferos. Primeiros primatas.	
		MESOZÓICO	CRETÁCICO	Superior	Iniciou-se há 100M.a	A Bacia Lusitânica é colmatada. Forma-se a Serra de Sintra. Instala-se o Complexo Vulcânico de Lisboa. Extinção dos dinossaúros não-avianos, Rudistas, Amonites, etc...
				Inferior	Iniciou-se há 146M.a	Afastamento da Laurásia da Gondwana. Expansão das amonites. Primeiros peixes teleosteos
			JURÁSSICO	Superior	Iniciou-se há 176M.a	
				Inferior	Iniciou-se há 200M.a	
	TRIÁSSICO		Superior	Iniciou-se há 229M.a	Surgem os primeiros dinossaúros. Início da fragmentação da Pangeia	
			Médio	Iniciou-se há 245M.a		
	PALEOZÓICO		PÉRMICO	Lopingiano		Extinção em massa, cerca de 75% das espécies desapareceram (trilobites, tetracoralários, goniatites, etc)
				Guadalupiano		Primeiros répteis. As florestas imperam. Vulcanismo submarino origina o minério hoje explorado em Neves-Corvo, Aljustrel, etc...
			CARBÓNICO	Cisuraliano	Iniciou-se há 299M.a	
				Pensilvaniano	Iniciou-se há 359M.a	
		DEVÓNICO	Superior		Surgem as primeiras gimnospermas. Disseminam-se os peixes grandes. Surgem os anfíbios	
			Médio	Iniciou-se há 416M.a		
		SILÚRICO	Superior		As plantas colonizam a terra. Peixes coruaçados diversificam-se	
			Médio	Iniciou-se há 443M.a		
ORDOVÍCIO	Superior		Dominam os invertebrados marinhos, como graptólitos e braquiópodes. Surgem os nautilóides			
	Médio	Iniciou-se há 488M.a				
CÂMBRICO	Furongiano		As formas de vida diversificam-se. As trilobites são comuns			
	Médio	Iniciou-se há 542M.a				
PROTEROZÓICO	ARCAICO		Iniciou-se há 2500 M.a	Surgem os primeiros seres eucariotas ou multicelulares, (culminam na Fauna de Ediacara), a reprodução sexuada e oxigénio na atmosfera		
			Iniciou-se há ~4000 M.a	Primeiros vestígios de vida (unicelulares)		
			Iniciou-se há ~4600 M.a	Final do bombardeamento meteórico. Formação do planeta terra		

Fig.2 Tabela Tempo Geológico - Adaptada de Pais, J. 2007 (1) e de Lopes, L. 2009 (2)

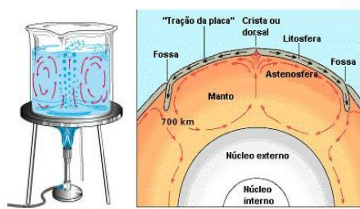


Fig.3 Convecção Fig.4 Corte ilustrativo de Correntes convectivas no manto

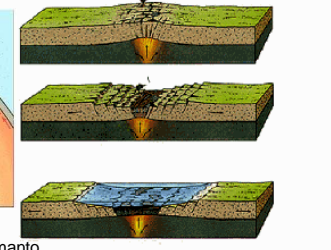


Fig.5 Ilustração - Abertura de Oceano

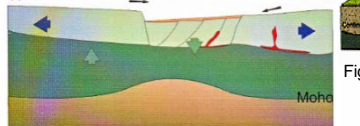


Fig.6 Corte - início abertura Atlântico Arneiro, C.M.R (2005)

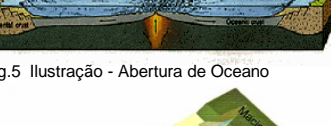


Fig.7 Corte - Bacia Lusitânica (Mesozóico) - Arneiro, C.M.R (2005)



Fig.8 Bloco diagrama - Sedimentação Bacia Lusitânica (Mesozóico) - Arneiro, C.M.R (2005)

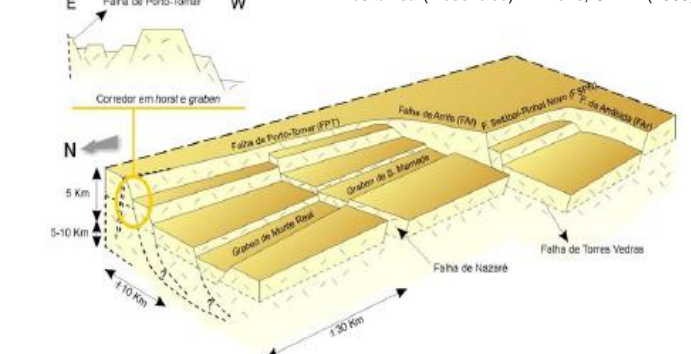


Fig.9 Modelo tridimensional do soco da Bacia Lusitânica, mostrando a interligação de falhas extensionais N-S e NE-SW e as de direcção E-W a ENE-WSW; o modelo representa esquematicamente a geometria do soco no final da evolução da Bacia (Kullberg et al., 2006)

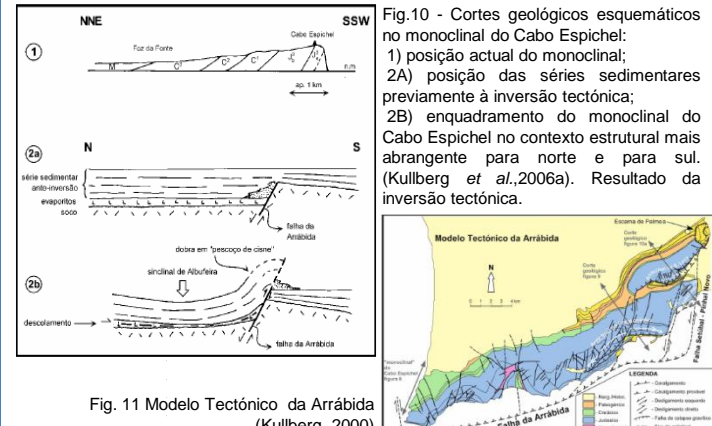
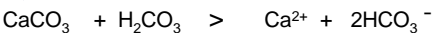


Fig. 10 - Cortes geológicos esquemáticos no monoclinial do Cabo Espichel: 1) posição actual do monoclinial; 2A) posição das séries sedimentares previamente à inversão tectónica; 2B) enquadramento do monoclinial do Cabo Espichel no contexto estrutural mais abrangente para norte e para sul. (Kullberg et al., 2006a). Resultado da inversão tectónica. Fig. 11 Modelo Tectónico da Arrábida (Kullberg, 2000)

Formação das grutas

As rochas calcárias são essencialmente constituídas por calcite (CaCO<sub>3</sub>). Este mineral é facilmente atacado pelas águas das chuvas que, ao atravessarem a atmosfera, dissolvem o anidrido carbónico (CO<sub>2</sub>) formando o ácido carbónico (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>). Este efeito, designado por corrosão, é também acentuado pela presença da matéria orgânica junto ao solo, que além de aumentar a percentagem de anidrido carbónico ainda contribui com a formação de ácidos húmicos. Os relevos formados nas regiões calcárias por estes processos designam-se "relevos cársicos", designação derivada do Kras (em esloveno, ou Carso, em italiano) uma região calcária situada na Eslovénia. À superfície (relevo exocársico) as formas mais típicas são os lapiás, as dolinas e os poljes, enquanto que as grutas são as formas endocársicas. (ver Fig. 13)

Dissolução dos calcários



Hidrogeologia da Arrábida

A Serra da Arrábida encontra-se menos recortada pela rede hidrográfica, que as restantes áreas adjacentes da península de Setúbal. A circulação superficial da água é reduzida e intermitente, sem verdadeiros cursos de água, ou apenas de natureza torrencial. A fracturação e características físicas dos calcários, favorecem a infiltração e o desenvolvimento de aquíferos cársicos, sendo os da Arrábida insuficientemente conhecidos e de difícil interpretação.

Aquíferos Cársicos

A elevada capacidade de infiltração nas regiões calcárias condiciona a disponibilidade de recursos hídricos superficiais. Recursos que se encontram sobretudo na forma de aquíferos cársicos e se revestem de vários problemas, nomeadamente uma elevada vulnerabilidade à poluição, pelo que é vital conhecê-los e protegê-los.

Os sumidouros das Terras do Risco

"As Terras do Risco constituem uma depressão quase fechada, de origem complexa, situada entre o Pincaro e a terminação ocidental do anticlinal de Formosinho (Cadeia da Arrábida). Os traçadores injectados em sumidouros que existem nas margens da depressão e escoam parte das águas das enxurradas para o endocarso foram recuperados na Lapa dos Morcegos (Fojo), situada ao nível do mar, cerca de 1km a sudeste e 170 metros abaixo, após um percurso de cerca de quatro dias. (...)" (Crispim et al, 2006)

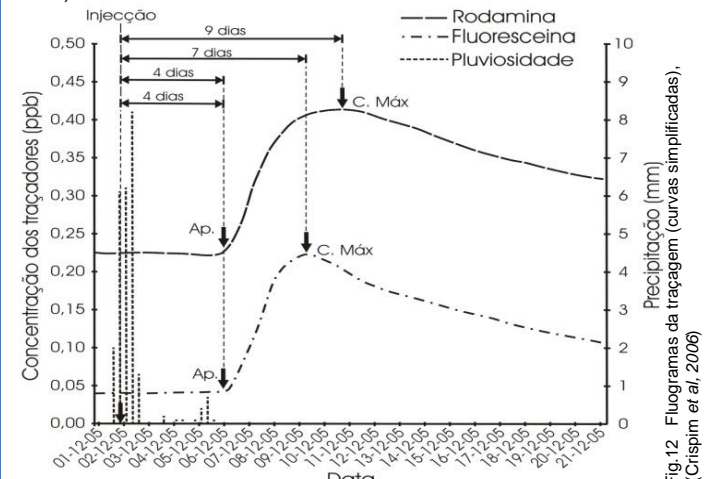


Fig.12 Fluogramas da traçagem (curvas simplificadas), (Crispim et al., 2006) ("...) A importância desta traçagem resulta do facto de pela primeira vez ter sido definida uma direcção de escoamento subterrâneo no aquífero cársico jurássico da cadeia da Arrábida. Conclui-se que, pelo menos em distâncias afastadas cerca de 1 km da costa, a circulação se dirige para sul, utilizando circuitos que apresentam mais do que uma fase de evolução durante o Quaternário. O tempo de residência da água no aquífero é superior ao avaliado para outros aquíferos cársicos do jurássico português, o que pode ser devido ao facto de se tratar de um aquífero costeiro." (Crispim et al., 2006)