

Os fósseis de Santa Maria (Açores)



Sérgio Ávila, Ana Rebelo, André Medeiros, Carlos Melo, Cidalina Gomes,
Leila Bagaço, Patrícia Madeira, Paulo Amaral Borges, Pedro Monteiro,
Ricardo Cordeiro, Ricardo Meireles & Ricardo Ramalho

1.
A jazida
da Prainha



Marine PalaeoBiogeography Working Group

www.mpb.uac.pt



Concepção e ideia original: Sérgio Ávila.

Texto: Sérgio Ávila, André Medeiros, Patrícia Madeira, Paulo Amaral Borges, Ricardo Cordeiro, Ricardo Meireles e Ricardo Ramalho.

Fotografias: Pedro Monteiro, Ricardo Cordeiro, André Medeiros, Mário Cachão e Sérgio Ávila.

Trabalho de campo: Alejandro Martinez, Ana Palmero, Ana Rebelo, Ana Santos, André Medeiros, Andreas Kroh, Anne de Vernal, António Trota, Björn Berning, Cari Zazo, Carlos Marques da Silva, Carlos Melo, Christopher Beier, Cidalina Gomes, Claude Hillaire-Marcel, Eduardo Mayoral, Fabrizio Cecca, Francisco García-Talavera, Joerg Habermann, Jordi Martinell, José Madeira, Jürgen Titschack, Kai Winkelmann, Karsten Haase, Leila Bagaço, Mário Cachão, Michael Kirby, Patrícia Madeira, Paulo Amaral Borges, Pedro Monteiro, Ricardo Cordeiro, Ricardo Meireles, Ricardo Ramalho, Rosa Domènech, Rui Quartau, Sara Silva, Sergio Raffi, Vullo Romain e Sérgio Ávila.

Apoio técnico / logístico ao trabalho de campo: António José Baptista, Armindo Maçoroco, Denise Batista, Hugo Ponte, Jaime Bairos, Joana Pombo, José Carreiro, José Luís Vasconcelos, Mafalda Moniz, Marco Cabral, Micaela Sardinha, Paulo Luís, Rita Gago da Câmara, Vítor Couto.

Maquetização: Sérgio Ávila.

Design gráfico, diagramação e ilustração: Suellen Cecílio Meireles.

Impressão: Nova Gráfica, Lda.

Editor: Victor Hugo Forjaz (OVGA).

Depósito Legal: 312833/10

ISBN: 978-989-8164-09-4

Apoios:



Universidade de Aveiro
Unidade de Investigação

geobiotec



Governo dos Açores



SECRETARIA REGIONAL DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E EQUIPAMENTOS

Os fósseis de Santa Maria (Açores)

1. A jazida da Prainha

**Sérgio Ávila, Ana Rebelo, André Medeiros, Carlos Melo,
Cidalina Gomes, Leila Bagaço, Patrícia Madeira, Paulo Amaral Borges,
Pedro Monteiro, Ricardo Cordeiro, Ricardo Meireles & Ricardo Ramalho**



2010

Prefácio

O trabalho que agora se apresenta de Sérgio Ávila e colaboradores é mais um precioso contributo para a divulgação científica que emerge de trabalho de investigação académica da Universidade dos Açores. É um trabalho que procura conciliar um rigor e uma descrição exaustiva e profusamente ilustrada dos elementos factuais paleontológicos e geológicos associados à jazida da Prainha, com uma obra apelativa e agradável de desfolhar, ler e consultar.

Este tipo de produtos académicos para a comunidade, de extensão universitária como agora se fala, é de extrema importância para a Região Autónoma dos Açores, em particular, e para Portugal, em geral, por três ordens de razões.

Em primeiro lugar porque, contrariamente aos ditados e sabedoria popular, as rochas e outros elementos do património geológico, são frágeis e efémeros. Um dos aspectos de maior fragilidade são os fósseis, propriamente ditos, o que é mais fácil de entender. Mais difícil é reconhecer que as próprias jazidas fossilíferas, fósseis e seu enquadramento geológico, o qual pode incluir filões, falhas, minerais, seixos rolados, etc., são igualmente bastante frágeis quer a acções de erosão e alteração naturais quer a acções antrópicas. Quanto às primeiras a única e melhor atitude é proceder ao seu estudo e registo documental, nomeadamente fotográfica, como generosamente se apresenta nesta obra. Quanto às segundas, o modo mais eficaz de as preservar é dar a conhecer às populações, em geral, e às autarquias e entidades de gestão do território, em particular, no sentido de prevenir o licenciamento de obras ou infra-estruturas que poderão comprometer irremediavelmente esse Património Natural. Efectivamente, numa região balnear como a da Praia Formosa, uma eventual pressão urbanística pode levar à destruição destes seus elementos patrimoniais únicos. Únicos, não só no contexto da Ilha de Santa Maria, como no contexto da Região Autónoma dos Açores, ou mesmo do Continente.

Em segundo lugar, estão em curso vários esforços no sentido de que o conjunto das nove ilhas açorianas venham a ser integradas na Rede Europeia de Geoparques e, como tal, sejam reconhecidas pela UNESCO como mais um elemento da Global Network of Geoparks. Tal galardão é consagrado pela excelência do seu Património geológico e paleontológico, o qual encontra neste livro um excelente aliado e um repositório de informação da qual se irão retirar elementos necessários à subsequente produção de textos de divulgação em língua estrangeira, fundamentalmente anglo-saxónica. Por outro lado, ficam bem expressos, os argumentos da necessidade desta jazida se converta em mais um dos magníficos e bem sucedidos exemplos de geoconservação e valorização ambiental que estão a registar-se por todo o arquipélago açoriano.

Em terceiro lugar, obras como a que agora se edita ajudam à interiorização por parte da população de Santa Maria, e por todos quantos a visitam, da singularidade geológica desta ilha e do valor científico e patrimonial que as suas unidades fossilíferas representam. Elas ilustram de modo particularmente exuberante as alterações climáticas que o nosso Planeta tem vindo a sofrer, actualmente acompanhadas com maior acuidade pela sociedade e os media. Estes afloramentos particularmente ricos em conteúdo fóssil, intercalados ou embutidos em sequências de rochas vulcânicas e sedimentares, são os únicos testemunhos que restam das comunidades bióticas que povoaram as águas superficiais e as regiões costeiras insulares do Atlântico Norte, há milhares de anos (no caso da Prainha ou Lagoinhas) ou mesmos há milhões de anos, como as jazidas do Monumento Natural Regional da Pedreira do Campo, Pedreira da Cré, “Pedra que Pica” ou Ponta da Malbusca, para citar só algumas. Todas elas são singulares excepções que complementam os registos sedimentares das bacias oceânicas envolventes, os quais têm sido, e continuarão a ser, alvo de investigação paleoceanográfica do Global Change. No entanto, estas jazidas, são os únicos testemunhos das comunidades costeiras pretéritas, com as quais é possível estabelecer comparações e mapas de distribuição biogeográfica, um dos temas fortes presentes nesta obra.

Terminava salientando que esta obra integra-se num vasto conjunto de outros trabalhos e iniciativas de divulgação e valorização do património natural, geológico e biológico, realizados por esta mesma equipa. Resulta dum esforço notável não só de investigação em áreas especializadas do conhecimento científico, mas também de gestão de recursos. Criar e financiar expedições científicas com mais de uma dezena de especialistas não só em ciência (investigadores pluridisciplinares, nacionais e internacionais) mas também em comunicação (fotógrafos, operadores de câmara), autarquias e cargos públicos de gestão do território e áreas protegidas, exige muito tempo e esforço pessoal. Que todos os envolvidos encontrem neste trabalho o merecido reconhecimento público do seu empenho.

Mário Cachão

Professor Auxiliar com Agregação
Centro e Departamento de Geologia (GEO/FCUL)
Faculdade de Ciências
Universidade de Lisboa
8 Julho 2010

Período	Época	Idade	Milhões de anos
Neogénico	Holocénico		0–0.0117
	Plistocénico	Superior	0.0117–0.126
		Ioniano	0.126–0.781
		Calabriano	0.781–1.806
		Gelasiano	1.806–2.588
	Pliocénico	Placenciano	2.588–3.600
		Zancleano	3.600–5.332
	Miocénico	Messiniano	5.332–7.246
		Tortoniano	7.246–11.608
		Serravaliano	11.608–13.65
		Langhiano	13.65–15.97
		Burdigaliano	15.97–20.43
		Aquitano	20.43–23.03

Escala de tempo geológico, referente ao Período Neogénico (Gradstein *et al.*, 2004).

Os fosséis de Santa Maria (Açores)

1. A jazida da Prainha

Localização geográfica

Localizado em pleno Oceano Atlântico, entre 37°-40°N e 25-31°W, a 1.300 km de Portugal Continental e a 1.700 km do continente Americano, o arquipélago dos Açores é formado actualmente por nove ilhas e alguns ilhéus, distribuídas por três grupos (Ocidental, Central e Oriental) ao longo de um eixo com uma extensão aproximada de 550 km e com uma orientação WNW-ESE (Forjaz, 2004). O local mais próximo é a ilha da Madeira, a cerca de 900 km a sudeste de Santa Maria (Fig. 1).

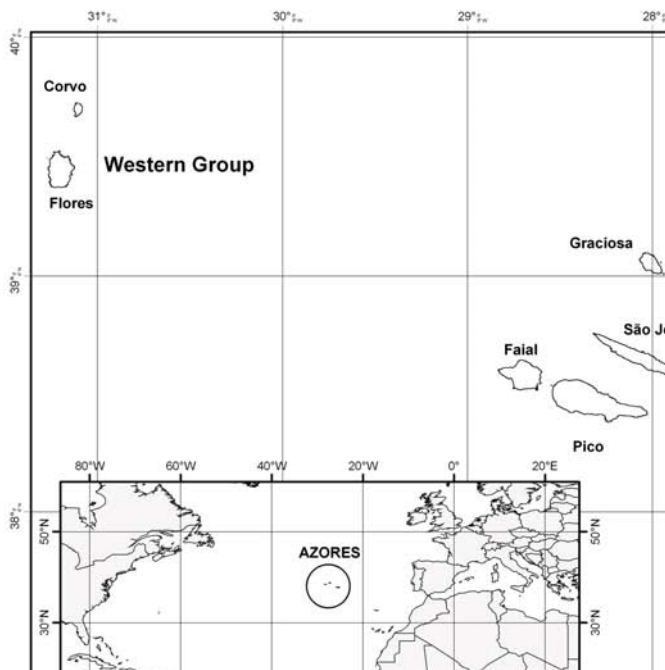


Figura 1. Mapa do arquipélago dos Açores, com a localização da ilha de Santa Maria (© Secção de Geografia, Universidade dos Açores).

A ilha de Santa Maria pertence ao grupo Oriental do arquipélago dos Açores, do qual fazem também parte a ilha de São Miguel e os ilhéus das Formigas; está localizada entre os 37°01'16" (ilhéu das Lagoinhas) e 36°55'37" (Ponta da Malbusca) de latitude norte e os 25°11'27" (Ponta do Carneirinho) e 25°00'49" (Ponta das Eirinhas) de longitude oeste (Fig. 2).

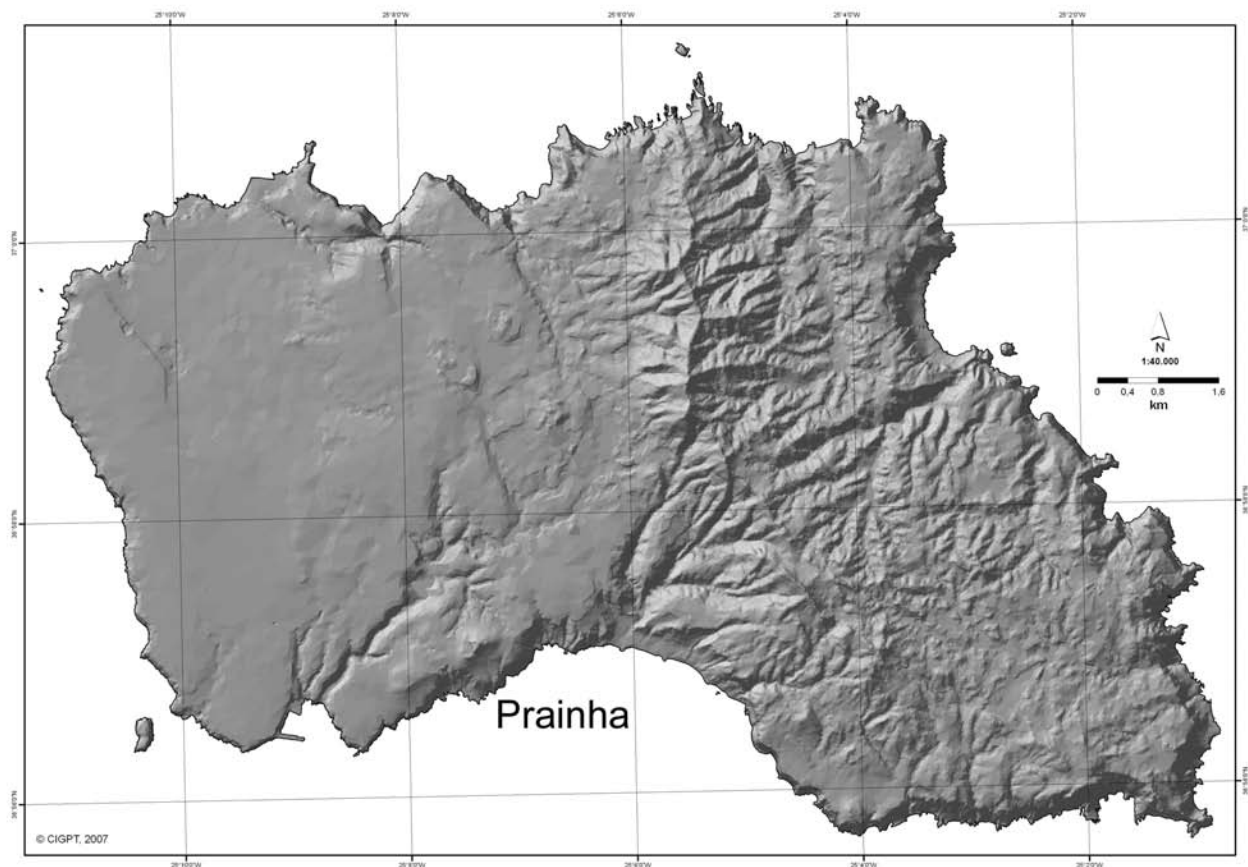


Figura 2. Mapa digital de terreno da ilha de Santa Maria. Note-se o relevo menos acentuado da metade oeste da ilha, onde se localiza a grande plataforma de abrasão marinha do aeroporto.

Breve história geológica de Santa Maria

Há cerca de 10 milhões de anos, emergiu do Oceano Atlântico uma ilha, a que actualmente damos o nome de Santa Maria. Na Tabela 1 podem ver-se as principais unidades litostratigráficas, sendo a Formação dos Cabrestantes a mais antiga (Madeira, 1986) (Tabela 1).

Tabela 1. Idade absoluta das unidades litostratigráficas de Santa Maria (Madeira, 1986).

Unidade litostratigráfica	Época	Idade absoluta (Ma)
Formação dos Cabrestantes	Miocénico	> 10 (?)
Complexo do Porto	Miocénico	> 10 (?)
Complexo dos Anjos (escoadas)	Miocénico superior	5,7 - > 8
Complexo dos Anjos (filões)	Miocénico superior	≈ 5,5
Complexo do Touril	Miocénico superior a Pliocénico inferior	4,5 - 5,5
Complexos do Facho, Pico Alto e Feteiras	Pliocénico	< 4,5

Os estudos da evolução geológica da ilha de Santa Maria evidenciam a alternância de fases de intensa actividade vulcânica com fases de estabilidade vulcânica, durante as quais os episódios de erosão terão sido importantes (Madeira, 1986; Serralheiro *et al.*, 1987; Serralheiro & Madeira, 1990; Salgueiro, 1991). Um bom resumo da evolução geológica da ilha de Santa Maria pode ser consultado em Serralheiro (2003) e em Nunes *et al.* (2007). A actividade vulcânica terá terminado em Santa Maria após os episódios explosivos da Formação das Feteiras. Durante esta última fase eruptiva, grandes quantidades de piroclastos finos (*lapilli* e cinzas vulcânicas) foram expelidos por 3 pequenos cones vulcânicos - Saramago, Trevina e Piquinhos - localizados no centro da ilha, tendo recoberto quase por completo a ilha então existente. Actualmente muito alterados, estes materiais de projecção estão transformados em campos de argilas vermelhas (Madeira, 1986), devido à oxidação dos iões de ferro num paleoclima mais quente e húmido que o actual (Serralheiro & Madeira, 1990).

Após este período, importantes oscilações relativas do nível das águas do mar produziram plataformas de abrasão marinha localizadas a várias altitudes, a maior das quais é a plataforma do aeroporto (Fig. 3), entre os 50 e os 60 m (Madeira, 1981). Outras plataformas são conhecidas aos 2-4 m, 5-10 m, 15-40 m, 50-70 m, 80-120 m e 140-160 m (Zbyszewski & Ferreira, 1962a; Madeira, 1981; Serralheiro & Madeira, 1990; Ávila, 2005a; Ávila *et al.*, 2009a).



Figura 3. Plataforma de abrasão marinha do aeroporto (em primeiro plano). Ao fundo, vê-se o relevo mais acidentado da metade oriental da ilha. (© Secção de Geografia, Universidade dos Açores). 

A existência de indícios de praias elevadas àquelas altitudes significa que Santa Maria subiu (ou está ainda em processo de soerguimento) relativamente ao actual nível das águas do mar (Serralheiro & Madeira, 1990). Outro dado que atesta o levantamento da ilha de Santa Maria é a abundante ocorrência de lavas em almofada (“*pillow-lavas*”) a diversas altitudes (Figs. 4 e 5). Como estas lavas se formam sempre debaixo de água, a sua observação por vezes a mais de 100 m de altitude implica o levantamento isostático acentuado da ilha de Santa Maria relativamente aos fundos marinhos em que assenta, uma vez que durante os últimos 5 milhões de anos o nível das águas do mar terá estado, no máximo, cerca de 50 m acima do actual (Miller *et al.*, 2005).



Figura 4. Lavas em almofada a cerca de 60-70 m de altitude, na Ponta do Castelo (seta vermelha).



Figura 5. Lavas em almofada a cerca de 5 m de altitude, na Ponta do Castelo (em cima) e a cerca de 80-90 m de altitude na Pedreira do Campo (foto central e em baixo).

Os fósseis de Santa Maria

Para além de ser a ilha mais antiga dos Açores, Santa Maria é a única ilha que possui afloramentos de rochas sedimentares contendo fósseis predominantemente marinhos, facto este que é conhecido desde o século XVI (Frutuoso, 1983).

Os estudos paleontológicos efectuados em Santa Maria abriram uma janela temporal para o passado, possibilitando uma melhor compreensão dos processos e padrões de dispersão, colonização e de formação de novas espécies (especiação) que ocorrem em ilhas oceânicas, como é o caso das ilhas dos Açores, bem como dos processos de expansão e contracção da distribuição geográfica a que as espécies estão sujeitas ao longo do tempo. De referir que, por vezes, como resultado de contracções nas suas áreas de distribuição geográfica, podem ocorrer desaparecimentos locais ou mesmo extinções de espécies. Como veremos mais à frente, ambos os fenómenos (desaparecimentos locais e extinção de espécies) já ocorreram nos Açores; assim o atesta o registo fóssil de Santa Maria.

Os fósseis marinhos de Santa Maria foram estudados por Brönn (*in* Hartung, 1860; *in* Reiss, 1862), Mayer (1864), Cotter (1888-1892), Friedlander (1929), Agostinho (1937), Berthois (1950, 1951, 1953), Ferreira (1952, 1955), Krejci-Graff *et al.* (1958), Zbyszewski *et al.* (1961) e Zbyszewski & Ferreira (1961, 1962b). A maioria destes trabalhos diz respeito a fósseis do final do Miocénico-início do Pliocénico. Mais recentes são os estudos relacionados com os fósseis pliocénicos de Santa Maria (García-Talavera, 1990; Callapez & Soares, 2000; Ávila *et al.*, 2002, 2007). Madeira *et al.* (2007) apresentam um estudo detalhado da história das investigações paleontológicas em Santa Maria.

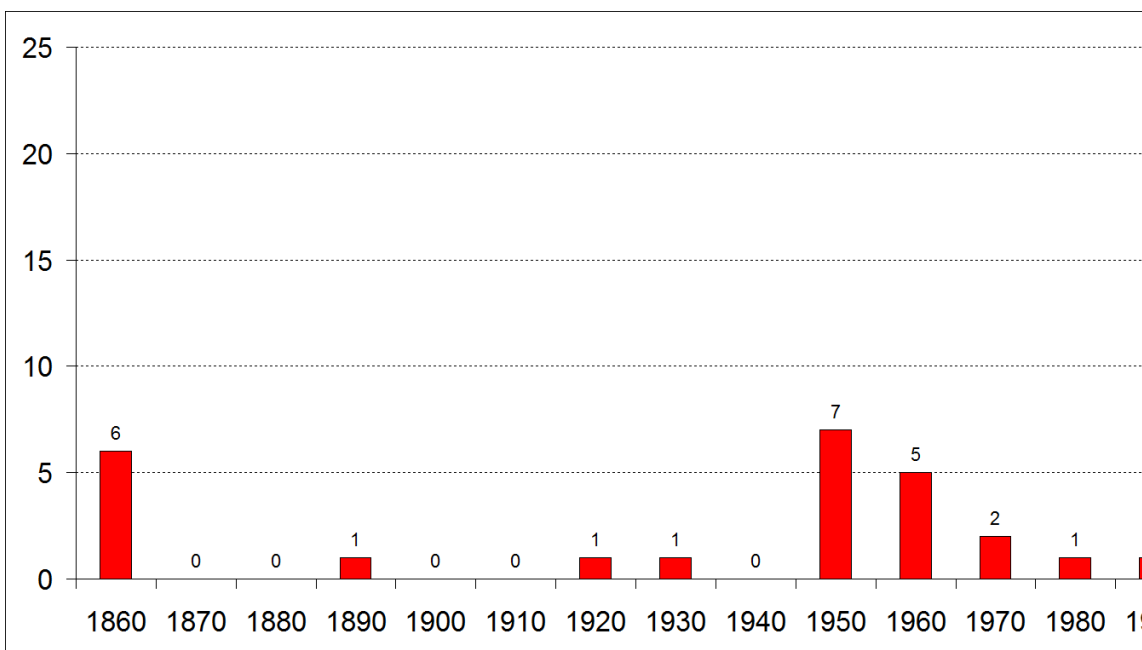


Figura 6. Número de estudos publicados em revistas nacionais e internacionais, relativos aos fósseis de Santa Maria, por década.

Os fósseis de Santa Maria adquiriram relevo internacional com o início da investigação em Paleontologia por parte de investigadores da Universidade dos Açores, em particular a partir da fundação em 2002 de um grupo de investigação com sede no Departamento de Biologia - o **MPB-Marine PalaeoBiogeography working group**. O resultado mais evidente deste esforço de investigação foi o aumento acentuado da publicação de artigos em revistas da especialidade internacionais, bem como de livros de divulgação sobre o património paleontológico de Santa Maria (Ávila *et al.*, 2002, 2007, 2008a, 2008b, 2009a, 2009b; Cachão *et al.*, 2003; Ávila, 2005a, 2005b; Ávila & Martins, 2007; Estevens & Ávila, 2007; Calado *et al.*, 2007; Kirby *et al.*, 2007; Madeira *et al.*, 2007; Janssen *et al.*, 2008; Kroh *et al.*, 2008; Ávila & Monteiro, 2009) (Fig. 6).

Neste momento, são conhecidas cerca de 15 jazidas do final do Miocénico-início do Pliocénico, com idades entre os 7-5 Ma (milhões de anos) e 4 jazidas fossilíferas pliocénicas, com idades compreendidas entre os 130-120.000 anos (Fig. 7).

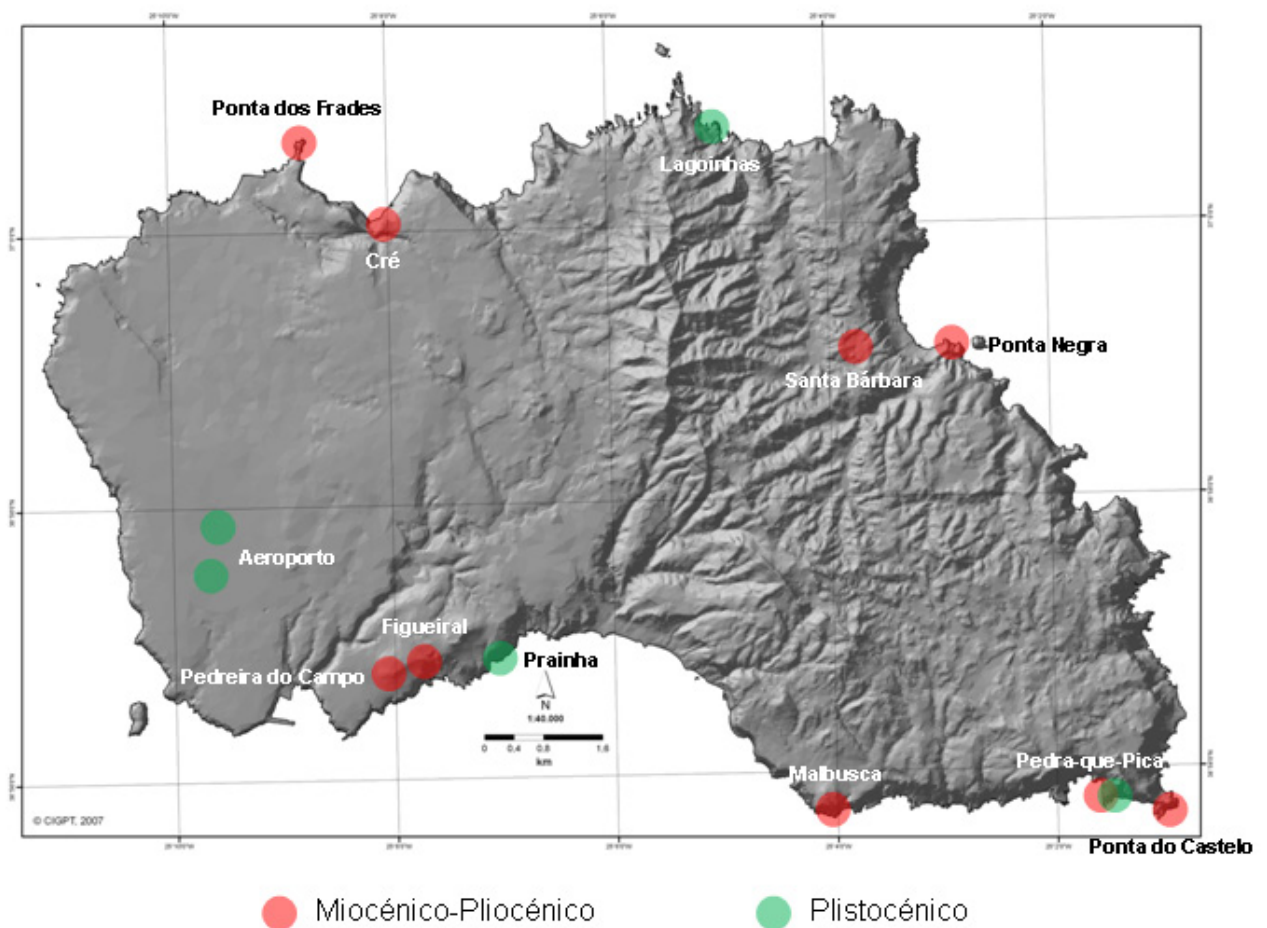


Figura 7. Nome, idade e localização das jazidas fossilíferas mais importantes de Santa Maria.





Figura 8. Depósitos fossilíferos da jazida plistocénica da Prainha (setas a amarelo), localizados entre a Praia do Calhau e a Prainha, a oeste da Praia Formosa. A seta vermelha indica depósitos miocénicos, a cerca de 70-80 m.

A jazida fossilífera da Prainha

A jazida da Prainha localiza-se perto da Praia Formosa, a cerca de 5 km a leste de Vila do Porto. Os estratos fossilíferos expostos possuem uma extensão de cerca de 800 m ao longo da costa, a uma altitude entre os 2-4 m (Fig. 8) e correspondem a depósitos costeiros não consolidados, assentes sobre uma plataforma de lavas basálticas.

A base da sequência estratigráfica contacta directamente com os basaltos ankaramíticos do Complexo dos Anjos (Serralheiro *et al.*, 1987) através de uma plataforma irregular de abrasão marinha formada durante evento(s) transgressivos(s) Plistocénicos (Fig. 9).

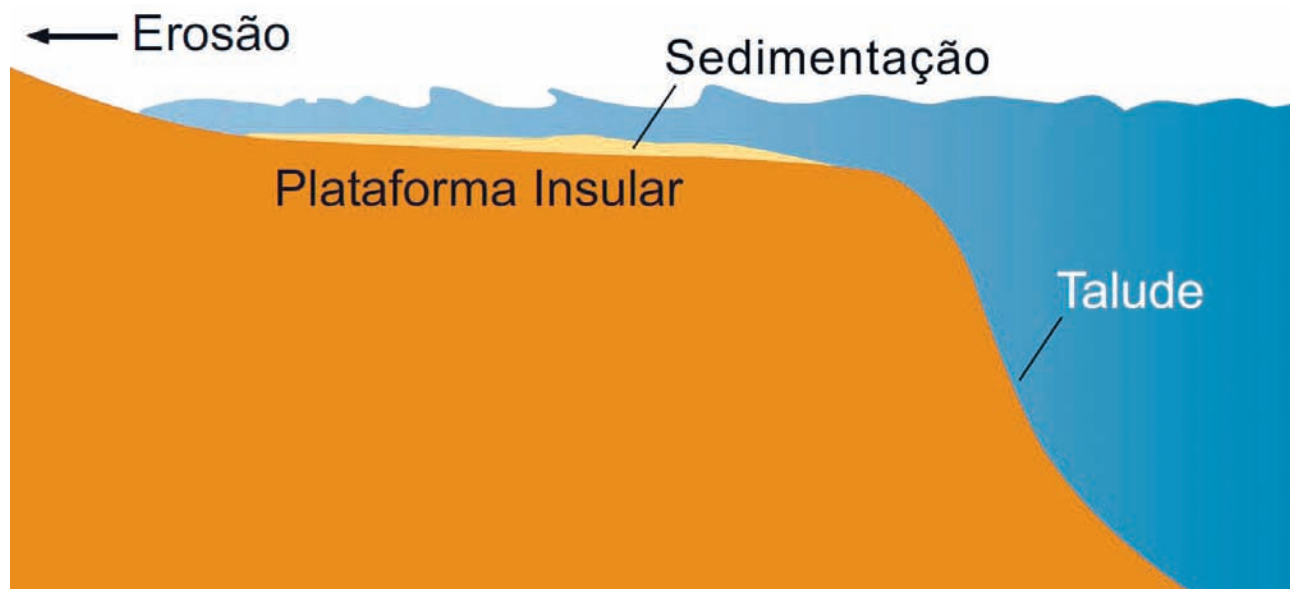


Figura 9. Durante um evento transgressivo, o nível das águas do mar sobe, aumentando a erosão na ilha e provocando deposição de sedimentos na plataforma insular.

Esta plataforma apresenta depressões circulares com $4,6 \pm 1,0$ cm de diâmetro, constituindo sinais de bioerosão provocada pelo icnogénero *Circolites* (Mikulás, 1992), presumivelmente efectuados por ouriços-do-mar epilíticos, provavelmente *Paracentrotus lividus* (Fig. 10), antes da deposição dos conglomerados e das crostas algais que formam o início da sequência fossilífera da Prainha.

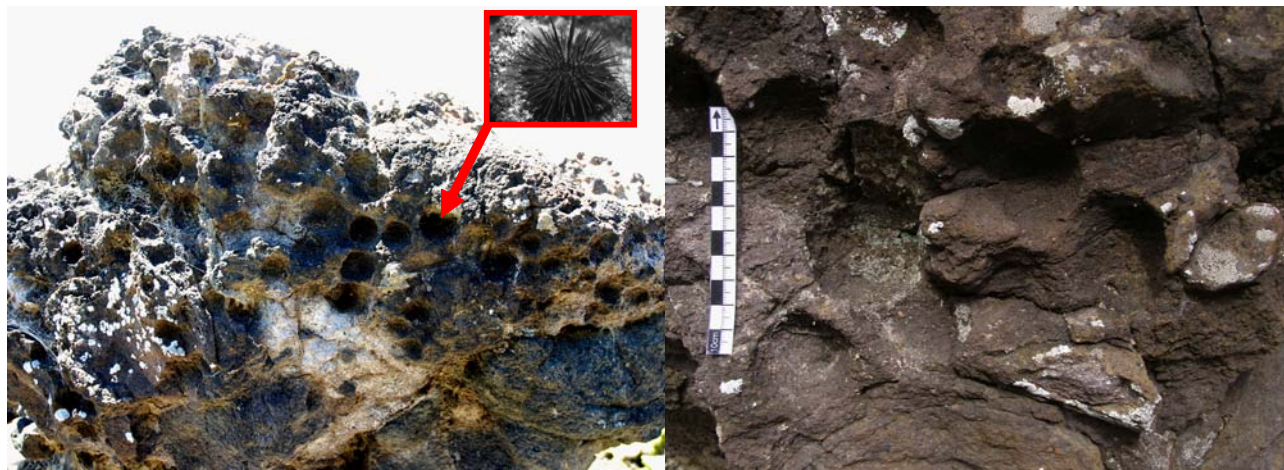
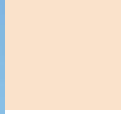


Figura 10 (em cima e na página seguinte). Bioerosão provocada por ouriços-do-mar epilíticos (imediações da Praia do Calhau).



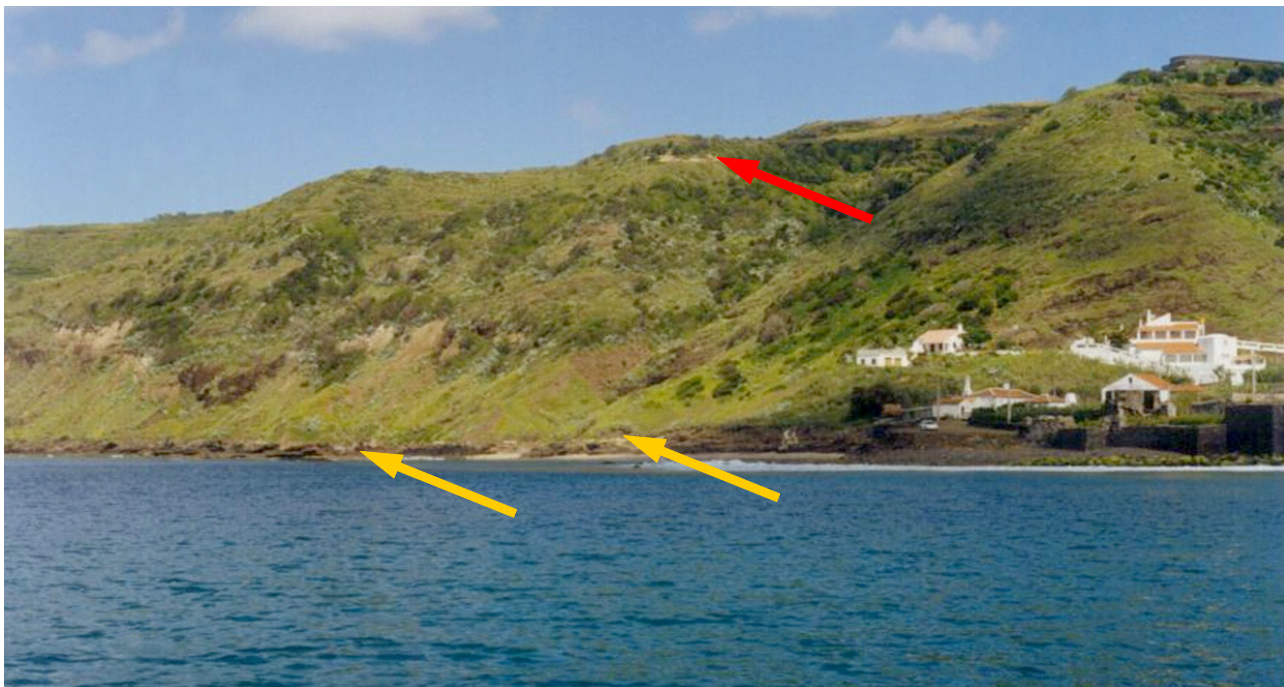


Figura 11. Início da jazida pliocénica, na zona da Praia do Calhau (setas a amarelo). Os depósitos fossilíferos miocénicos localizam-se a cerca de 70-80 m de altitude (seta vermelha).



Figura 12. Filões basálticos (setas a preto) truncados pela superfície de erosão (tracejado vermelho) contemporânea da jazida pliocénica da Prainha.

Entre a Praia do Calhau e a Prainha (Fig. 11), a plataforma é por vezes intersectada por diques ou filões basálticos, também eles cortados pela abrasão marinha (Fig. 12).

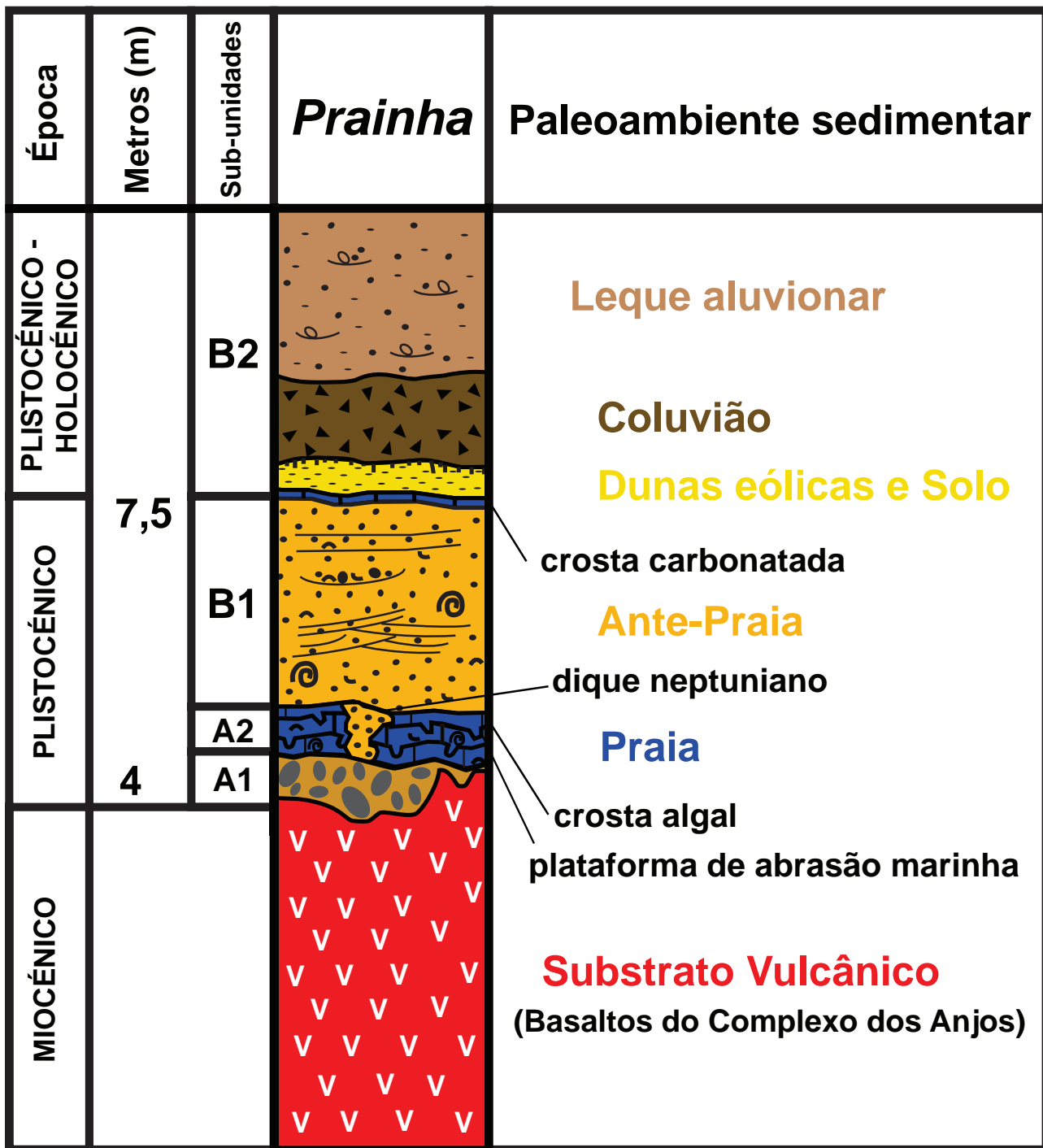


Figura 13. Coluna estratigráfica da jazida plistocénica da Prainha (extraído de Ávila *et al.*, 2009a).

Trabalhos de campo efectuados durante os workshops internacionais “*Palaeontology in Atlantic Islands*”, que decorreram em Santa Maria em Junho de 2005-2009, permitiram a elaboração de uma coluna estratigráfica representativa da jazida plistocénica da Prainha (Fig. 13).

Depositado sobre a superfície de abrasão marinha basal está um conglomerado calcário fossilífero fortemente cimentado (unidade A1) com uma espessura variável ao longo da jazida, não ultrapassando os 0,4 m. Este conglomerado, chamado de “*transgressive lag*”, foi construído aquando da subida relativa das águas do mar, sendo formado por cascalhos rolados heterométricos com dimensões inferiores a 10 cm de diâmetro, cimentados por uma matriz carbonatada com material bioclástico incorporado. As dimensões dos seixos rolados diminuem da base do conglomerado para o topo, indiciando uma diminuição do hidrodinamismo (Fig. 14).

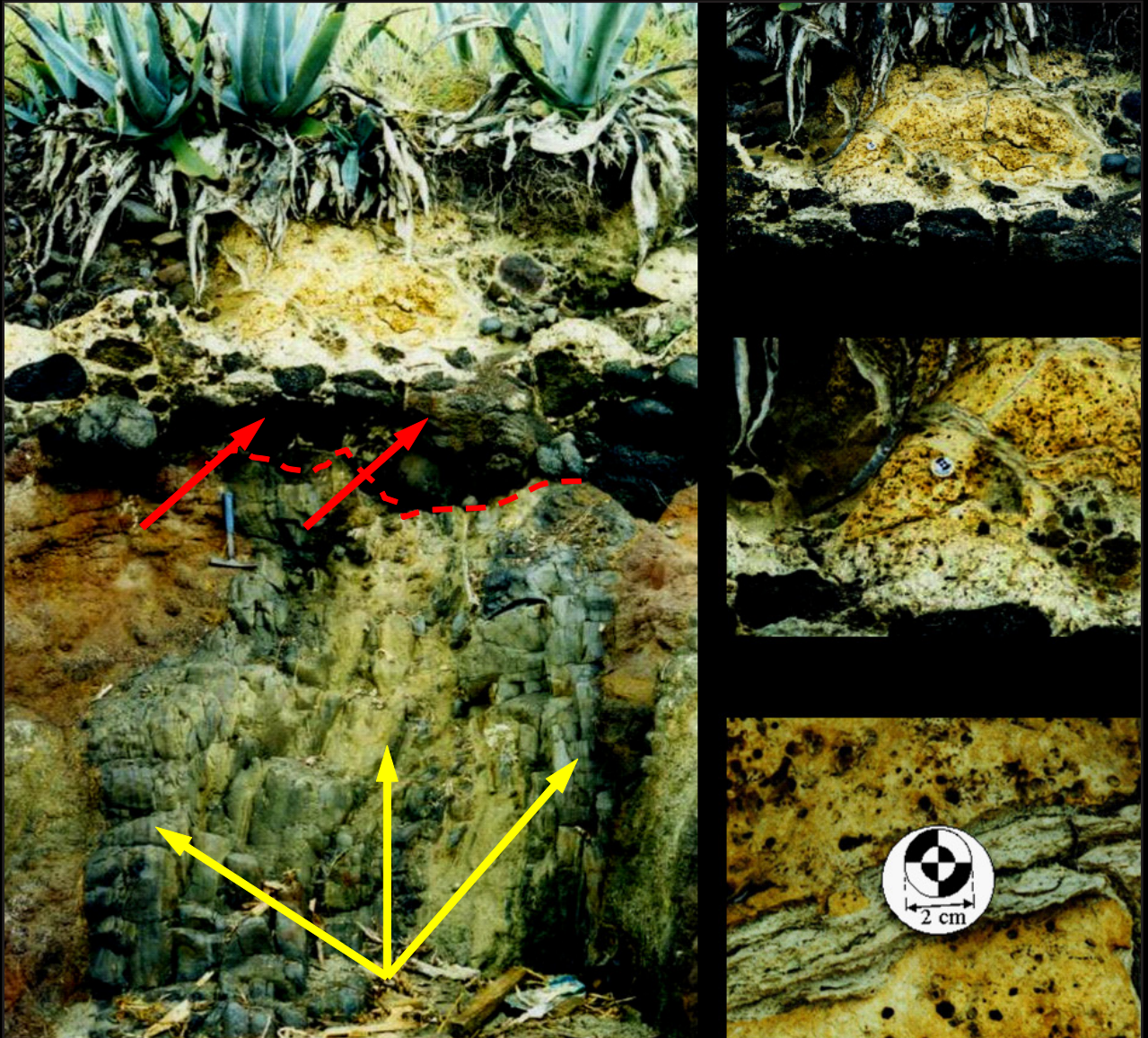


Figura 14. À esquerda: Conglomerado calcário fortemente cimentado (unidade A1; setas vermelhas) recobrindo o filão basáltico (setas amarelas). A superfície de erosão que corta o filão está indicada pelo tracejado vermelho. Por cima do conglomerado pode ver-se a crosta algal multiespecífica (unidade A2). À direita e em baixo, pormenor de um dique neptuniano preenchido por areias fossilíferas. Os pequenos orifícios que se observam foram produzidos pelos bivalves litófagos *Myoforceps aristatus*.

Recobrimo o conglomerado ou, localmente, directamente sobre a superfície basáltica, está uma crosta algal que se apresenta como uma formação encrustante, achatada dorsoventralmente com uma espessura máxima de 0,5 m (unidade A2) e com uma extensão lateral de aproximadamente 200 m (Fig. 15).



Figura 15. Crosta algal multiespecífica (unidade A2).

A crosta algal (unidade A2 – consultar Fig. 13) é formada por algas Rodófitas encrustantes não geniculadas da ordem Corallinales, fixas e não foliáceas, crescendo umas sobre as outras, quer sob a forma de pequenas ramificações, quer como camadas intimamente aderentes. Esta crosta é multiespecífica e constituída por 4 espécies: *Spongites fruticulosus* Kützing (a principal espécie construtora deste recife), *Lithophyllum incrustans* Philippi, *Neogoniolithon brassica-florida* (Harvey) Setchell & Mason e *Titanoderma pustulatum* (Lamouroux) Nägeli (Amen, 2002). Actualmente, somente a *Titanoderma pustulatum* existe nos Açores, tendo as restantes desaparecido do arquipélago.

Praticamente desde o início da formação da crosta algal, observam-se abundantes evidências de macroestruturas de bioerosão, atribuídas ao icnogénero *Gastrochaenolites* Leymarie, 1842. Os restos fossilizados dos produtores destes pequenos orifícios circulares, com quase 2 cm de comprimento, podem por vezes observar-se *in situ* no interior destas perfurações e pertencem ao bivalve endolítico *Myoforceps aristatus* (Dillwyn, 1817) (Fig. 16).



Figura 16. Crosta algal multiespecífica (unidade A2) com o bivalve *Myoforceps aristatus*.

Os sedimentos das unidades A1 e A2 correspondem a fácies que se terão depositado na antepraia (a qual engloba a zona de rebentação) e/ou na zona de surf da praia (Fig. 17).

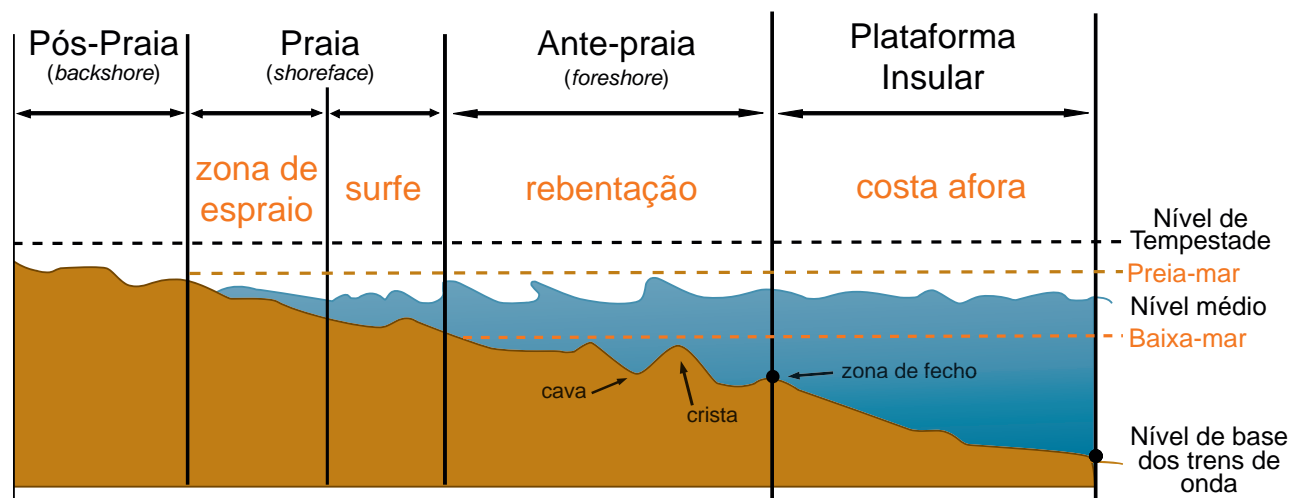


Figura 17. Terminologia do perfil de praia e da zona submersa adjacente.

A crosta algal possui fendas à superfície, bem como ao longo de toda a sua extensão vertical (Fig. 18). Estas fendas (setas vermelhas) estão preenchidas por areias da camada B1, suprajacente, e resultam de processos extensionais que fracturaram a crosta algal, após a formação desta, provavelmente como resultado de sismos. Estas fracturas, conhecidas por diques neptunianos, terão ocorrido debaixo de água e sem exposição subaérea.



Figura 18. As setas vermelhas apontam para os diques neptunianos, estruturas pós-deposicionais do tipo corte-preenchimento. Este preenchimento é principalmente constituído por arenito fino, resultante da deposição de areias da camada B1.

Recobrimo a superfície de erosão desta crosta calcária multiespecífica, está uma camada de areias bioclásticas muito pouco consolidadas (unidade B1) com uma coloração geralmente amarelada e, com excepção dos grãos de origem vulcânica, constituída essencialmente por pequenos fragmentos de conchas de moluscos, com conteúdo de carbonatos entre 56 e 67%. Esta unidade é a que maior extensão apresenta, sendo em certos locais a única presente. Nestes casos, assenta directamente sobre o basalto que forma a base do terraço marinho.

Estas areias correspondem a uma fácies de sedimentos que se terão depositado na antepraia superior (zona entre-marés), apresentando uma grande semelhança com as actuais praias da Praia do Calhau, Praia Formosa e Prainha, quer na composição mineralógica e nos tamanhos dos grãos constituintes, quer na percentagem de conteúdos carbonatados (Ávila *et al.*, 2009a). Nestes sedimentos arenosos existem bioclastos (restos de conchas de moluscos, de espinhos de equinodermes ou de algas coralinas), grãos de minerais e também fragmentos de rochas.

Uma fina crosta carbonatada de origem pedológica recobre os sedimentos bioclásticos arenosos (cf. Fig. 13). Este solo desenvolveu-se em depósitos de dunas eólicas, sendo esta crosta formada principalmente por carbonatos microcristalinos (micrito) que precipitaram juntamente com lamas e outras impurezas de reduzidas dimensões (entre 1/16 e 1/256 mm de diâmetro) (Fig. 19).

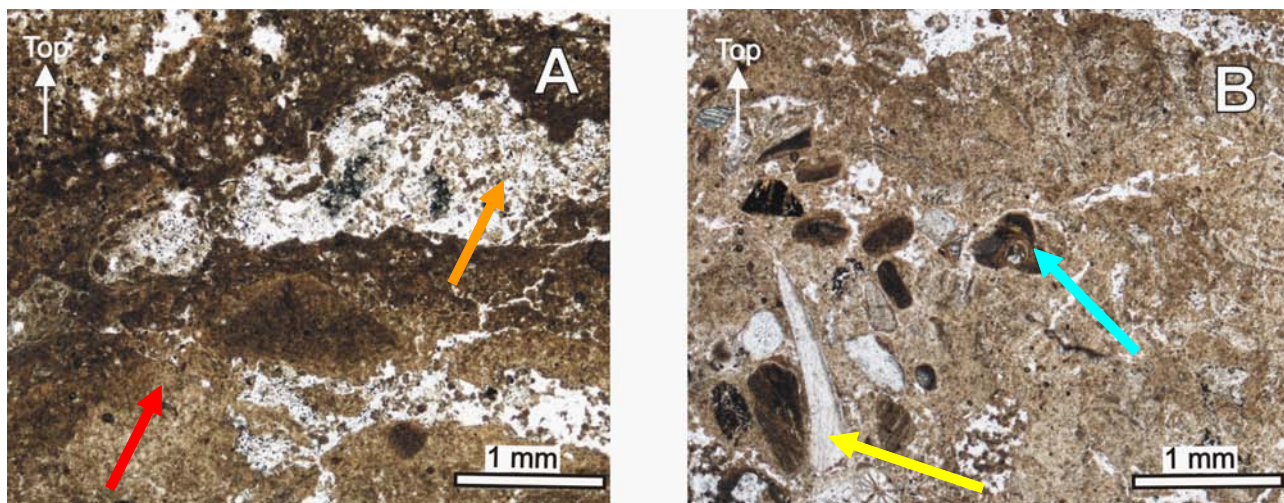


Figura 19. Microfotografias de lâminas delgadas. Amostra SM06-1 (ver Fig. 13) recolhida na zona de transição entre as camadas A2 e B1 (extraído de Ávila *et al.*, 2009a). A: a seta vermelha indica a matriz do micrito (todas as zonas a castanho); a seta a laranja indica o cimento de calcite sparítica (zonas a branco). B: litoclastos (seta azul) e bioclastos aloquímicos (seta amarela).

Recobrimo a unidade B1 estão dunas e depósitos de aluvião/coluvião (unidade B2) (cf. Fig. 13). As aluviões são depósitos fluviais detríticos de idade recente, relativamente abundantes na zona da Ribeira da Praia do Calhau, ao passo que as coluviões são depósitos de vertente, ou seja, materiais de aspecto terroso e incoerentes, localizados em vertentes de relevo mais ou menos acentuado, provenientes de deslizamentos de terra da arriba por acção da gravidade (Fig. 20).

Este afloramento apresenta características típicas de um pico eustático, começando com “*transgressive lag*” (depósitos de alta energia e de pouca profundidade, correspondentes à erosão de uma superfície rochosa), passando para depósitos de maior profundidade (A2 e depois B1), atingindo-se aqui o máximo eustático do pico referido; e passa de novo a depósitos de praia, mas subaéreos (crostas e dunas); sendo depois recoberto por depósitos de vertente/coluviais em ambiente subaéreo. A sequência atrás descrita fornece evidência sedimentar para o pico transgressivo e subsequente regressão.

Figura 20 (página seguinte). Depósitos de vertente (coluviões) na zona da Prainha. A seta a vermelho aponta para um dique basáltico; o tracejado a azul indica a unidade B1 (neste local é a única presente); o tracejado a laranja indica a coluvião.



A Fauna da Prainha

A fauna existente na jazida pliocénica da Prainha é dominada por moluscos marinhos, quer em número de espécies, quer na abundância relativa de indivíduos. Outros grupos de animais dados para este local compreendem equinodermes (ex: *Paracentrotus lividus*, *Sphaerechinus granularis* e *Arbacia lixula*), bem como várias espécies ainda não identificadas de briozoários, de foraminíferos e de ostrácodes (Figs. 21-22).

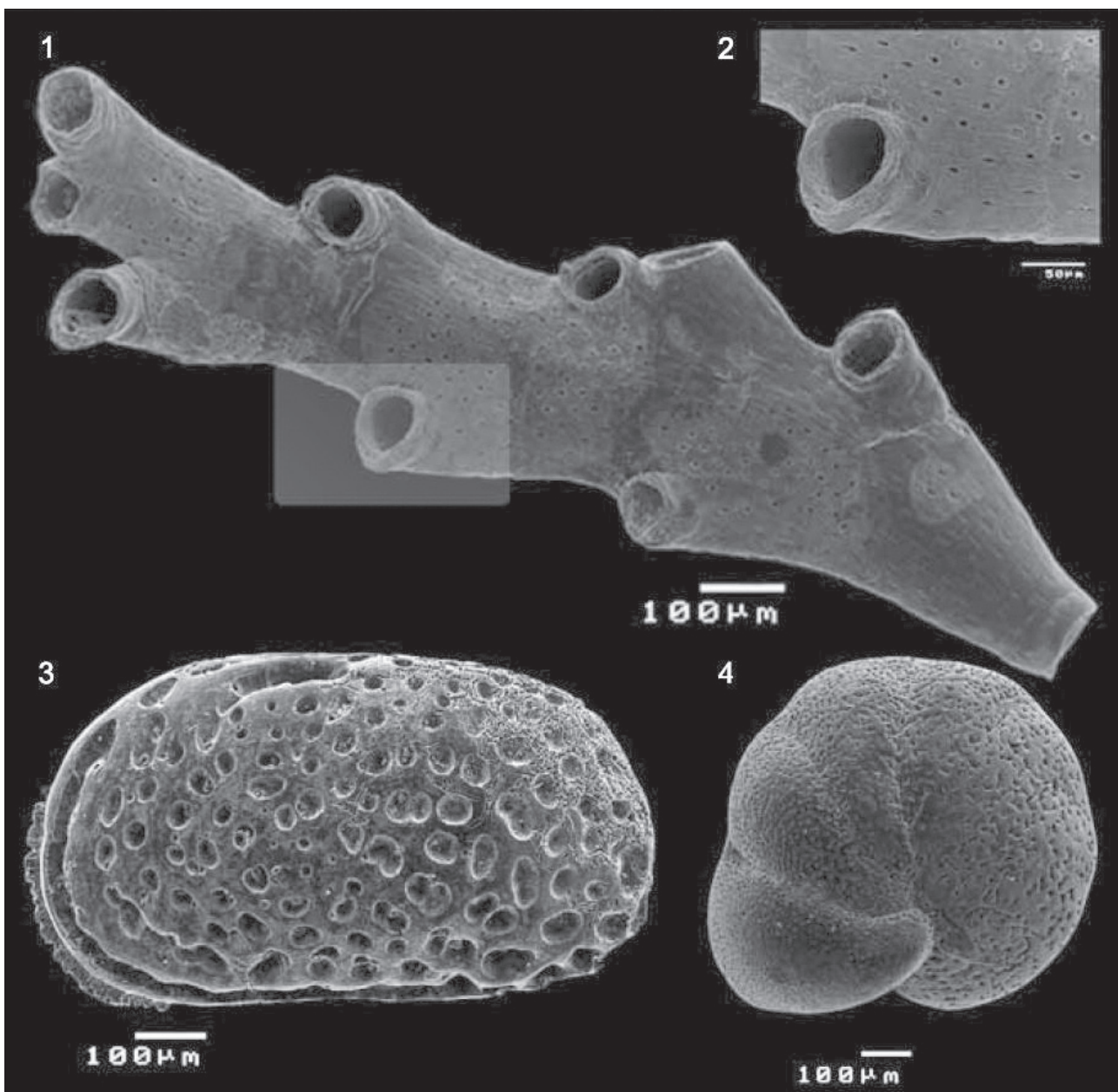


Figura 21. 1,2: Fragmento de briozoário; 2: detalhe da abertura do poro; 3: Valva esquerda de um ostrácode marinho; 4: Carapaça de foraminífero.

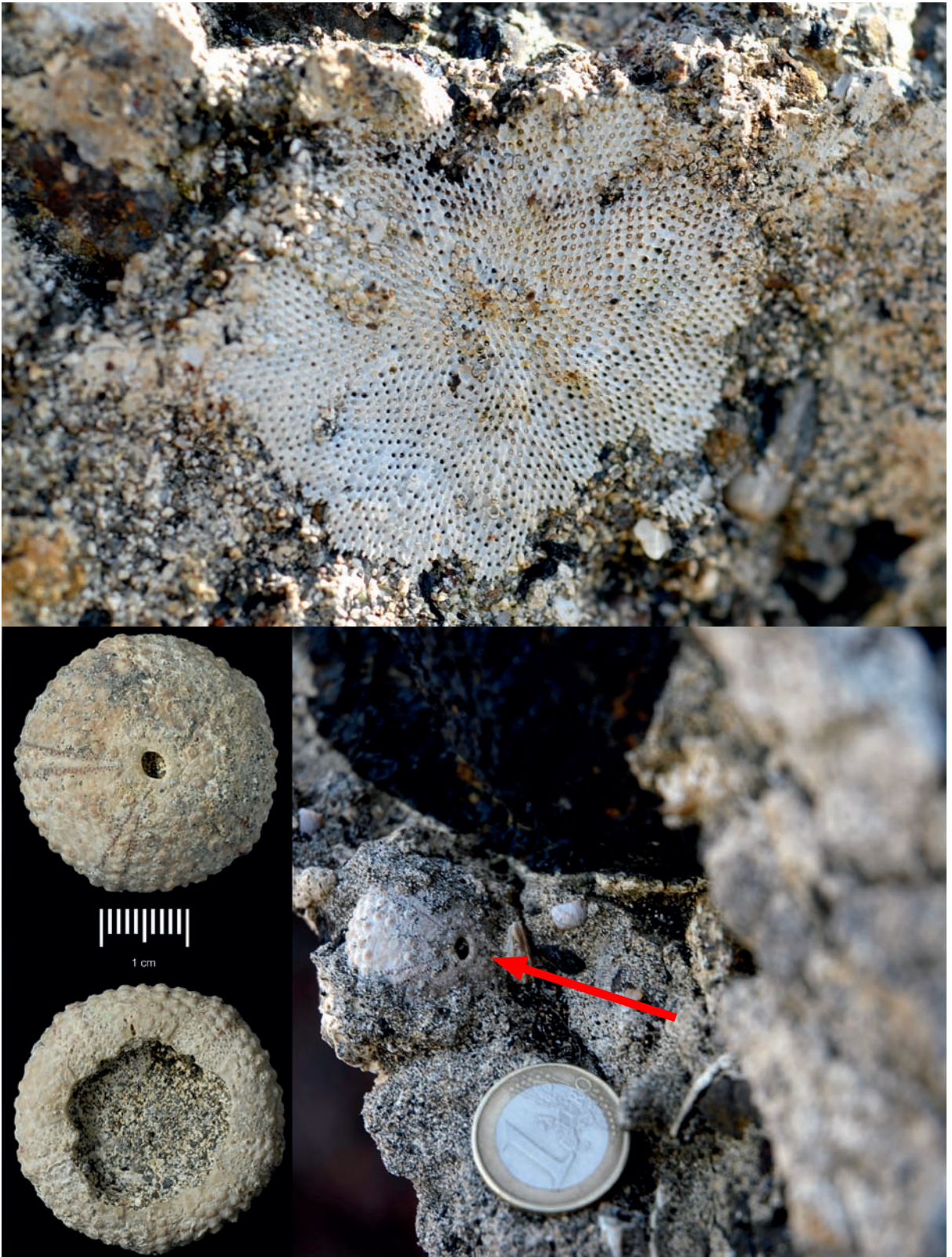


Figura 22. Em cima: briozóário da ordem Cheilostomata, animais invertebrados coloniais e exclusivamente marinhos; Em baixo: equinoderme *Arbacia lixula* (à direita, exemplar fotografado *in situ*; seta vermelha).

Os moluscos marinhos da Prainha

O número de espécies de moluscos marinhos fósseis reportados na bibliografia para o Plistocénico de Santa Maria sofreu um enorme incremento a partir de 2002, ano em que se iniciaram os workshops internacionais “*Palaeontology in Atlantic Islands*”, organizados pelo **MPB - Marine PalaeoBiogeography working group**, do Departamento de Biologia da Universidade dos Açores (Fig. 23).

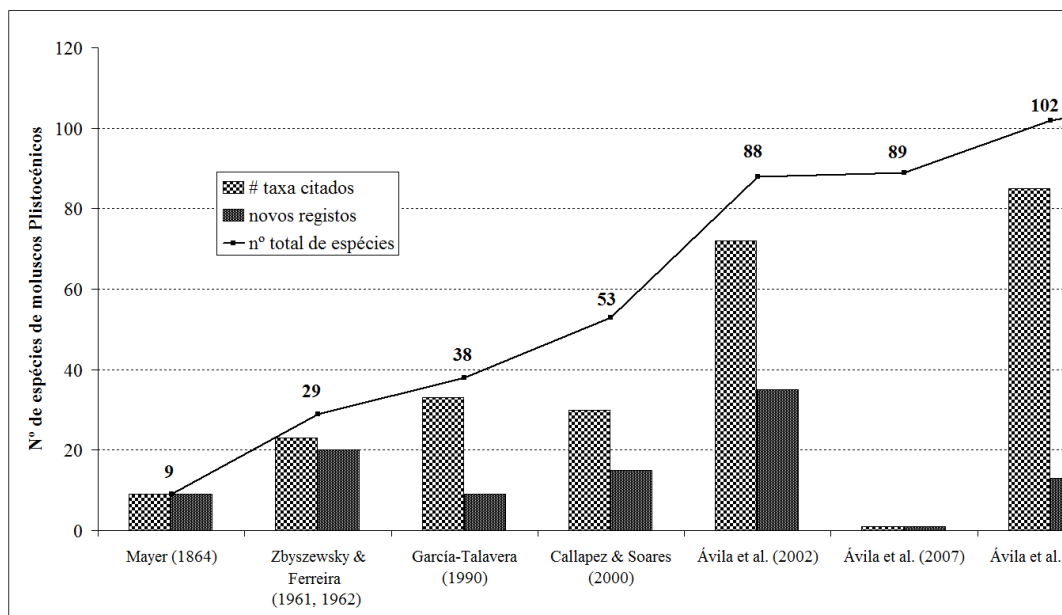


Figura 23. Evolução do número de espécies de moluscos marinhos fósseis citados para as jazidas plistocénicas de Santa Maria (Prainha e Lagoinhas).

Neste trabalho, aumentamos o número de moluscos marinhos Plistocénicos em 6, perfazendo na presente data (Junho de 2010) um total de 108 taxa (cf. Tabela 2). Na sua grande maioria, estas espécies existem actualmente nos ecossistemas litorais das ilhas dos Açores, com excepção de vários organismos termófilos, isto é, animais típicos de águas quentes, de que são exemplo várias espécies de *Conus*, o *Polynices lacteus* e a *Trachypolia nodulosa*, os quais terão desaparecido localmente durante o decurso da última glaciação. Para além das espécies termófilas, uma série de espécies de bivalves litorais associados a substratos arenosos desapareceu também dos Açores (Ávila *et al.*, 2008b).

A espécie de molusco marinho mais abundante é o bivalve endobentónico *Ervilia castanea*, em especial na unidade B1 (as areias fossilíferas). Seguem-se, em termos de importância, os gastrópodes *Bittium latreillii*, *Alvania mediolittoralis* e *Rissoa guernei*. Menos comuns, são a *Alvania sleursi*, *Melarhappe neritoides*, *Cingula trifasciata*, *Manzonina unifasciata* e *Anachis avaroides* (cf. Figs. 24-39).

Cerca de 50% das espécies fósseis de gastrópodes eram herbívoros, 25% carnívoros e menos de 10% eram detritívoros ou parasitas. Na sua maioria, as espécies fósseis encontradas habitavam preferencialmente substrato rochoso e/ou algas recobrando substrato rochoso (Ávila *et al.*, 2009a).

Tabela 2. Moluscos Plistocénicos de Santa Maria, recolhidos nas jazidas da Prinha e das Lagoinhas. PLE-AZO: moluscos existentes no Plistocénico dos Açores. Recent-AZO: moluscos existentes actualmente nos Açores. end: endémico dos Açores. des loc: espécies que desapareceram localmente (actualmente não existem nos Açores). np: desenvolvimento não-planctotrófico. p: desenvolvimento planctotrófico.

Species	PLE-AZO	Recent-AZO	Status	dev
<i>Patella aspera</i>	1	1		p
<i>Patella candei</i>	1	1		p
<i>Sinezona cingulata</i>	1	1		p
<i>Haliotis tuberculata coccinea</i>	1	1		p
<i>Calliostoma lividum</i>	1	1	end	np
<i>Gibbula delgadensis</i>	1	1	end	np
<i>Gibbula magus</i>	1	1		np
<i>Jujubinus pseudogravinae</i>	1	1	end	np
<i>Tricolia pullus azorica</i>	1	1	end	np
<i>Bittium latreüllii</i>	1	1		p
<i>Fossarus ambiguus</i>	1	1		p
<i>Monophorus perversus</i>	1	1		p
<i>Cerithiopsis</i> sp.	1	1		p
<i>Cerithiopsis</i> cf. <i>minima</i>	1	1		p
<i>Seila trilineata</i>	1		des loc	
<i>Epitonium</i> sp.	1		des loc	p
<i>Vitreolina philippi</i>	1	1		p
<i>Melarhappe neritoides</i>	1	1		p
<i>Littorina saxatilis</i>	1	1		np
<i>Littorina striata</i>	1	1		p
<i>Skeneopsis planorbis</i>	1	1		np
<i>Alvania angioyi</i>	1	1	end	np
<i>Alvania abstersa</i>	1	1	end	np
<i>Alvania cancellata</i>	1	1		p
<i>Alvania cimicoides</i>	1	1		p
<i>Alvania formicarum</i>	1	1	end	np
<i>Alvania mediolittoralis</i>	1	1		np
<i>Alvania poucheti</i>	1	1	end	np
<i>Alvania sleursi</i>	1	1		np
<i>Alvania tarsodes</i>	1	1	end	np
<i>Cingula trifasciata</i>	1	1		np
<i>Crisilla postrema</i>	1	1		np
<i>Manzonia unifasciata</i>	1	1	end	np
<i>Pusillina inconspicua</i>	1	1		p
<i>Rissoa guernei</i>	1	1	end	np
<i>Setia</i> sp.	1	1	end	np
<i>Setia subvaricosa</i>	1	1	end	np
<i>Zebina vitrea</i>	1		des loc	p
<i>Paludinella littorina</i>	1	1		

Tabela 2 (cont.). Moluscos Plistocénicos de Santa Maria, recolhidos nas jazidas da Prainha e das Lagoinhas. PLE-AZO: moluscos existentes no Plistocénio dos Açores. Recent-AZO: moluscos existentes actualmente nos Açores. end: endémico dos Açores. des loc: espécies que desapareceram localmente (actualmente não existem nos Açores). np: desenvolvimento não-planctotrófico. p: desenvolvimento planctotrófico.

Species	PLE-AZO	Recent-AZO	Status	dev
<i>Caecum cf. armoricum</i>	1	1		p
<i>Thylaeodus cf. rugulosus</i>	1	1		
<i>Vermetus triquetrus</i>	1	1		
<i>Lamellaria latens</i>	1	1		p
<i>Trivia pulex</i>	1	1		p
<i>Zonaria pyrum</i>	1		des loc	
<i>Zonaria picta</i>	1		des loc	
<i>Natica prietoi</i>	1	1		
<i>Polynices lacteus</i>	1		des loc	p
<i>Phalium granulatum</i>	1	1		p
<i>Charonia lampas</i>	1	1		p
<i>Charonia variegata</i>	1	1		p
<i>Cymatium cutaceum</i>	1	1		p
<i>Bursa scrobiculata</i>	1	1		p
<i>Trachypolia nodulosa</i>	1		des loc	p
<i>Ocenebra cf. chavesi</i>	1	1		
<i>Ocenebrina aciculata</i>	1	1		np
<i>Stramonita haemastoma haemastoma</i>	1	1		p
<i>Coralliophila meyendorffi</i>	1	1		p
<i>Cantharus variegatus</i>	1		des loc	p
<i>Nassarius incrassatus</i>	1	1		p
<i>Columbella adansoni</i>	1	1		p
<i>Mitrella broderipi</i>	1	1		
<i>Gibberula sp.</i>	1	1		np
<i>Mitra cornea</i>	1	1		p
<i>Haedropleura septangularis</i>	1	1		np
<i>Anachis avaroides</i>	1	1		np
<i>Bela nebula</i>	1	1		p
<i>Conus ambiguus</i>	1		des loc	np
<i>Conus cf. ermineus</i>	1		des loc	p
<i>Conus cf. miruchae</i>	1		des loc	np
<i>Conus cf. roeckeli</i>	1		des loc	np
<i>Conus ventricosus</i>	1		des loc	
<i>Conus venulatus</i>	1		des loc	
<i>Mangelia costata</i>	1		?	
<i>Mangelia sp.</i>	1	1		
<i>Mitromorpha azorensis</i>	1	1	end	np
<i>Philippia hybrida</i>	1	1		p
<i>Odostomella doliohum</i>	1	1		

Tabela 2 (cont.). Moluscos Plistocénicos de Santa Maria, recolhidos nas jazidas da Prainha e das Lagoinhas. PLE-AZO: moluscos existentes no Plistocénio dos Açores. Recent-AZO: moluscos existentes actualmente nos Açores. end: endémico dos Açores. des loc: espécies que desapareceram localmente (actualmente não existem nos Açores). np: desenvolvimento não-planctotrófico. p: desenvolvimento planctotrófico.

* - novos registos.

Species	PLE-AZO	Recent-AZO	Status	dev
<i>Odostomia bernardi</i>	1	1	end	
<i>Odostomia duureni</i>	1	1	end	
<i>Odostomia cf. kuiperi</i>	1	1	end	
<i>Odostomia cf. unidentata</i>	1	1		p
<i>Cylichnina sp.</i>	1	1		
<i>Retusa truncatula</i>	1	1		p
<i>Bulla amygdala (= B. mabillei)</i>	1		des loc	p
<i>Myosotella myosotis</i>	1	1		
<i>Pedipes pedipes</i>	1	1		
<i>Myoforceps aristatus</i>	1		des loc	
<i>Pinna rudis</i>	1	1		
<i>Nodipecten corallinoides</i>	1	1		
<i>Crassadoma multistriata</i>	1	1		
<i>Crassadoma pusio</i>	1	1		
<i>Lima cf. lima</i>	1	1		
<i>Neopycnodonta cf. cochlear</i>	1	1		
<i>Lucinella divaricata</i>	1		des loc	
<i>Cardita calyculata</i>	1	1		
<i>Laevicardium crassum</i>	1		des loc	
<i>Parvicardium vroomi</i>	1	1		
<i>Papillicardium papillosum</i>	1	1		
<i>Ensis minor</i>	1		des loc	
<i>Tellina incarnata</i>	1	1		
<i>Ervilia castanea</i>	1	1		
<i>Gibbula umbilicalis</i> *	1		des loc	np
<i>Merelina tessellata</i> *	1		des loc	
<i>Euspira guillemini</i> *	1		des loc	
<i>Arca tetragona</i> *	1	1		
<i>Striarca lactea</i> *	1	1	des loc	
<i>Luria lurida</i> *	1	1		p
TOTAL	108	85		

Dos 108 taxa de moluscos Plistocénicos, 91 são gastrópodes e 17 são bivalves. Dos 91 gastrópodes, 40 possuem desenvolvimento planctotrófico (p), 29 são não-planctotróficos (np) e não é conhecido o tipo de desenvolvimento embrionário de 22 taxa. Um total de 23 taxa desapareceram localmente dos Açores durante a última glaciação. Deste grupo de 23 espécies, 14 eram termófilas e 7 estão associadas a substrato arenoso (uma destas, a *Bulla amygdala*, está reportada na bibliografia para pradarias de *Posidonia*, uma planta Angiospérmica marinha, que actualmente não existe nos Açores).

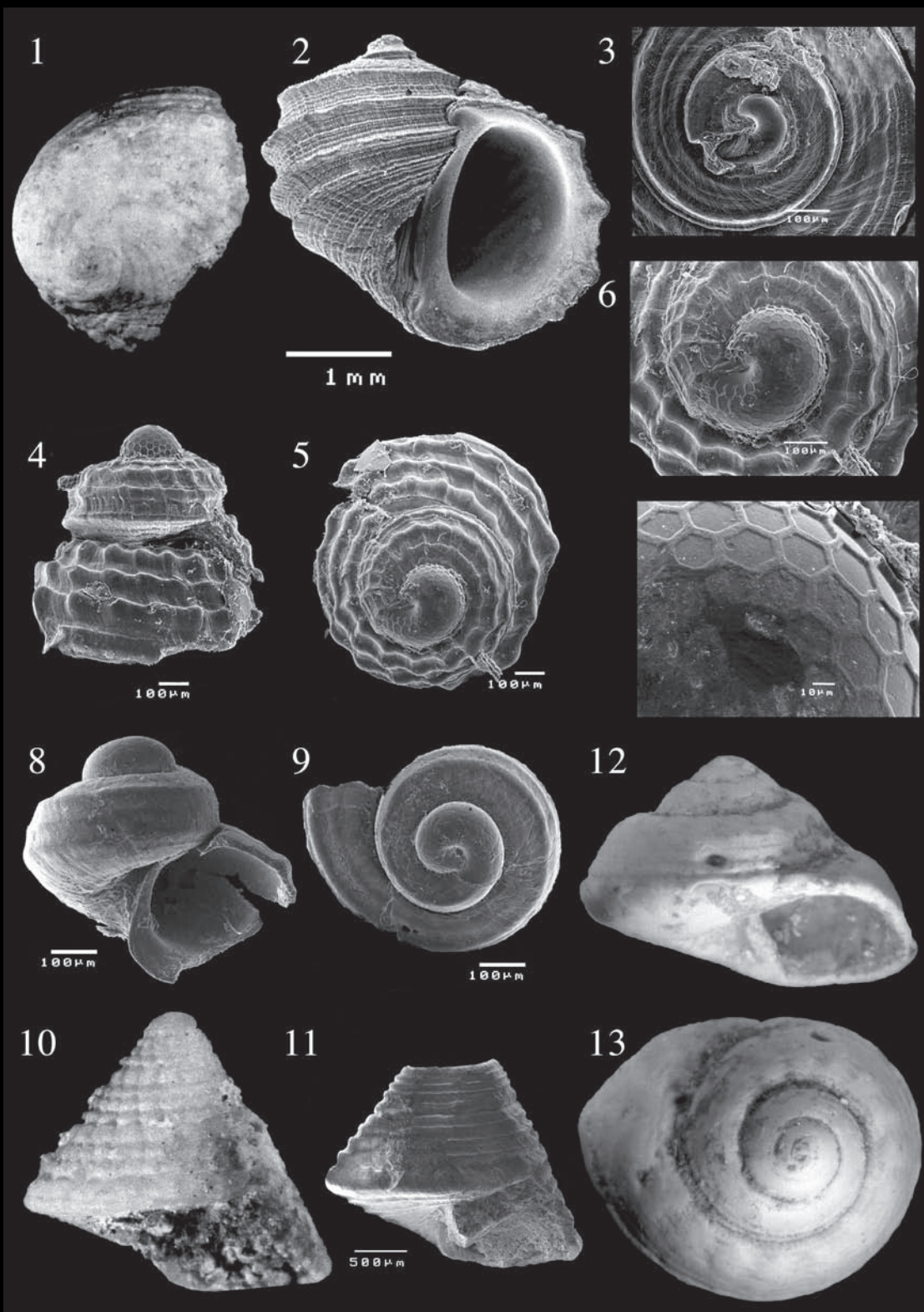


Figura 24. **1:** *Haliotis tuberculata* DBUA-F 81 Rolo 44 neg 27 (vista dorsal); **2,3:** *Fossarus ambiguus*. 2-DBUA-F 48 Sup 79-1 Rolo 27 neg 27A (vista apertural); 3-DBUA-F 48 Sup 79-1 Rolo 27 neg 28A (transição protoconcha-teleoconcha, vista apical); **4-7:** *Calliostoma lividum*. 4-DBUA-F 87 Sup 132-6 Rolo 49 neg 22 (vista axial da teleoconcha e protoconcha); 5-DBUA-F 87 Sup 132-6 Rolo 49 neg 17 (vista apical da teleoconcha e protoconcha); 6-DBUA-F 87 Sup 132-6 Rolo 49 neg 15 (detalhe da microescultura, transição protoconcha-teleoconcha, vista apical); 7-DBUA-F 87 Sup 132-6 Rolo 49 neg 16 (detalhe da microescultura da protoconcha, vista apical); **8,9:** *Gibbula delgadensis*. 8-DBUA-F 45 Sup 85-2 Rolo 32 neg 24 (vista apertural); 9-DBUA-F 45 Sup 85-2 Rolo 32 neg 25 (vista apical); **10,11:** *Jujubinus pseudogravinae*. 10-DBUA-F 65 Rolo 44 neg 32 (vista apertural); 11-DBUA-F 2 Sup 112-2 Rolo 43 neg 22 (vista apertural); **12,13:** *Gibbula magus*. 12-DBUA-F 91 Rolo 41 neg 16 (vista apertural); 13-DBUA-F 91 Rolo 41 neg 15 (vista apical).

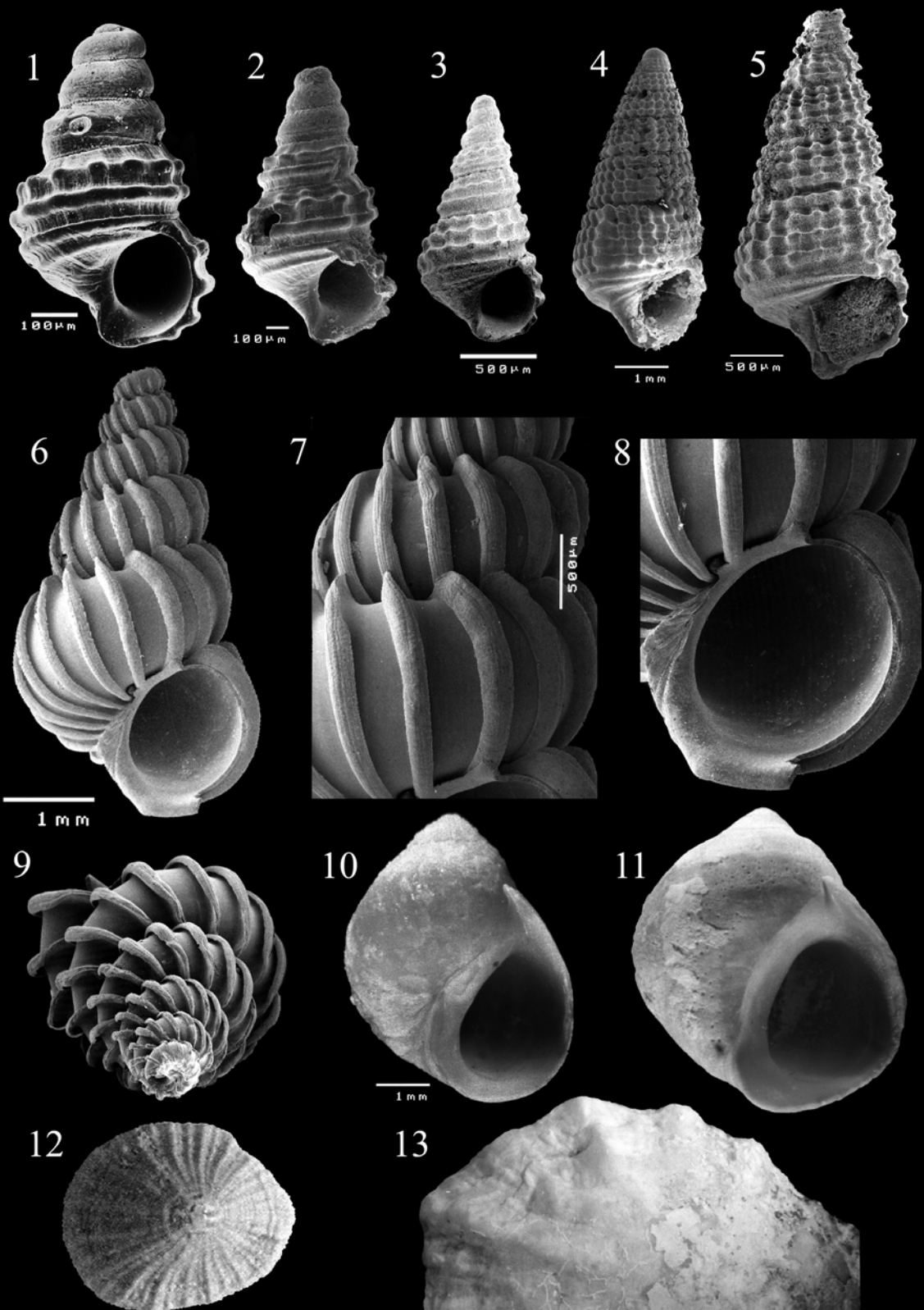


Figura 25. 1-5: *Bittium latreillii*. 1-DBUA-F 137 Sup 151-1 Rolo 51 neg 12 (exemplar juvenil, vista apertural); 2-DBUA-F 45 Sup 85-4 Rolo 32 neg 27 (exemplar juvenil, vista apertural); 3-DBUA-F 44 Sup 81-3 Rolo 27 neg 25A (vista apertural); 4-DBUA-F 45 Sup 84-1 Rolo 30 neg 33A (vista apertural); 5-DBUA-F 2 Sup 113-2 Rolo 43 neg 26 (vista apertural); 6-9: *Epitonium* sp. 6-DBUA-F 19 Sup 83-2 Rolo 30 neg 28A (vista apertural); 7-DBUA-F 19 Sup 83-2 Rolo 30 neg 29A (detalhe das costelas, vista axial); 8-DBUA-F 19 Sup 83-2 Rolo 30 neg 30A (detalhe da abertura da concha); 9-DBUA-F 19 Sup 83-2 Rolo 30 neg 31A (vista apical); 10: *Melarhaphé neritoides* DBUA-F 88 Sup 117-2 Rolo 33 neg 0A (vista apertural); 11: *Littorina striata* DBUA-F 84 Sup 116-1 Rolo 33 neg 00A (vista apertural); 12: *Patella candei* DBUA-F Rolo 42 neg 4 (vista dorsal); 13: *Patella aspera* DBUA-F Rolo 36 neg 19 (vista dorsal).

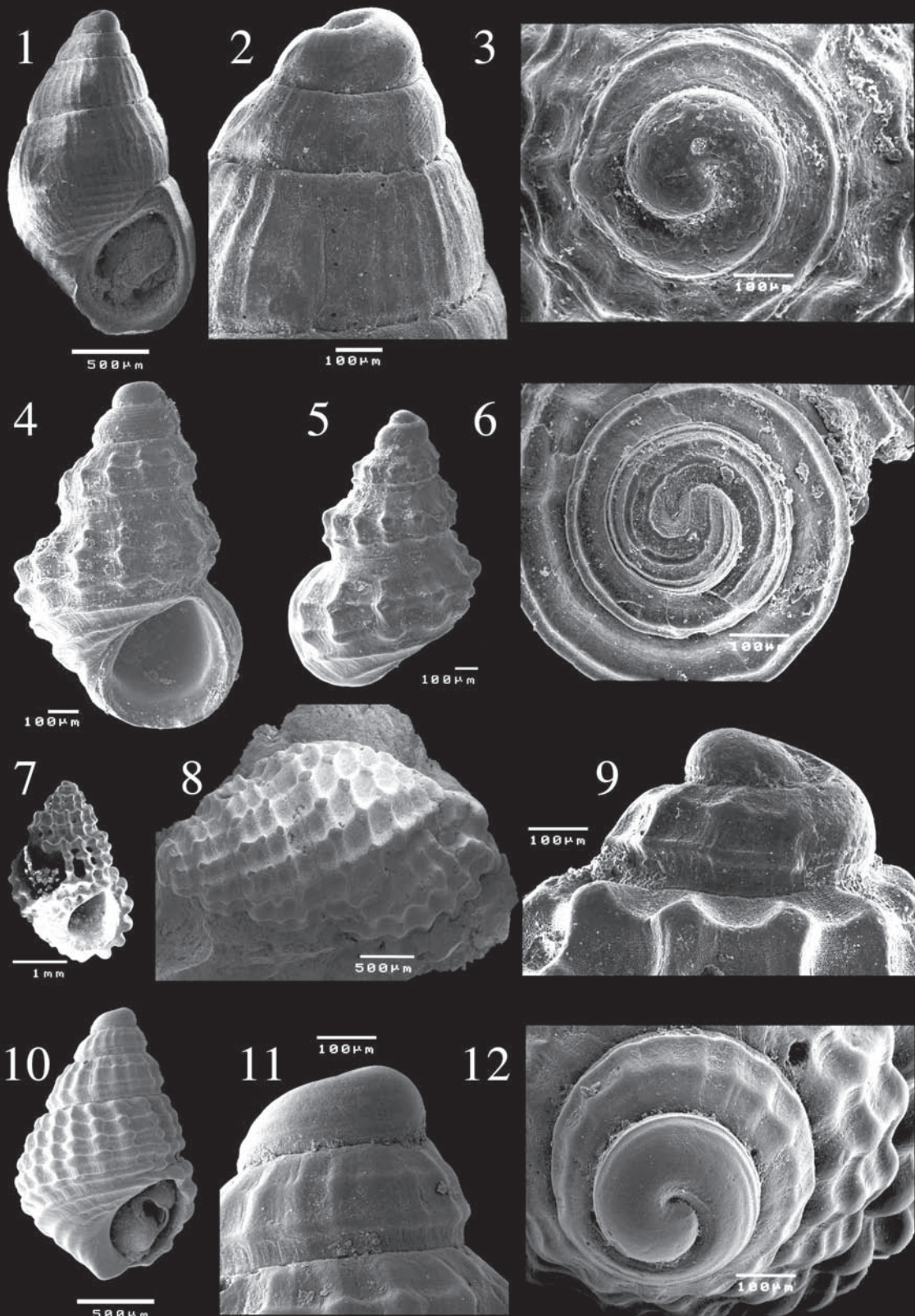


Figura 26. 1-3: *Alvania abstersa*. 1-DBUA-F 149 Sup 170-4 Rolo 66 neg 18 (vista apertural); 2-DBUA-F 149 Sup 170-4 Rolo 66 neg 21 (protoconcha lateral); 3-DBUA-F 149 Sup 170-4 Rolo 66 neg 25 (protoconcha frontal); 4-6: *Alvania angioyi*. 4-DBUA-F 87 Sup 132-5 Rolo 49 neg 21 (vista apertural); 5-DBUA-F 87 Sup 133-3 Rolo 47 neg 26; 6-DBUA-F 134 Sup 153-6 Rolo 54 neg 28 (protoconcha frontal); 7-9: *Alvania cancellata*. 7-DBUA-F 144 Sup 168-3 Rolo 62 neg 16 (vista apertural); 8-DBUA-F 2 Sup 112-1 Rolo 43 neg 21; 9-DBUA-F 144 Sup 168-3 Rolo 62 neg 17 (protoconcha lateral); 10-12: *Alvania formicarum*. 10-DBUA-F 2 Sup 102-1 Rolo 38 neg 30 (vista apertural); 11-DBUA-F 2 Sup 102-1 Rolo 38 neg 31 (protoconcha lateral); 12-DBUA-F 2 Sup 102-1 Rolo 38 neg 34 (protoconcha frontal).

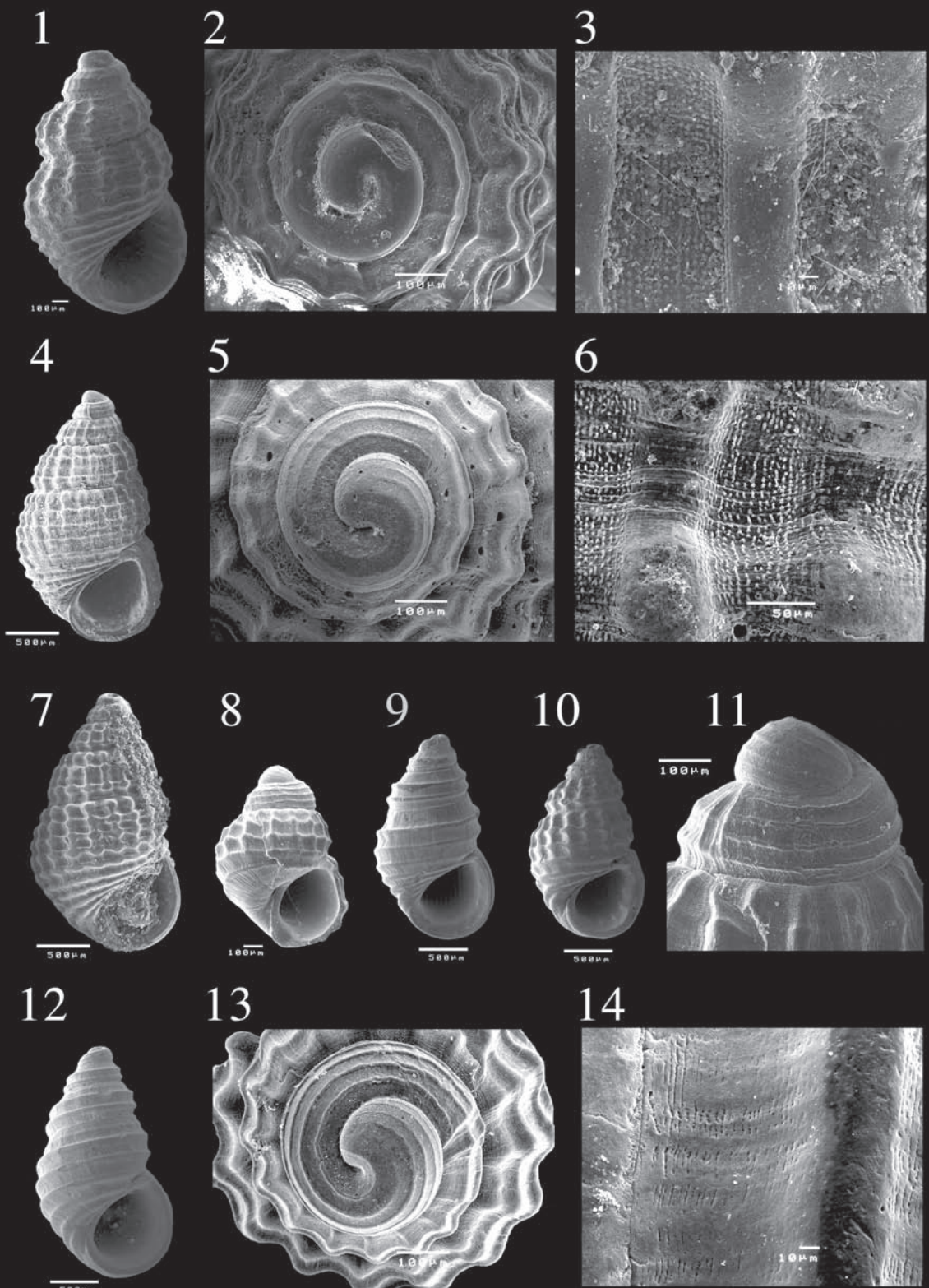


Figura 27. **1-3: *Alvania internodula***. 1-DBUA-F 149-9, Sup 199-5 (vista apertural); 2-DBUA-F 149-9 Sup 199-5 (protoconcha frontal); 3-DBUA-F 149-9 Sup 199-5 (microescultura última volta da teleoconcha); **4-7: *Alvania mediolittoralis***. 4-DBUA-F 138 Sup 155-3 Rolo 53 neg 30 (vista apertural); 5-DBUA-F 138 Sup 155-3 Rolo 53 neg 27 (protoconcha frontal); 6-DBUA-F 138 Sup 155-3 Rolo 53 neg 31 (microescultura última volta da teleoconcha); 7-DBUA-F 125 Sup 143-4 Rolo 55 neg 19 (vista apertural); **8-14: *Alvania poucheti***. 8-DBUA-F 44 Sup 82-1 Rolo 27 neg 36A (vista apertural); 9-DBUA-F 44 Sup 81-1 Rolo 27 neg 16A (vista apertural); 10-DBUA-F 55 Sup 103-3 Rolo 38 neg 4 (vista apertural); 11-DBUA-F 44 Sup 82-1 Rolo 27 neg 37A (protoconcha lateral); 12-DBUA-F 149-8 Sup 197-2 (vista apertural); 13-DBUA-F 44 Sup 82-1 Rolo 27 neg 38A (protoconcha frontal); 14-DBUA-F 44 Sup 81-1 Rolo 27 neg 19A (microescultura última volta da teleoconcha).

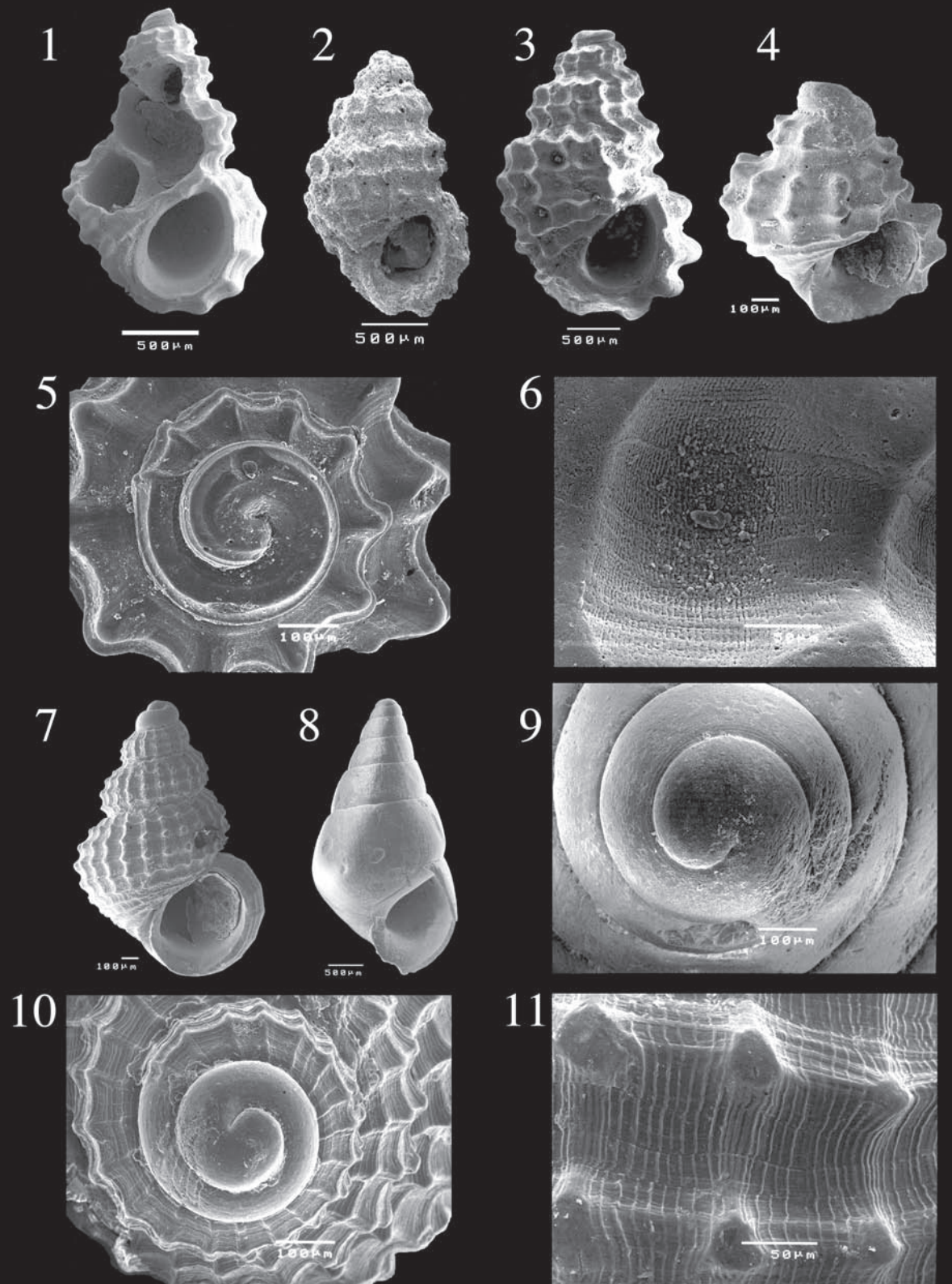


Figura 28. 1-6: *Alvania sleursi*. 1-DBUA-F 55 Sup 103-4 Rolo 40 neg 28 (vista apertural); 2-DBUA-F 49 Sup 79-2 Rolo 27 neg 30A (vista apertural); 3-DBUA-F 144 Sup 168-2 Rolo 62 neg 13 (vista apertural); 4-DBUA-F 87 Sup 131-5 Rolo 49 neg 26 (vista apertural, juvenil); 5-DBUA-F 87 Sup 133-7 Rolo 47 neg 24 (teleoconcha frontal); 6-DBUA-F 55 Sup 103-2 Rolo 38 neg 3 (microescultura teleoconcha); 7,10-11: *Alvania tarsodes*. 7-DBUA-F 45 Sup 84-3 Rolo 30 neg 38A (vista apertural); 10-DBUA-F 45 Sup 84-3 Rolo 30 neg 37A (protoconcha frontal); 11-DBUA-F 45 Sup 84-3 Rolo 30 neg 40A (microescultura teleoconcha); 8-9: *Cingula trifasciata*. 8-DBUA-F 138 Sup 155-4 Rolo 53 neg 29 (vista apertural); 9-DBUA-F 138 Sup 155-2 Rolo 53 neg 26 (protoconcha frontal).

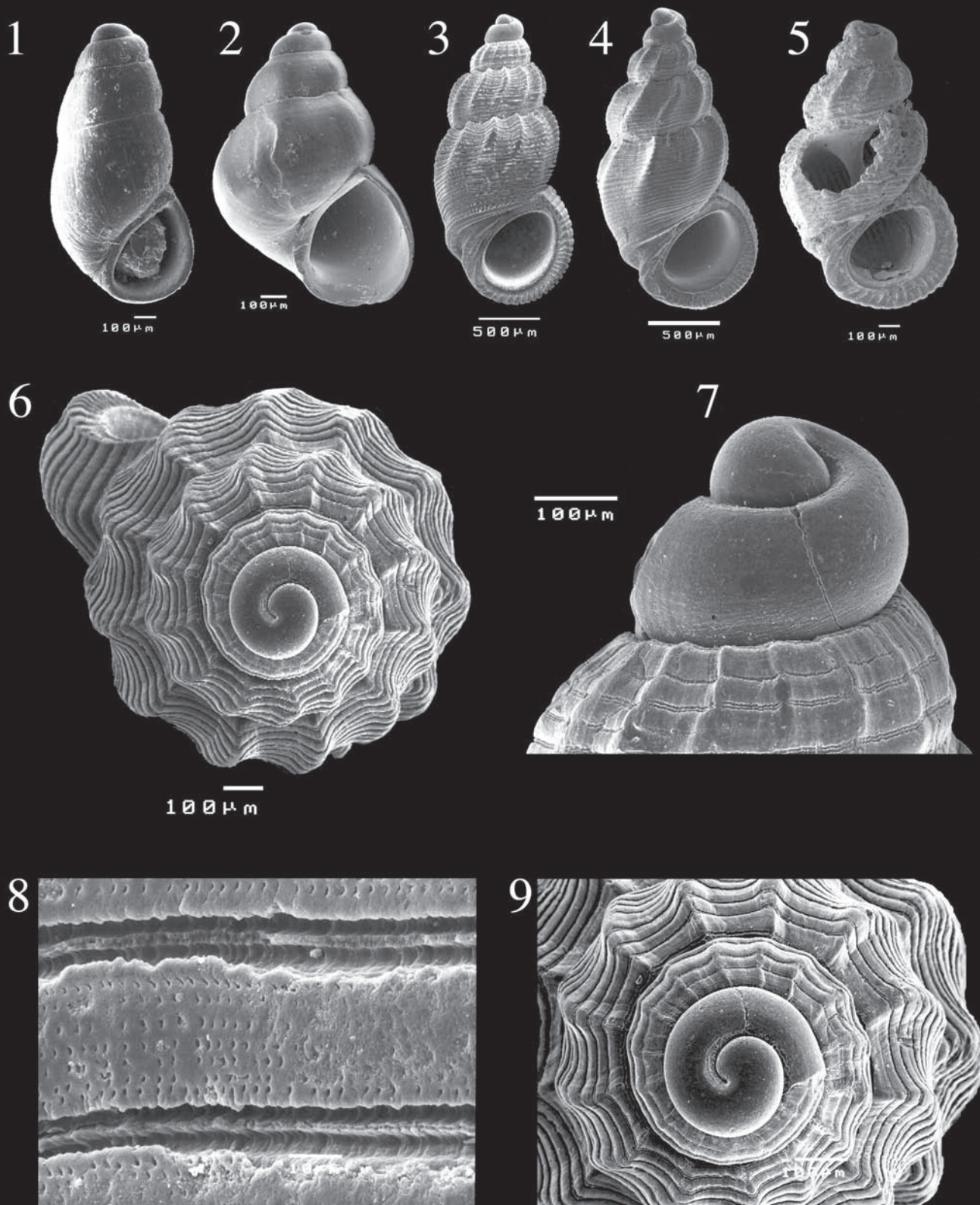


Figura 29. 1: *Botryphallus ovummuscae* DBUA-F 139 Sup 126-3 Rolo 63 neg 2A (vista apertural); 2: *Crisilla postrema* DBUA-F 134 Sup 153-7 Rolo 54 neg 29 (vista apertural); 3-9: *Manzonion unifasciata*. 3-DBUA-F 44 Sup 79-3 Rolo 27 neg 31A (vista apertural); 4-DBUA-F 87 Sup 131-2 Rolo 49 neg 24 (vista apertural); 5-DBUA-F 45 Sup 84-4 Rolo 30 neg 41A (vista apertural); 6-DBUA-F 44 Sup 79-3 Rolo 27 neg 35A (vista de topo); 7-DBUA-F 44 Sup 79-3 Rolo 27 neg 33A (protoconcha lateral); 8-DBUA-F 44 Sup 79-3 Rolo 27 neg 32A; 9-DBUA-F 44 Sup 79-3 Rolo 27 neg 34A (protoconcha frontal).

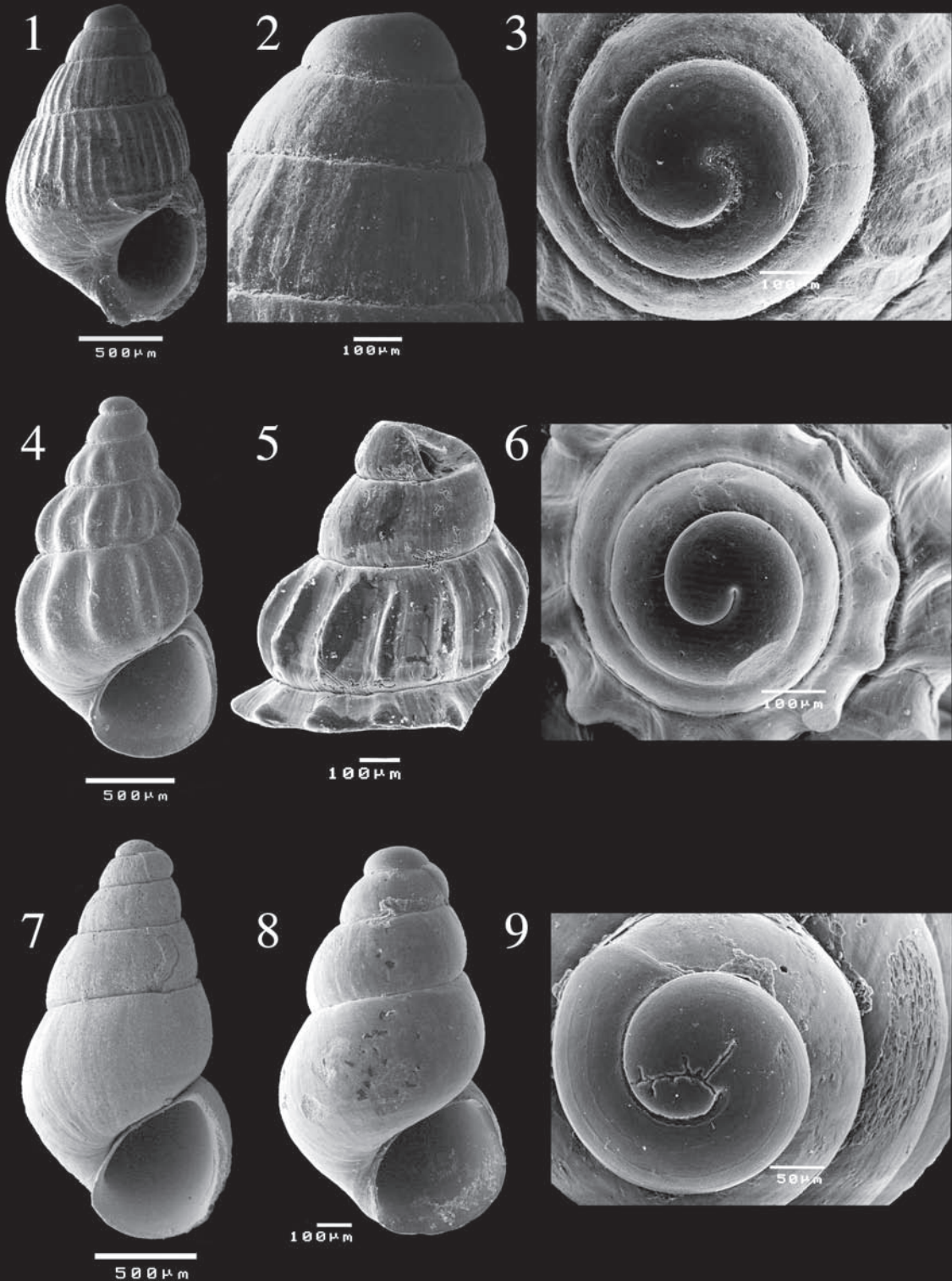


Figura 30. 1-3: *Pusillinna inconspicua*. 1- DBUA-F149 sup 171-1 rolo 64 neg 24A (vista apertural); 2- DBUA-F 149 sup 171-1 rolo 65 neg 3 (detalhe da protoconcha, vista lateral); 3- DBUA-F 149 sup 171-1 rolo 65 neg 11 (detalhe da protoconcha, vista apical); 4-6: *Rissoa guernei*. 4-DBUA-F 9 suporte 137-1 rolo 48 neg 13 (vista apertural); 5-DBUA-F 44 Sup 82-4 Rolo 27 neg 41A (detalhe da protoconcha, vista lateral); 6-DBUA-F 44 suporte 81-2 Rolo 27 neg 22A (detalhe da protoconcha, vista apical); 7-9: *Setia subvaricosa*. 7-DBUA-F 2 suporte 102-3 rolo 38 neg 36 (vista apertural); 8-DBUA-F 87 suporte 132-3 rolo 49 neg 19 (vista apertural); 9-DBUA-F 87 suporte 132-3 rolo 49 neg 12 (detalhe da protoconcha, vista apical).

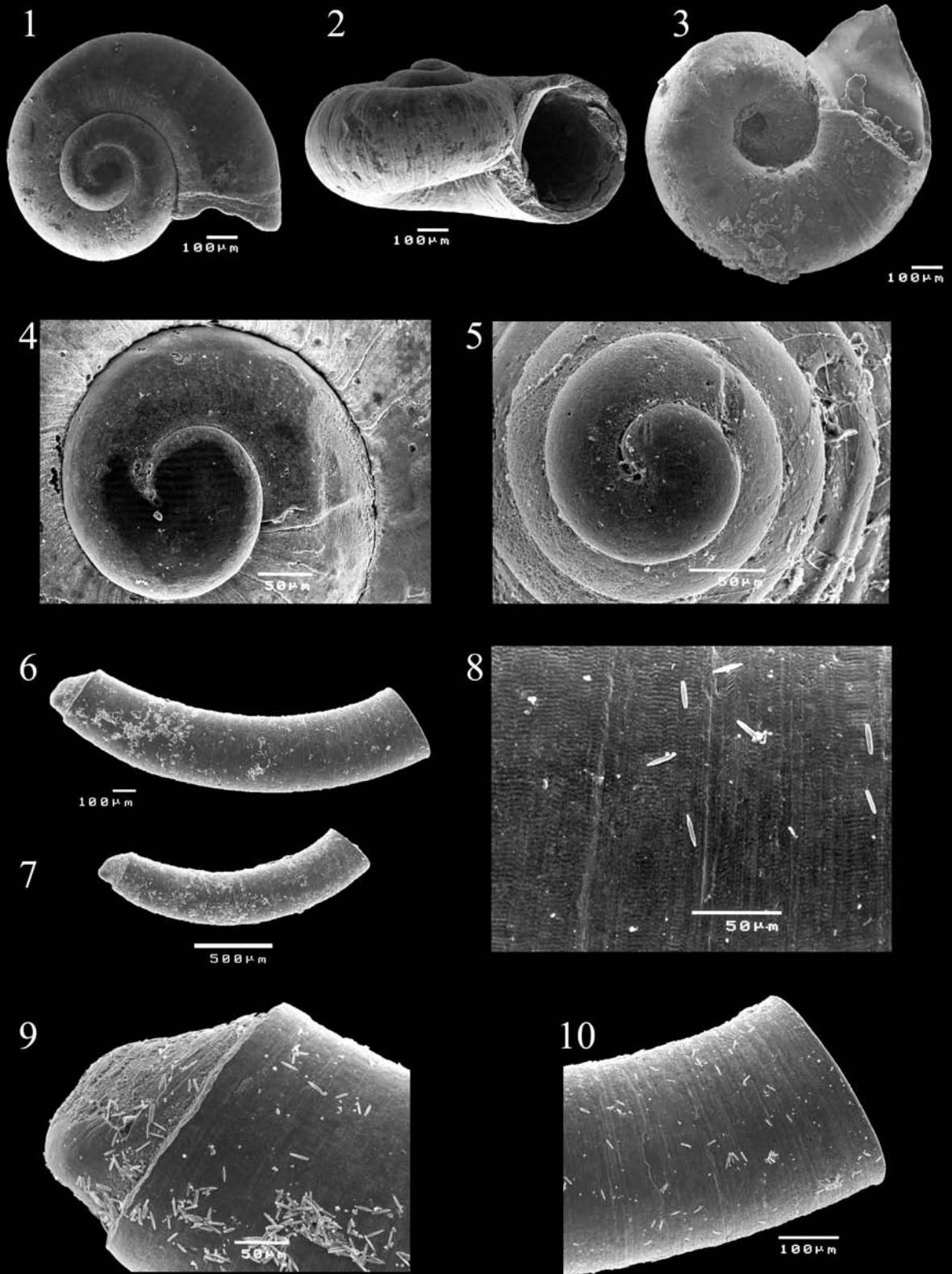


Figura 31. 1-4: *Skeneopsis planorbis*. 1-DBUA-F 2 Sup 141-2 Rolo 47 neg 7 (vista apical); 2-DBUA-F 2 Sup 141-1 Rolo 47 neg 6 (vista apertural); 3-DBUA-F 2 Sup 141-5 Rolo 47 neg 13 (vista ventral); 4-DBUA-F 2 Sup 141-1 Rolo 47 neg 17 (detalhe da protoconcha, vista apical); 5: *Bittium latreillii* DBUA-F 87 Sup 132-1 Rolo 49 neg 9 (detalhe da protoconcha, vista apical); 6-10: *Caecum cf. armoricum*. 6-DBUA-F 82 Sup 134-3 Rolo 48 neg 7; 7-DBUA-F 82 Sup 134-1 Rolo 48 neg 3; 8-DBUA-F 82 Sup 134-3 Rolo 48 neg 5 (detalhe da microescultura da teleoconcha); 9-DBUA-F 82 Sup 134-3 Rolo 48 neg 8 (detalhe da zona apical); 10-DBUA-F 82 Sup 134-3 Rolo 48 neg 9 (detalhe da zona apertural).

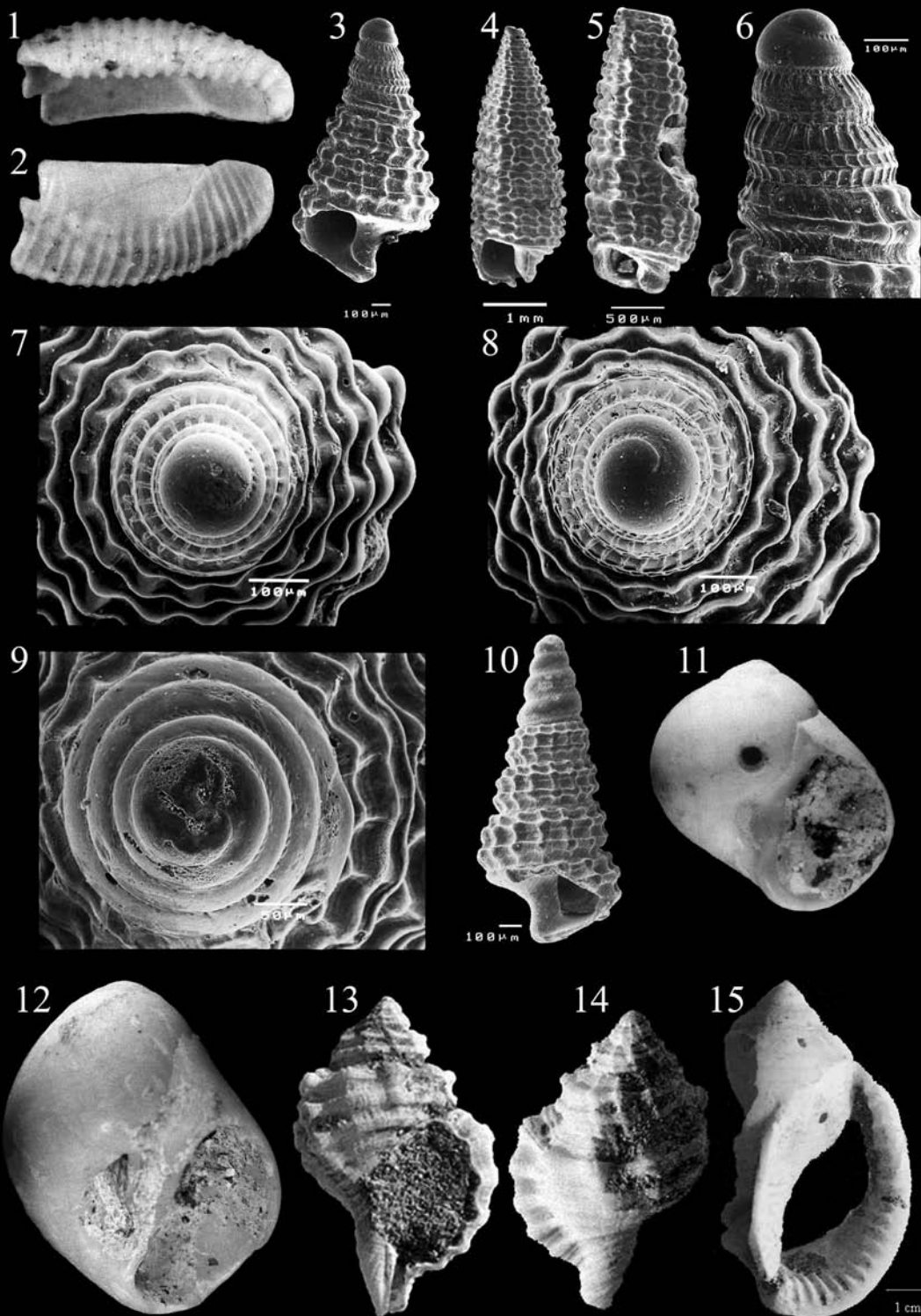


Figura 32. **1,2: *Trivia pulex***. 1-DBUA-F 61 Rolo 44 neg 25 (fragmento da concha, vista apertural); 2-DBUA-F 61 Rolo 44 neg 26 (fragmento da concha, vista dorsal); **3-8: *Triphoridae* n. id.** 3-DBUA-F 142 Sup 154-2 Rolo 53 neg 33 (vista apertural); 4-DBUA-F 142 Sup 154-3 Rolo 53 neg 35 (vista apertural); 5-DBUA-F 126 Sup 83-3 Rolo 30 neg 32A (vista apertural); 6-DBUA-F 142 Sup 154-2 Rolo 53 neg 34 (transição protoconcha-teleoconcha, vista axial); 7-DBUA-F 134 Sup 152-5 Rolo 54 neg 21 (transição protoconcha-teleoconcha, vista apical); 8-DBUA-F 142 Sup 154-2 Rolo 53 neg 36 (transição protoconcha-teleoconcha, vista apical); **9,10: *Cerithiopsis* sp.** 9-DBUA-F 2 Sup 141-7 Rolo 47 neg 16 (transição protoconcha-teleoconcha, vista apical); 10-DBUA-F 2 Sup 141-7 Rolo 47 neg 12 (vista apertural); **11: *Natica prietoi*** DBUA-F 3 Rolo 44 neg 15 (vista apertural, com marca de bioerosão); **12: *Polynices lacteus*** DBUA-F 61 Rolo 44 neg 3 (vista apertural); **13,14: *Bursa scrobilator***. 13-DBUA-F Rolo 42 neg 15 (vista apertural); 14-DBUA-F Rolo 42 neg 14 (vista dorsal); **15: *Phalium granulatum*** DBUA-F Rolo 42 neg 17 (vista apertural).

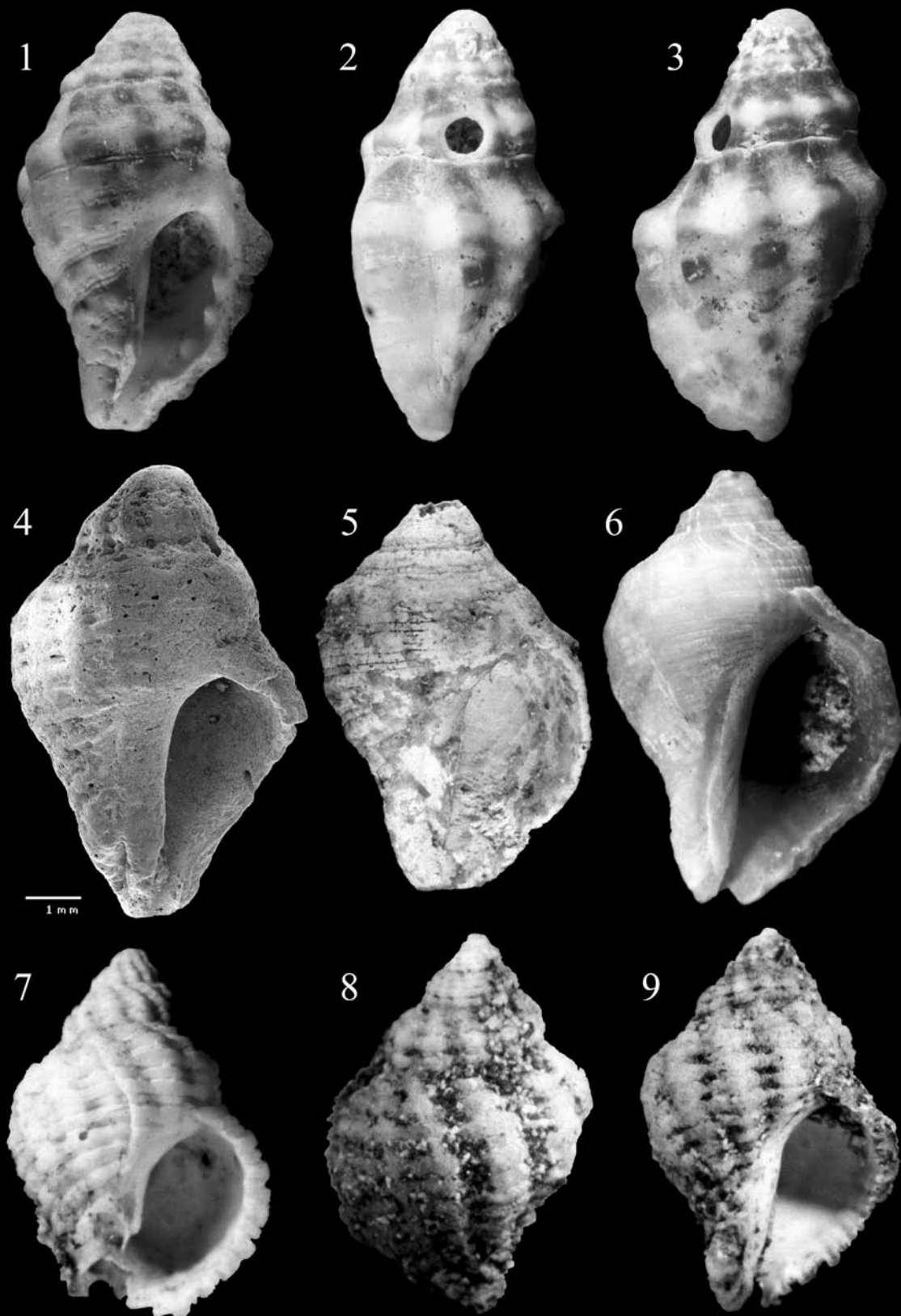


Figura 33. 1-3: *Trachypollia nodulosa* DBUA-F 3 Sup 115-1 Rolo 33 neg XA (vista apertural); 2-DBUA-F col. García-Talavera Rolo 35 neg 5 (vista apertural); 3-DBUA-F col. García-Talavera Rolo 35 neg 4 (vista dorsal); 4: *Ocinebrina aciculata* DBUA-F 22 Sup 80-1 Rolo 27 negs 2A+1A (vista apertural); 5,6: *Stramonita haemastoma*. 5-DBUA-F 61 Rolo 44 neg 4 (vista apertural); 6-DBUA-F 73 Sup 138-1 Rolo 46 neg 19 (vista apertural); 7-9: *Coralliophila meyendorffii*. 7-DBUA-F 127 Rolo 41 neg 21 (vista apertural); 8-DBUA-F 127 Rolo 41 neg 24 (vista dorsal); 9-DBUA-F 127 Rolo 41 neg 23 (vista apertural).

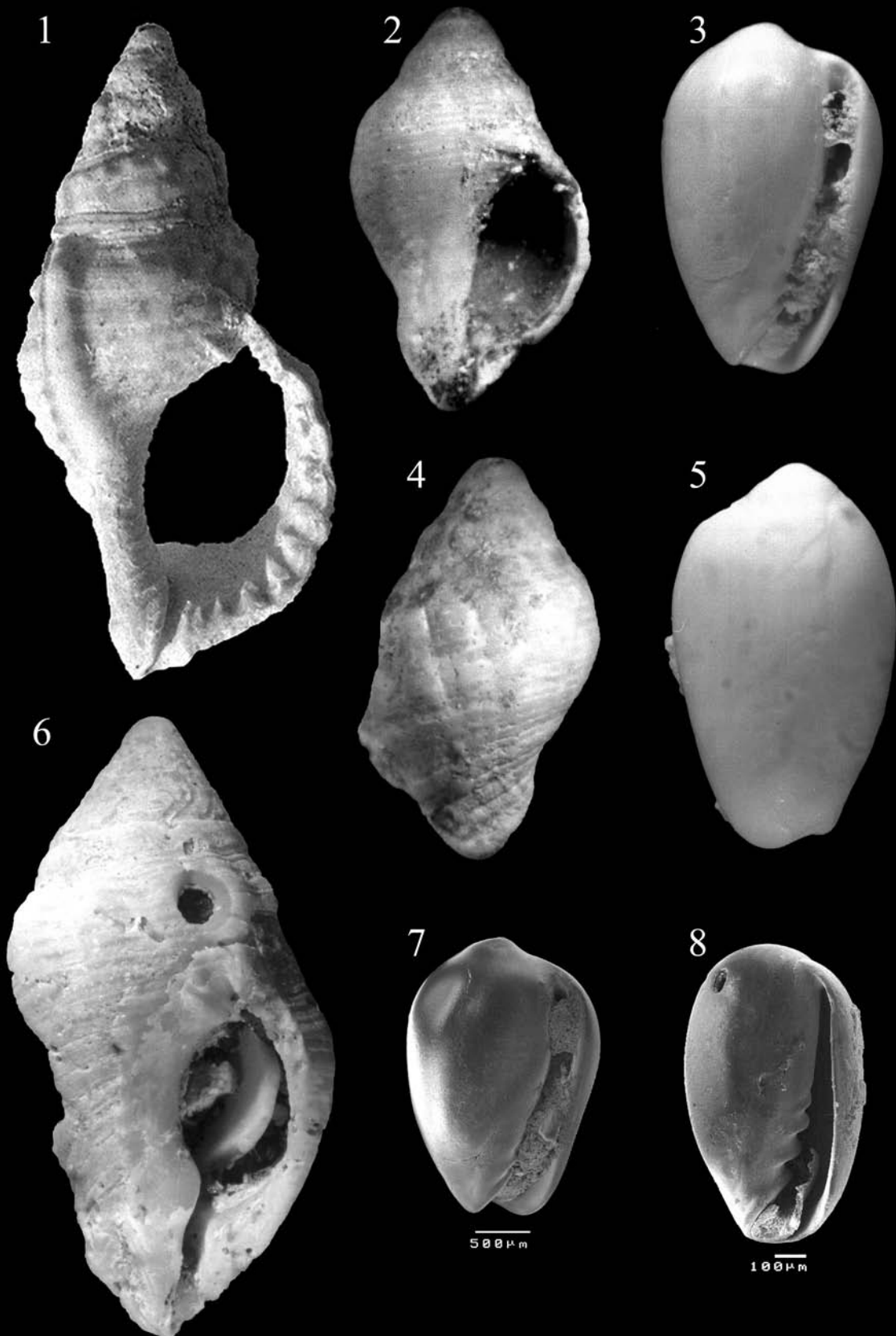


Figura 34. 1: *Charonia lampas* DBUA-F Rolo 42 neg 18 (vista apertural); 2,4,6: *Cantharus variegatus*. 2-DBUA-F 131 Rolo 41 neg 17 (vista apertural); 3,5,7: *Gibberula* sp. 3-DBUA-F 2 Sup 113-1 Rolo 33 neg 1A (vista apertural); 4-DBUA-F 131 Rolo 41 neg 18 (vista apertural); 5-DBUA-F 2 Sup 113-3 Rolo 33 neg 2A (vista dorsal); 6-DBUA-F Rolo 36 negs 22+23 (vista apertural); 7-DBUA-F 2 Sup 113-1 Rolo 43 neg 25 (vista apertural); 8: ?*Gibberula* sp. / ?*Volvarina* sp. DBUA-F 2 Sup 141-4 Rolo 47 neg 10 (vista apertural).

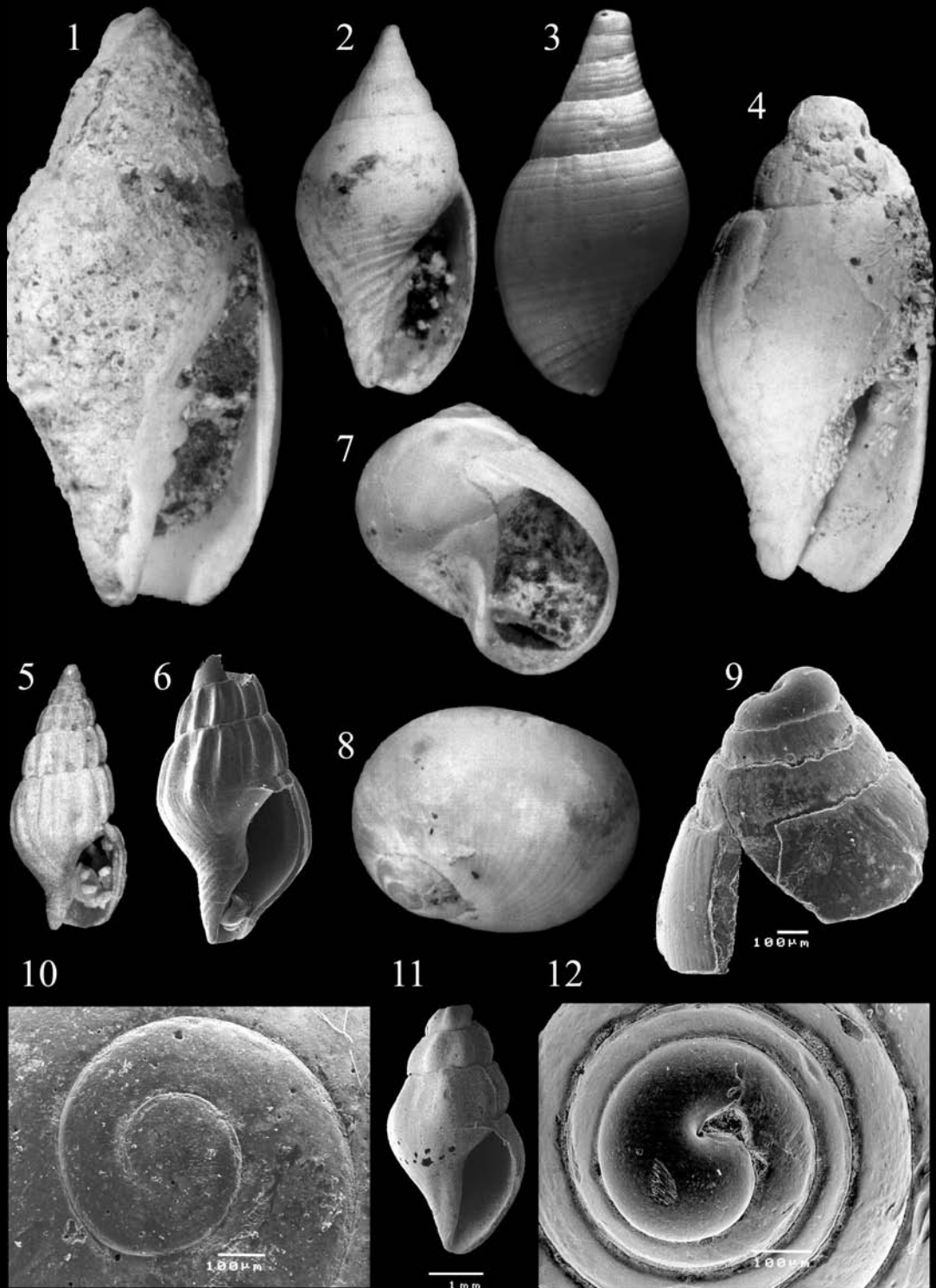


Figura 35. 1-4: *Mitra cornea*. 1-Col. García-Talavera Rolo 41 negs 7+8 (vista apertural); 2-DBUA-F 127 Rolo 41 neg 13 (vista apertural); 3-DBUA-F 2 Sup 111-1 Rolo 33 neg 9A (vista dorsal); 4-DBUA-F 81 Rolo 44 neg 20 (vista apertural); 5,6: *Anachis avaroides*. 5-DBUA-F 74 Rolo 44 neg 28 (vista apertural); 6-DBUA-F 55 Sup 131-1 Rolo 49 neg 23 (vista apertural); 7,8: *Lunatia cf. guillemini*. 7-Col. García-Talavera Rolo 41 neg 11 (vista apertural); 8-Col. García-Talavera Rolo 41 neg 12 (vista dorsal); 9,12: *Mitromorpha azorensis*. 9-DBUA-F 44 Sup 82-6 Rolo 27 neg 42A (detalhe da protoconcha, vista apertural; 10: *Polynices lacteus* DBUA-F9 Rolo 55 Sup 135-2 neg 2 (transição protoconcha-teleoconcha, vista apical); 11: *Haedropleura* sp. DBUA-F 142 Sup 154-1 Rolo 53 neg 32 (vista apertural); 12-DBUA-F 44 Sup 82-6 Rolo 27 s/n (transição protoconcha-teleoconcha, vista apical).

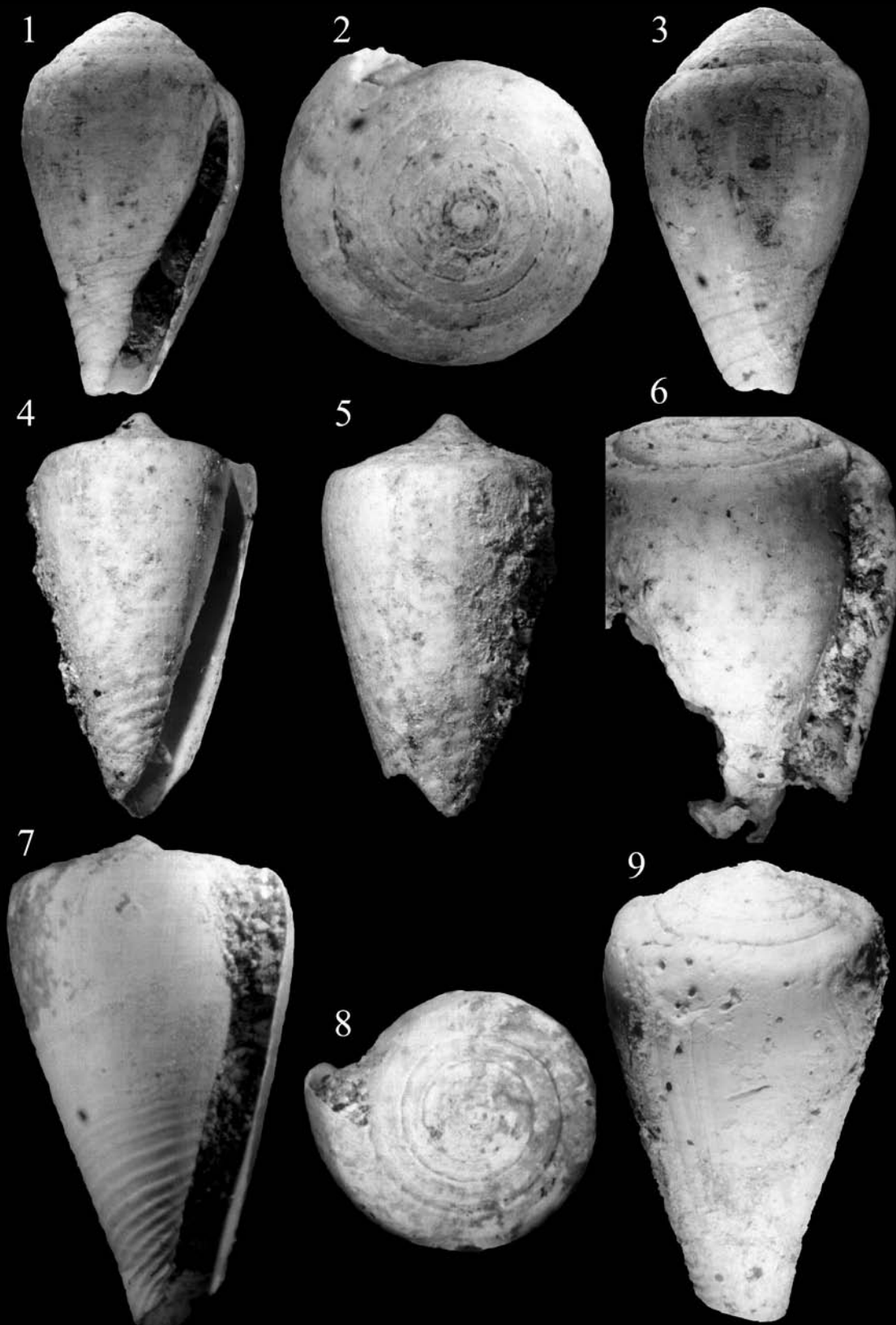


Figura 36. **1-3: *Conus cf. miruchae***. 1-DBUA-F 89 Rolo 36 neg 16 (vista apertural); 2-DBUA-F 89 Rolo 36 neg 18 (vista apical); 3-DBUA-F 89 Rolo 36 neg 17 (vista dorsal); **4,5: *Conus cf. roeckeli***. 4-DBUA-F col. José Azevedo Rolo 36 neg 25 (vista apertural); 5-DBUA-F col. José Azevedo Rolo 36 neg 24 (vista dorsal); **6,9: *Conus cf. ermineus***. 6-DBUA-F 27 Rolo 44 neg 29 (vista apertural); **7,8: *Conus venulatus***. 7-Col. García-Talavera Rolo 41 neg 3+4 (vista apertural); 8-Col. García-Talavera Rolo 41 neg 5 (vista apical); 9-DBUA-F 79 Rolo 44 neg 31 (vista dorsal).

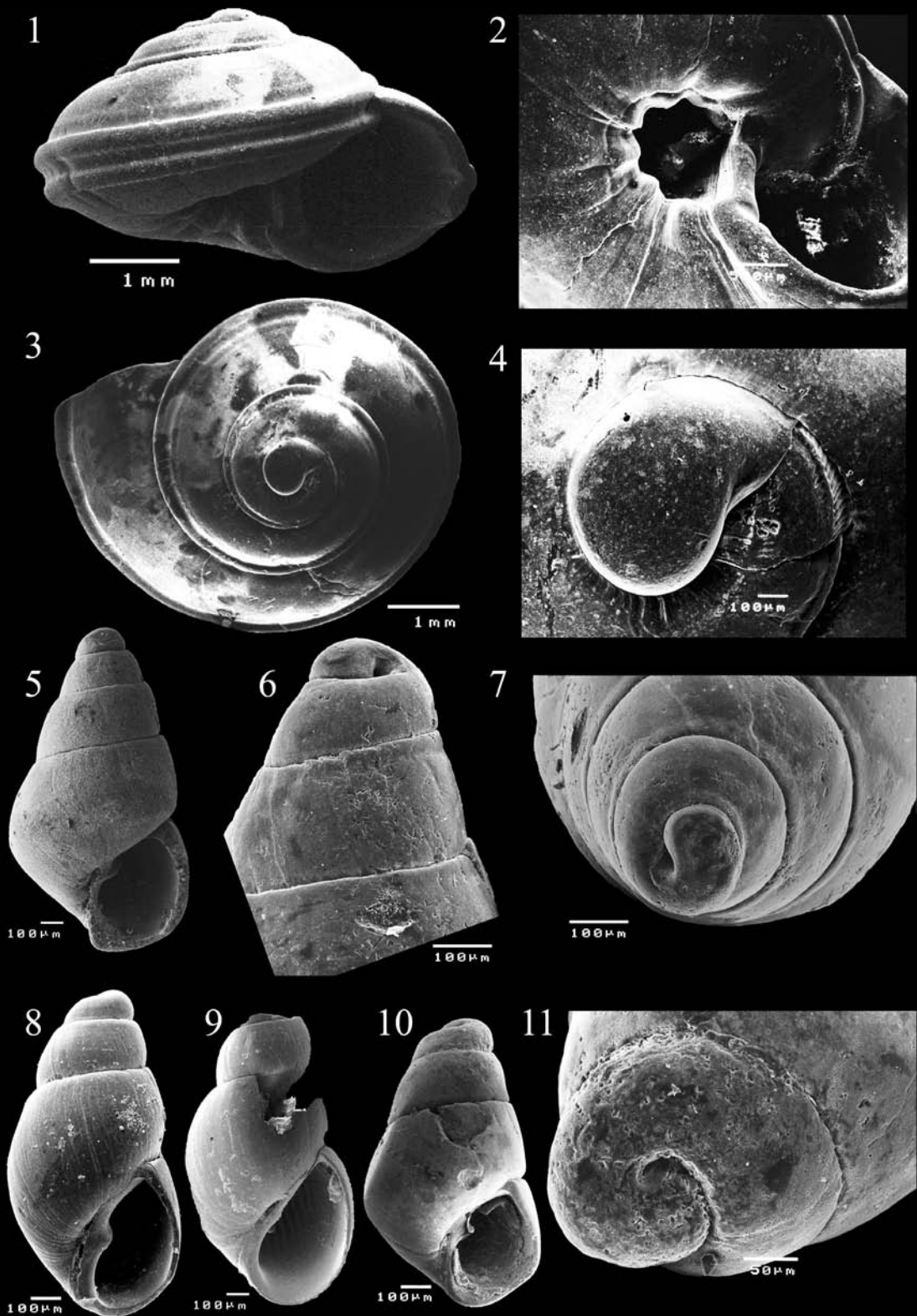


Figura 37. 1-4: *Philippia hybrida*. 1-DBUA-F 137 Sup 156-1 Rolo 58 neg 9 (vista apertural); 2-DBUA-F 137 Sup 156-1 Rolo 58 neg 12 (vista basal); 3-DBUA-F 137 Sup 156-1 Rolo 58 neg 11 (vista apical); 4-DBUA-F 137 Sup 156-1 Rolo 58 neg 10 (transição protoconcha-teleoconcha, vista apical); 5-7: *Odostomia cf. unidentata*. 5-DBUA-F 2 Sup 141-3 Rolo 47 neg 9 (vista apertural); 6-DBUA-F 2 Sup 141-8 Rolo 47 neg 19 (vista axial); 7-DBUA-F 2 Sup 141-8 Rolo 47 neg 18 (vista apical); 8,9: *Odostomia bernardi*. 8-DBUA-F 134 Sup 152-4 Rolo 54 neg 20 (vista apertural); 9-DBUA-F 45 Sup 85-3 Rolo 32 neg 26 (vista apertural); 10,11: *Odostomia cf. duureni*. 10-DBUA-F2 Sup 142-2 Rolo 55 neg 6 (vista apertural); 11-DBUA-F2 Sup 142-2 Rolo 55 neg 7 (detalhe da protoconcha, vista axial a 45°).

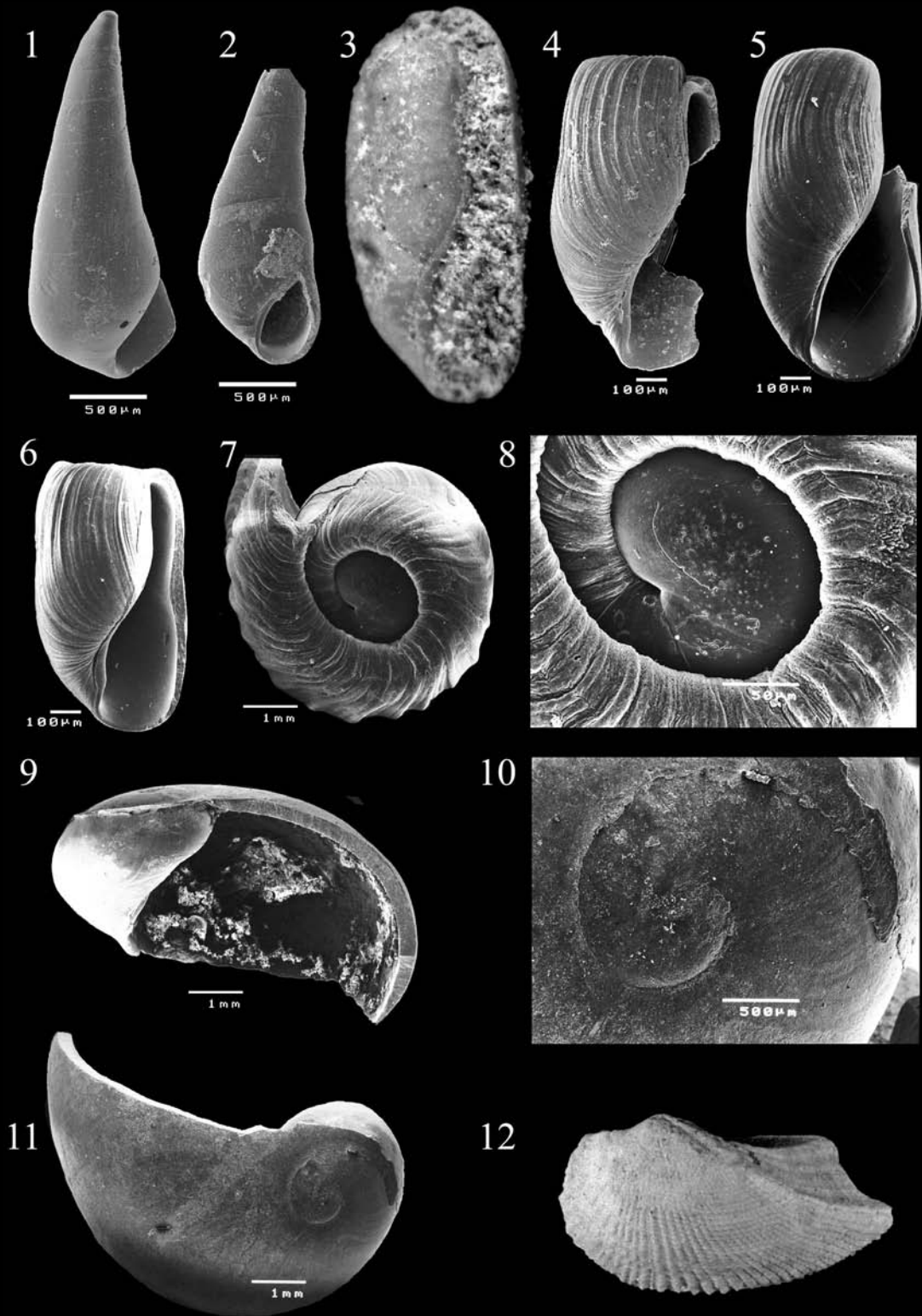


Figura 38. **1,2: *Vitreolina* sp.** 1-DBUA-F 134 Sup 152-1 Rolo 53 neg 37 (vista apertural); 2-DBUA-F 134 Sup 152-1 Rolo 53 neg 38 (vista apertural); **3: *Cylichnina* sp.** DBUA-F 73 Sup 135-1 Rolo 46 neg 20 (vista apertural); **4-8: *Retusa truncatula*.** 4-DBUA-F 134 Sup 152-3 Rolo 54 neg 18 (vista apertural); 5-DBUA-F 139 Sup 151-5 Rolo 51 neg 17 (vista apertural); 6-DBUA-F 139 Sup 151-6 Rolo 51 neg 18 (vista apertural); 7-DBUA-F 139 Sup 151-6 Rolo 51 neg 22 (vista apertural); 8-DBUA-F 139 Sup 151-6 Rolo 51 neg 21 (detalhe da microescultura da protoconcha, vista apical); **9-11: *Lamellaria latens*.** 9-DBUA-F 125 Sup 150-1 Rolo 51 neg 4 (vista apertural); 10-DBUA-F 125 Sup 150-1 Rolo 51 neg 5 (transição protoconcha-teleoconcha, vista apical); 11-DBUA-F 125 Sup 150-1 Rolo 51 neg 6 (vista apical); **12: *Arca tetragona*** DBUA-F 81 Rolo 44 neg 13 (vista dorsal).

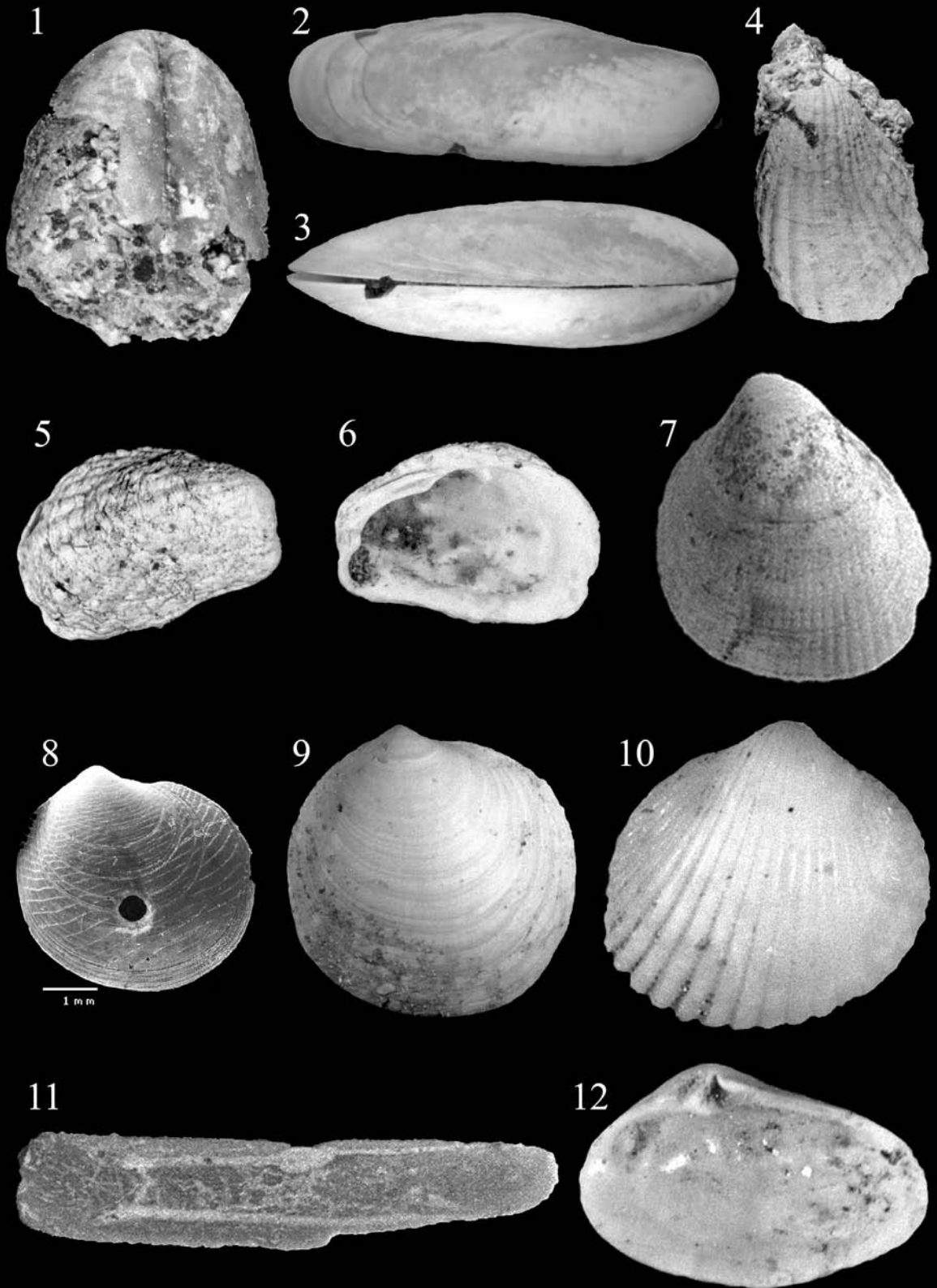


Figura 39. 1-3: *Myoforceps aristatus*. 1-DBUA-F 73 Rolo 44 neg 22 (detalhe da charneira); 2-DBUA-F 127 Rolo 41 neg 19 (vista dorsal); 3-DBUA-F 127 Rolo 41 neg 20 (vista axial das duas valvas); 4: *Lima cf. lima* DBUA-F 81 Rolo 44 neg 11 (vista dorsal); 5,6: *Cardita calyculata*. 5-DBUA-F 80 Rolo 44 neg 18 (vista dorsal); 6-DBUA-F 80 Rolo 44 neg 19 (vista ventral); 7: *Laevicardium crassum* DBUA-F Rolo 42 neg 16 (vista dorsal); 8,9: *Lucinella divaricata*. 8-DBUA-F2 Sup 140-2 Rolo 55 neg 21 (vista dorsal); 9-DBUA-F 61 Rolo 44 neg 1 (vista dorsal); 10: *Papillicardium papillosum* DBUA-F 38 Rolo 44 neg 23 (vista dorsal); 11: *Ensis minor* DBUA-F Rolo 42 neg 2 (vista ventral); 12: *Ervilia castanea* DBUA-F 61 Rolo 44 neg 8 (vista ventral).

Qual a idade dos fósseis da Prainha?

A questão da idade dos fósseis encontrados na jazida plistocénica da Prainha é discutida desde os trabalhos clássicos de Zbyszewski & Ferreira (1961), García-Talavera (1990) e Callapez & Soares (2000). Só recentemente, Ávila *et al.* (2008a) dataram os depósitos Plistocénicos da Prainha e das Lagoinhas, atribuindo-lhes uma idade entre os 130.000 e os 117.000 anos atrás, isto é, pertencendo ao penúltimo estágio interglaciário, conhecido por “Subestádio Isotópico Marinho 5e” (as siglas em inglês são MIS 5e, de *Marine Isotopic Substage*) (Fig. 40).

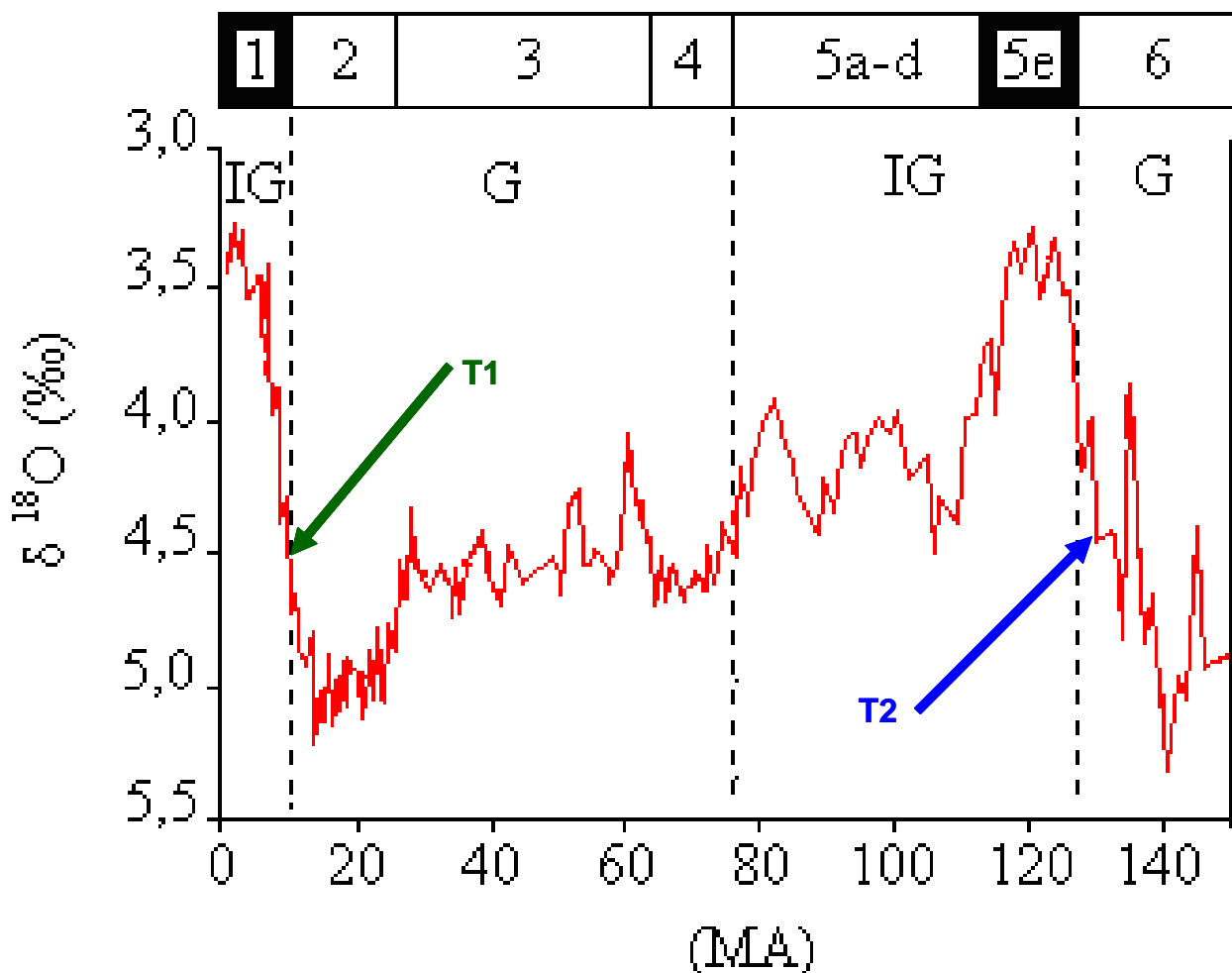


Figura 40: Variação do volume dos gelos polares durante os últimos 140.000 anos, obtida a partir da análise isotópica de foraminíferos (adaptado de Schakleton *et al.*, 1983). IG – estágio interglaciário; G – estágio glaciário. MIS-Marine Isotopic Substage. T1 – Terminação 1; T2 – Terminação 2.

Durante o último milhão de anos ocorreram 15 estádios interglaciares e outros tantos glaciares. A penúltima interglaciação teve início há cerca de 130.000 anos e corresponde ao Subestádio Isotópico Marinho 5e. A brusca transição entre o estágio glaciário que a precedeu, conhecido por estágio isotópico 6, e o 5e, corresponde à Terminação 2 (Fig. 40, seta azul). A última glaciação atingiu o seu máximo há cerca de 18.000 anos e a também brusca transição entre ela e o actual estágio interglaciário (estádio isotópico 1) corresponde à Terminação 1 (Fig. 40, seta verde) (Wilson *et al.*, 2000).

De acordo com os estudos de Bassinot *et al.* (1994) e de Petit *et al.* (1999), durante o último milhão de anos houve 4 máximos interglaciários, durante os quais o nível médio das águas do mar terá estado acima do valor actual (Fig. 41). Estes fenómenos transgressivos terão ocorrido nos Subestádios Isotópicos 11c (há 420.000 anos), 9c (330.000 anos), 5e (130.000 anos) e 1 (8.000 anos), sendo os valores da paleotemperatura similares. Note-se que paleotemperaturas da água do mar (e da atmosfera) mais elevadas significam menores volumes de gelo nas calotes polares e, especialmente, nos glaciares localizados nos continentes e, conseqüentemente, níveis médios do mar mais elevados.

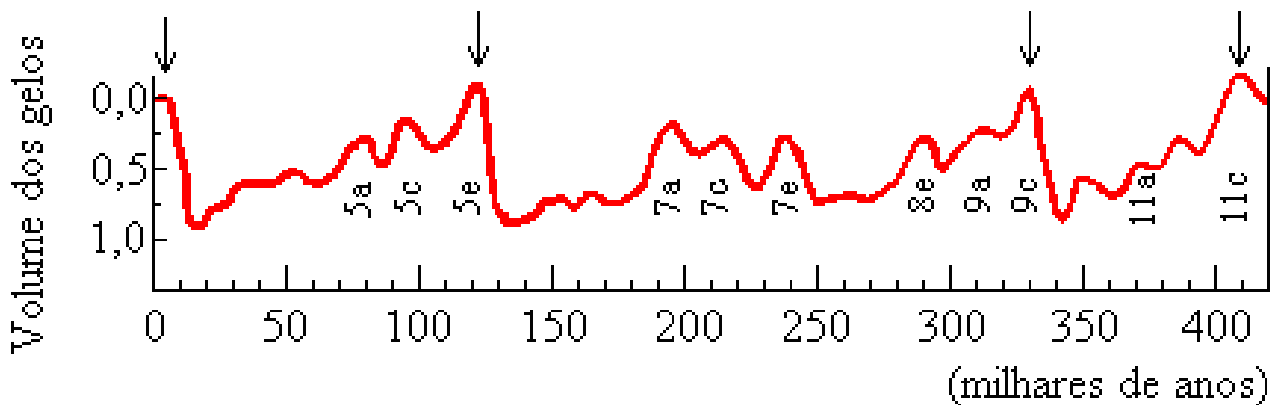


Figura 41: Curva do volume dos gelos durante os últimos 420.000 anos (adaptado de Petit *et al.*, 1999). Para efeitos de comparação, neste gráfico considera-se que o volume actual dos gelos é igual a zero. As setas indicam os máximos interglaciários (menor volume de gelos).

Shackleton *et al.* (1983) trabalharam amostras de foraminíferos obtidas em profundidade, na região equatorial do Oceano Pacífico. A partir dessas amostras, foram traçadas as curvas de variação do volume dos gelos polares durante os últimos 140.000 anos, as quais estão directamente relacionadas com a paleotemperatura das águas do oceano e com o nível médio das águas do mar.

Entre os 136.000 e os 130.000 anos atrás, a paleotemperatura dos oceanos aumentou, tendo-se mantido relativamente estável entre os 130.000 e os 120-117.000 anos (MIS 5e; cf. Fig. 40). Entre os 120-117.000 até próximo dos 20.000 anos atrás, a paleotemperatura do oceano diminuiu, aumentando novamente a partir dos 10.000 anos e atingindo um valor máximo há cerca de 6.000 anos (ainda assim, ligeiramente menor do que o atingido no Subestádio Isotópico 5e). A partir daí, a paleotemperatura diminuiu, até atingir os valores actuais.

Segundo as estimativas mais recentes de vários autores, há cerca de 18.000 anos, o nível médio das águas do mar seria inferior em 120-130 a 130-140 m, relativamente ao actual (Nunn, 1994; García-Talavera, 1999; Wilson *et al.*, 2000). Por volta de 14.000 anos atrás, o mar estaria cerca de 100 m abaixo do nível actual (Collina-Girard, 1999).

Durante o milénio seguinte, a água do mar subiu de uma forma muito acentuada, a uma velocidade média de 4 cm/ano, atingindo os 55 m abaixo do nível actual há 11.000 anos. Em seguida ocorreu nova subida do nível médio das águas até os -45 m. Posteriormente, provocado pelo denominado evento Dryas, um arrefecimento climático induziu a descida das águas para cerca dos -60 m. Por volta dos 9.000 anos atrás, a temperatura ambiente terá aumentado novamente, com a consequente subida do nível médio das águas.

No início do Holocénico, o nível do mar estava já somente 40 m abaixo do actual, tendo atingido os -20 a -25 m por volta dos 8.000 anos atrás (Whittaker, 1998). Esta subida do nível médio das águas do mar terá tido implicações profundas nas ilhas Atlânticas, em especial sobre os organismos marinhos litorais. Como vamos ver mais à frente, também as plantas e os animais terrestres foram afectados (ver Fig. 62).

Para termo de comparação, se as condições que se verificaram há 18.000 anos atrás ocorressem nos nossos dias, no arquipélago dos Açores, o Pico e o Faial formariam uma única ilha; as restantes ilhas possuiriam entre 1,4 (São Miguel) e 3 vezes a área actual (Corvo).

Os actuais ilhéus das Formigas formariam uma ilha com cerca de 40 km² e São Miguel seria, tal como hoje, a maior ilha do arquipélago, com quase 1.050 km² (cf. Tabela 3 e Fig. 42). Efectuando cálculos similares, há 18.000 anos atrás, as ilhas Selvagens e as Desertas, no arquipélago da Madeira, teriam áreas muito superiores às actuais. No que diz respeito às ilhas Canárias, Gran Canaria possuiria uma área duas vezes superior à actual e as ilhas de Fuerteventura e Lanzarote estavam ligadas aos ilhéus de Graciosa e Lobos, formando a maior ilha do arquipélago (Mahan), com cerca de 5.000 km² (García-Talavera, 1999) (Tabela 3).

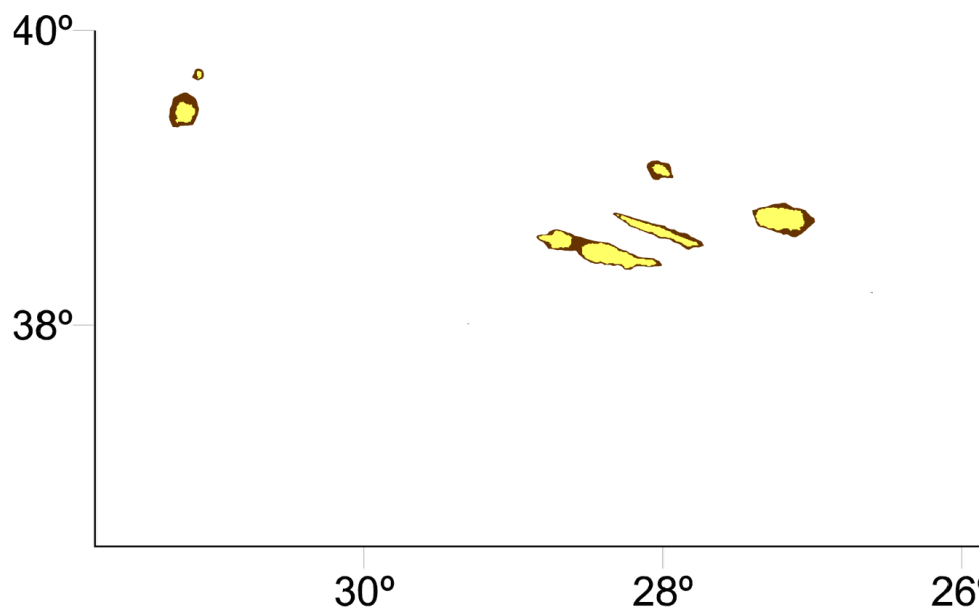


Figura 42: Arquipélago dos Açores se ocorressem actualmente as condições ambientais de há cerca de 18.000 anos atrás. A amarelo a área actual das ilhas e a roxo a área que as ilhas passariam a ter se o nível médio das águas do mar descesse entre 120 a 130 m (mapa cedido por Frederico Cardigos/DOP/UA).

Tabela 3. Áreas aproximadas (em km²) das ilhas dos Açores, Madeira e Canárias, se ocorressem actualmente as condições ambientais de há cerca de 18.000 anos atrás, assumindo-se uma descida do nível das águas do mar entre 120 a 130 m. Nota: * engloba as ilhas de Fuerteventura e Lanzarote, e os ilhéus de Graciosa e Lobos (dados da Madeira e Canárias, extraídos de García-Talavera, 1999).

		18.000 anos atrás	Hoje
AÇORES	São Miguel	1.050	747
	Santa Maria	175	92
	Formigas	40	0,01
	Pico+Faial	935	621
	São Jorge	500	246
	Terceira	610	382
	Graciosa	170	61
	Flores	350	142
	Corvo	50	17
MADEIRA	Selvagens	100	3,4
	Madeira	1.200	728
	Porto Santo	300	51
	Desertas	150	13,3
CANÁRIAS	Tenerife	2.800	2.057
	Gran Canaria	3.000	1.532
	La Palma	900	728
	La Gomera	800	378
	El Hierro	350	277
	Amanay	150	0
	Mahan*	5.000	2.572

Há 18.000 anos, entre o Sul de Portugal e a Madeira, existiriam ilhas, actualmente bancos submarinos localizados a profundidades superiores a 40 m, que reduziam a actual distância de cerca de 900 km (entre Portugal Continental e a Madeira) para valores entre os 200-300 km entre as ilhas mais próximas (Fig. 43). Em termos biológicos, a existência destas ilhas tem enorme importância, uma vez que, para além de providenciarem um local propício à existência de animais e plantas terrestres, cumpriam função similar para os animais marinhos litorais (em particular os que normalmente habitam entre a zona entre-marés e os cerca de 40-50 m de profundidade). Estes organismos terão chegado a essas (então) ilhas através de processos naturais de dispersão. A Biogeografia estuda esta e outras questões, sendo uma das áreas de estudo mais fascinantes da Biologia, em especial para aqueles que, como nós nos Açores, estudam ecossistemas localizados em ilhas oceânicas e afastados de possíveis fontes colonizadoras.

Algumas das principais questões que os biogeógrafos se colocam, são:

- 1) Como chegaram a estas ilhas os organismos que hoje em dia as habitam?
- 2) Quando chegaram?
- 3) O que lhes aconteceu, depois de lá terem chegado?



Figura 43: Área insular entre Portugal Continental e o arquipélago das Canárias, há cerca de 18.000 anos atrás (adaptado de García-Talavera, 1999).

Como chegam as espécies marinhas e terrestres às ilhas oceânicas?

As ilhas oceânicas localizam-se geralmente na fronteira de placas tectónicas ou em locais de “hot-spots”, formando-se por acreção de magma proveniente do manto. Estas ilhas nunca estiveram em contacto com uma massa continental, possuindo características geotectónicas próprias que as diferenciam dos continentes (Nunn, 1994). Devido à sua localização (por vezes muito afastadas de uma fonte colonizadora – um continente ou outra ilha) como é o caso dos Açores, das ilhas Ascensão e Tristão da Cunha no Oceano Atlântico, das ilhas Kerguelen no Oceano Índico ou da ilha de Páscoa no Oceano Pacífico, a fauna insular é usualmente depauperada, por vezes mesmo desarmónica (Williamson, 1981; Berry, 1992), mas pode ser rica em endemismos (Cronk, 1997).

As ilhas oceânicas, bem como os montes submarinos, fornecem oportunidades de estudar os padrões e processos de dispersão e de colonização de animais marinhos, os quais são a base de trabalho para a compreensão dos mecanismos explicativos quer de teorias de biogeografia (nomeadamente processos de expansão/contractão geográfica) quer de teorias evolutivas (com os processos de especiação em destaque) (Shuto, 1974; Scheltema, 1995).

São três os processos passivos naturais de dispersão oceânica utilizados pelos seres vivos: anemocoria (transporte por ventos), hidrocoria (transporte mediado por correntes marinhas) e ainda ornitocoria (transporte por meio de aves, quer no tubo digestivo destas, no caso de sementes ou de moluscos com opérculo, quer agarrado à sua plumagem) (García-Talavera, 1999).

A anemocoria será muito pouco provável como explicação plausível para a dispersão de animais exclusivamente marinhos para ilhas oceânicas distantes das fontes colonizadoras. No caso particular das ilhas dos Açores, a hidrocoria deverá ter sido o elemento mais importante no processo natural de dispersão dos organismos marinhos litorais. A chegada destes colonizadores terá ocorrido predominantemente por meio de transporte passivo, quer de animais adultos ou de ovos, associados a objectos flutuantes (o método da “jangada”), quer através da chegada de larvas planctotróficas de longa duração (teleplânicas, em especial). Não é de todo de excluir que larvas actoplânicas, isto é, que permanecem num estado larvar planctónico entre 4 a 6 semanas, tenham também estado implicadas na colonização destas ilhas. Por exemplo, para percorrer a distância entre os Açores e a Madeira (cerca de 900 km), basta que as correntes sejam favoráveis e com velocidades médias superiores a 0,2 m/s (uma corrente que se pode considerar fraca) para que em somente 6 semanas esta distância seja percorrida. Este acontecimento pouco plausível torna-se bastante provável, desde que decorra um intervalo de tempo prolongado. A reforçar a plausibilidade desta hipótese, estão as 376 espécies de moluscos marinhos litorais existentes actualmente nas águas dos Açores, na sua grande maioria de origem Europeia/Macaronésica (Madeira e Canárias em especial) (Tabela 4). De realçar as 40 espécies endémicas do arquipélago dos Açores, o que dá um valor significativo de cerca de 10,6% de endemismos.

Tabela 4: Espécies de moluscos marinhos litorais actualmente existentes nos Açores. ¹ Ávila (2005); ² Martins *et al.* (2009); ³ Ávila (dados não publicados, Maio 2010); ⁴ Cardigos *et al.* (2007).

	AZO
Nº de espécies reportadas na bibliografia ^{1,2,3}	426
Nº registos duvidosos	44
Nº espécies introduzidas pelo Homem ⁴	6
Nº total de espécies válidas (Maio, 2010)	376
Nº espécies endémicas	40

O sistema de correntes oceânicas de superfície existente na área abrangida pelos arquipélagos da Macaronésia é seguramente um dos factores principais para a ocorrência de espécies com afinidades geográficas tão distintas nestas ilhas (Fig. 44). Aliada à existência das ilhas Macaronésicas, ao padrão geral de circulação oceânica e à capacidade das larvas de organismos marinhos poderem percorrer grandes distâncias e permanecerem longos períodos de tempo no mar, como é evidenciado por Scheltema (1971; 1978), para os moluscos gastrópodes marinhos, os montes submarinos atrás referidos actuam como “pontes”, desempenhando no presente, tal como em épocas passadas, um papel crucial na dispersão e colonização de novas áreas e, inclusivamente, em processos de especiação (Gofas, 1992, 1996, 2000, 2002; Gofas & Beu, 2002; Ávila & Malaquias, 2003).



Figura 44: Padrão actual das principais correntes marinhas de superfície no Atlântico Norte (adaptado de Ávila, 2005a).

Tipo de desenvolvimento embrionário e dispersão geográfica

No meio marinho, a maioria das espécies reproduz-se libertando os gâmetas na coluna de água, decorendo a fertilização dos óvulos e o posterior desenvolvimento embrionário e larvar durante a permanência dos ovos e das larvas na coluna de água. Estas espécies são classificadas como tendo um tipo de desenvolvimento planctotrófico, alimentando-se as larvas activamente durante a sua estadia na coluna de água. De uma forma geral, quanto maior for a duração dessa estadia, maior será a distância que podem percorrer, passivamente transportadas pelas correntes marítimas.

As espécies cujas larvas não se alimentam durante o, regra geral, pouco tempo que passam na coluna de água, diz-se terem um tipo de desenvolvimento embrionário não-planctotrófico (Fig. 45). Obviamente, e uma vez que a duração da sua fase dispersiva é pequena, usualmente não conseguem dispersar-se a longa distância, a não ser quando os ovos ou mesmo os juvenis e/ou adultos seguem à “boleia” em objectos flutuantes à deriva.

Pelo facto de possuírem concha, os gastrópodes marinhos são animais ideais para este tipo de estudos, na medida em que a concha carbonatada fossiliza com relativa facilidade. Por outro lado, o número de voltas da protoconcha e a dimensão desta permitem caracterizar o tipo de desenvolvimento embrionário, podendo ser retiradas ilacções a partir de espécies fósseis, inclusive de algumas actualmente já extintas.

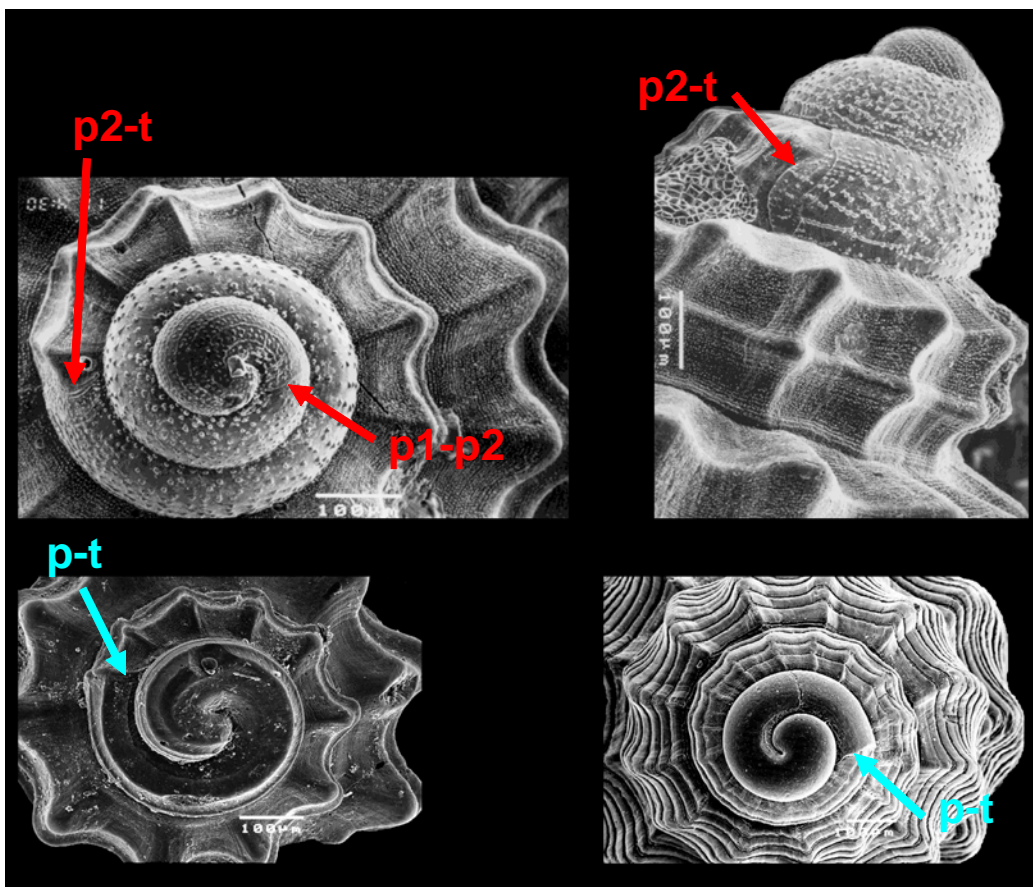


Figura 45: Em cima (esquerda e direita), *Alvania cancellata*, um gastrópode da família Rissoidae, com desenvolvimento planctotrófico. Em baixo, dois Rissoidae endémicos dos Açores, ambos com desenvolvimento não-planctotrófico. *Alvania sleursi* (à esquerda) e *Manzonion unifasciata* (à direita). p1 – protoconcha 1 ou protoconcha embrionária; p2 – protoconcha 2 ou protoconcha larvar; t – teleconcha ou concha do animal adulto.

Paleoecologia da Prainha

A presença de briozoários e de algas calcárias nos níveis inferiores da jazida da Prainha sugere que a sua deposição ocorreu em águas pouco profundas. Mitchell-Thomé (1976) aponta para valores inferiores a 40 m de profundidade. Os cascalhos rolados presentes no conglomerado basal (unidade A1) são também sinónimo de algum hidrodinamismo. As suas dimensões e aspecto, indicam que o ambiente de deposição deverá ter sido a profundidades inferiores a 5-10 m. A quase inexistência de sedimento entre a plataforma basal e a unidade A1, aponta também no sentido de deposição em ambiente marinho com algum hidrodinamismo. As estruturas bioerosivas que caracterizam a crosta algal são também indicadoras de ambientes de reduzida profundidade (menos do que 5 m). O bivalve endolítico *Myoforceps aristatus* produz estruturas bioerosivas atribuíveis ao icnogénero *Gastrochaenolites*, ao passo que estruturas arredondadas escavadas na rocha (tipo “cavinhas”) (Fig. 10) são atribuíveis ao icnogénero *Circolites* e terão muito provavelmente sido produzidas por equinodermes epibentónicos sobre substrato rochoso, sendo os indivíduos da espécie *Paracentrotus lividus* os candidatos mais plausíveis. Estes ouriços são extremamente comuns no litoral das ilhas dos Açores, a 1-2 m de profundidade sobre substrato rochoso (Ávila *et al.*, 2009a).

Callapez & Soares (2000) encontraram também briozoários, bem como decápodes, *Balanus* sp. (uma craca) e *Sphaerechinus granularis* (Lamarck, 1822) (um ouriço bastante comum nas costas rochosas dos Açores). Na amostra DBUA-F 067 encontrámos parte da placa de um ouriço *S. granularis*, bem como uma exúvia de *Eriphia verrucosa* (Forskål, 1785). Estes fósseis foram encontrados na unidade B1 (areias).

As profundidades a que se formam os recifes produzidos por algas calcárias podem ser deduzidas a partir do conhecimento da composição específica e da abundância relativa das algas que formam esse recife (Adey, 1979). Na Prainha, os géneros existentes são *Spongites*, *Lithophyllum*, *Neogoniolithon* e *Titanoderma*, sendo o primeiro o mais abundante (Amen, 2002). Segundo Adey (1979), algas do género *Lithophyllum* são típicas de águas pouco profundas. O tipo de recife presente na Prainha (crostas de várias espécies intimamente sobrepostas ou densamente ramificadas e a coloração amarelada apresentada pela estrutura em causa) sugere ter sido construído num ambiente com algum hidrodinamismo, o que pressupõe uma pequena profundidade (não mais do que 1-2 m) (Amen, 2002; Amen *et al.*, 2005; Ávila *et al.*, 2009a). Por outro lado, a pequena espessura deste recife poderá ser indicadora de uma construção relativamente rápida. Cálculos efectuados por Amen (2002), ainda que sujeitos a alguma reserva por parte deste autor, apontam para um tempo de construção de pouco mais de 100 anos, para um recife com uma espessura máxima rondando os 50-60 cm.

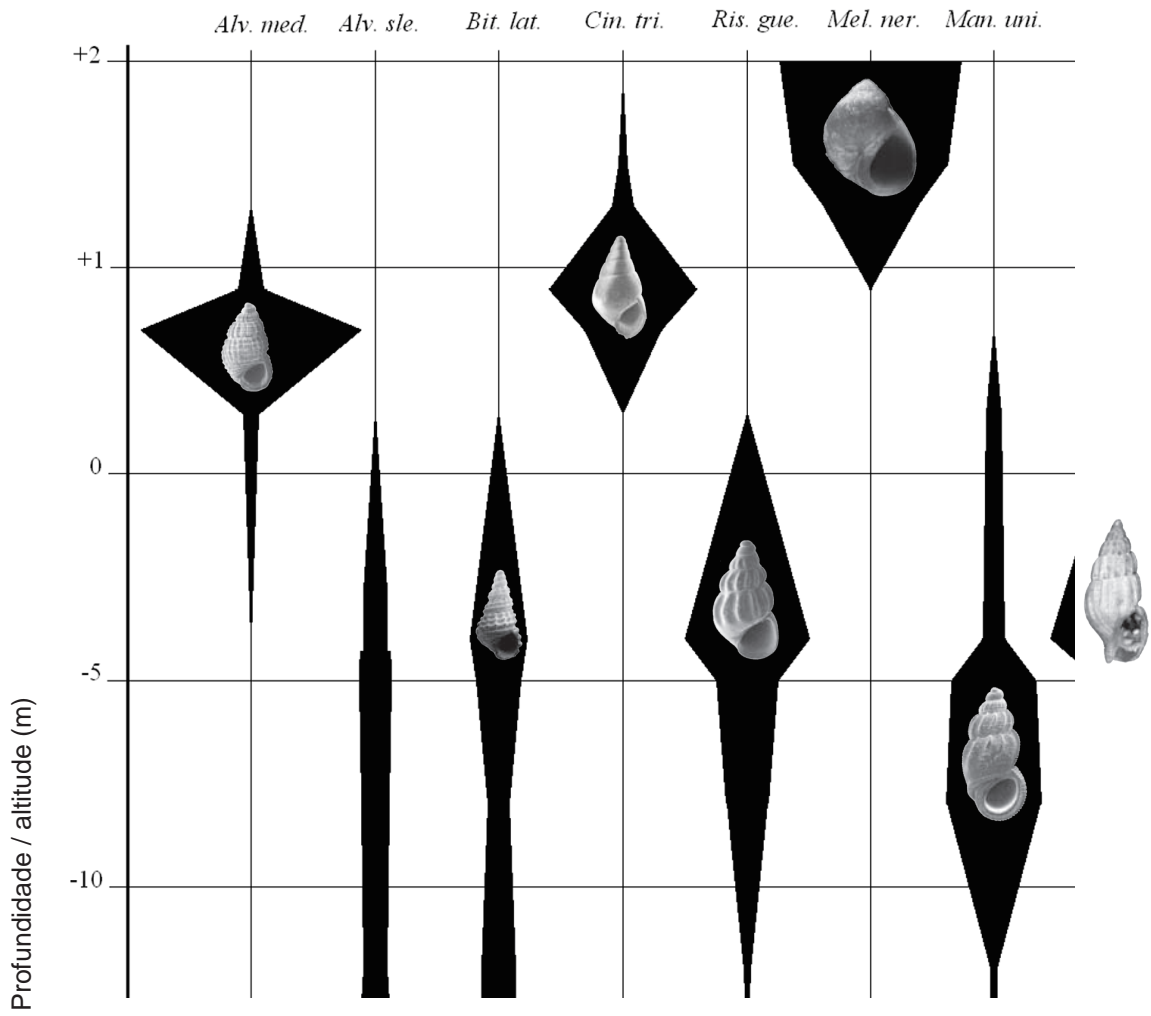
Estruturas similares à crosta algal da Prainha não são conhecidas de outras ilhas nos Açores, nem existem actualmente neste arquipélago. Os exemplos mais próximos de outros locais, são os “trottoirs” do Mediterrâneo e do Atlântico Ocidental, que diferem da crosta algal da Prainha, pelo facto de se formarem na zona mediolitoral ou a alguns decímetros de profundidade, desenvolvendo-se em plataformas de abrasão marinha.

De acordo com os dados mais recentes, obtidos em locais considerados como geologicamente estáveis durante os últimos 135.000 anos, o nível médio das águas do mar no Subestádio Isotópico 5e terá sido superior ao actual em cerca de 2 m (Neumann & Hearty, 1996).

No estado actual dos nossos conhecimentos, não sabemos se Santa Maria esteve ou não geologicamente estável durante os últimos 130.000 anos. Assumindo um ligeiro movimento, constante e com igual tendência (quer de elevação quer de subsidência), é possível calcular uma taxa aproximada do movimento vertical para a Prainha.

Partindo do pressuposto que a crosta algal se terá formado a cerca de 1-2 m de profundidade numa altura em que o nível médio das águas do mar estaria 2 m acima do actual, e estando este depósito actualmente a cerca de 3-4 m de altitude (relativamente ao zero hidrográfico), isto implica que as costas de Santa Maria terão sofrido uma elevação máxima de cerca de 2 m na zona da Prainha, o que dá uma elevação média de 0,0148 mm/ano. Na jazida plistocénica das Lagoinhas (com a mesma idade da Prainha, entre 130-117.000 anos) localizada na costa Norte da ilha de Santa Maria, a taxa média de elevação foi maior (o depósito terá subido entre 5,4 e 6,4 m) o que dá valores médios anuais entre 0,0400 e 0,0474 mm/ano. Estes valores são superiores aos registados nas Canárias (elevação de 0,0148 mm/ano em La Palma e subsidência de cerca de 0,0074 mm/ano em Tenerife) (Zazo *et al.*, 2002, 2003) mas semelhantes ou inferiores aos valores médios inferidos para as ilhas de Santiago e São Nicolau em Cabo Verde, desde o Miocénico (0,1000 mm/ano e 0,0320 mm/ano, respectivamente) (Ramalho, 2009; Ramalho *et al.* in press).

A zonação actual dos moluscos litorais dos Açores é conhecida em detalhe desde o supralitoral até os 30 m de profundidade (Ávila, 1998, 2000b, 2000c, 2003; Ávila *et al.*, 2005), e Martins (2001) apresenta e discute a zonação dos Ellobiidae nos Açores, uma família de moluscos marinhos representada neste arquipélago por 5 espécies (*Myosotella myosotis*, *Ovatella vulcani*, *Pseudomelampus exiguus*, *Pedipes pedipes* e *Auriculinella bidentata*), as quais fazem a transição entre o domínio marinho e o terrestre. Das espécies mais comuns encontradas nas areias das jazidas plistocénicas em Santa Maria, *Melarhappe neritoides* é uma espécie típica do supralitoral, podendo actualmente ser encontrada desde o intertidal até altitudes próximas dos 7 m, *Alvania mediolittoralis* e *Cingula trifasciata* são espécies típicas do intertidal, ocorrendo geralmente em locais com reduzido hidrodinamismo, *Rissoa guernei* e *Anachis avaroides* são comuns nos primeiros 5 m de água, aparecendo *Manzonia unifasciata* um pouco mais abaixo, geralmente até os 10 m de profundidade, e *Alvania sleursi* é a única espécie que, embora ocorrendo a partir dos 3 m de profundidade, usualmente é mais comum por volta dos 20 m. A zonação actual das espécies mais abundantes presentes na unidade B1 pode ser vista na Fig. 46.



As unidades A1 e A2 da Prainha possuem uma mistura de espécies autóctones que viveram, morreram e fossilizaram no local na sua posição natural (em vida) (tais como *Myoforceps aristatus*, *Arca tetragona*, provavelmente *Parvicardium vroomi* e *Vermetus* sp.) com espécies sublitorais associadas a fundos de areia ou de gravilha/cascalho (de que são exemplo *Laevicardium crassum* e *Ervilia castanea*) e ainda espécies características do supralitoral como *Littorina striata*. Espécies herbívoras de pouca profundidade como *Patella aspera* e *Haliotis tuberculata coccinea* eram habitantes comuns nestes ecossistemas de pouca profundidade. *Cantharus variegatus*, as várias espécies de *Conus*, *Coralliophila meyendorffi*, *Jujubinus pseudogravinae*, *Mitra cornea* e *Stramonita haemastoma* seriam espécies sublitorais comuns em águas pouco profundas, bem como alguns pequenos gastrópodes associados a algas (*Bittium latreillii*, *Rissoa guernei* e *Setia subvaricosa*) (Ávila, 2000b, 2000c). Na associação faunística presente na unidade B1 da Prainha, está representada uma série de espécies de moluscos marinhos que são claramente subautóctenes, na sua maioria bivalves, que viveriam em fundos de areia ou de gravilha, muito provavelmente a profundidades superiores àquelas até aqui referidas (ex.: *Ervilia castanea*, a espécie mais comum (Fig. 39), *Ensis minor*, *Plagiocardium papillosum* e *Tellina incarnata*). *Ensis minor* tem uma distribuição geográfica actual que se estende desde a Noruega para Sul, até Marrocos, ocorrendo também no Mediterrâneo (Urk, 1964), em fundos de areia fina, desde a zona intertidal até uma profundidade de cerca de 10 m (Rolán *et al.*, 1989). Juntamente com *Ervilia castanea*, um pequeno bivalve que ainda hoje existe nos Açores, eram duas espécies muito comuns durante a formação da unidade B1 na Prainha. Ao contrário do que sucede em São Miguel (ex: Praia do Pópulo), este pequeno bivalve (*E. castanea*) que vive exclusivamente em fundos infralitorais pouco ricos em nutrientes (Moreno, 1998) e é o bivalve mais comum no arquipélago dos Açores (Morton, 1990), é raro na zona de espraio das actuais praias da Prainha, Praia do Calhau ou Praia Formosa, em Santa Maria. Em algumas das valvas de *Ervilia castanea* e, em menor quantidade, de *Lucinella divaricata*, foram encontradas marcas de predação por naticídeos (estruturas bioerosivas circulares atribuíveis ao icnogénero *Oichnus*) presumivelmente efectuadas por *Polynices lacteus* (ver Fig. 32, nº 12). Ainda em menor quantidade, estas marcas foram também encontradas em conchas de *Bittium latreillii*, *Cantharus variegatus*, *Littorina striata*, *Natica prietoi*, *Trachypollia nodulosa* e *Polynices lacteus* (Figs. 47 e 48).

Figura 46 (página anterior). Zonação actual (percentagem de ocorrência em função da profundidade/altitude) nos Açores, das espécies de gastrópodes mais comuns encontradas nas amostras quantitativas de areias da unidade B1 (Lagoinhas). Dados extraídos e modificados de Ávila (1998, 2000b, 2000c, 2003) e Ávila *et al.* (2005). Alv med – *Alvania mediolittoralis*; Alv sle – *Alvania sleursi*; Bit lat – *Bittium latreillii*; Cin tri – *Cingula trifasciata*; Ris gu – *Rissoa guernei*; Man uni – *Manzonia unifasciata*; Ana ava – *Anachis avaroides*.



Figura 47. Marcas de bioerosão *Oichnia*. **1:** *Cantharus variegatus* DBUA-F s/n Rolo 36 negs 22+23 (vista apertural); **2,7:** *Lucinella divaricata*. 2-DBUA-F 2 Sup 140-2 Rolo 46 neg 22 (vista dorsal); **3,8:** *Natica prietoi* DBUA-F 3 Rolo 44 neg 15. vista apertural); **4,6:** *Trachypollia nodulosa*. 4-Col. García-Talavera Rolo 35 neg 4 (vista dorsal); **5:** *Cantharus variegatus* DBUA-F s/n Rolo 36 neg 20 (detalhe da marca de bioerosão); 6-Col. García-Talavera Rolo 35 neg 6; 7-DBUA-F2 Sup 140-2 Rolo 55 neg 22; 8-DBUA-F 3 Rolo 44 neg 16 (detalhe da marca de bioerosão).



Figura 48. Marcas de bioerosão *Oichnia*. **1,2,4: *Bittium latreillii***. 1-DBUA-F 137 Sup 151-1 Rolo 51 neg 10; 2-DBUA-F 137 Sup 151-1 Rolo 51 neg 11 (detalhe da transição protoconcha-teleoconcha com marca de bioerosão); **3: *Littorina striata*** DBUA-F84 Sup 116-1 Rolo 57 neg 13 (teleoconcha com marca de bioerosão); 4-DBUA-F 137 Sup 151-2 Rolo 51 neg 9 (marca de bioerosão); **5: *Lucinella divaricata*** DBUA-F2 Rolo 55 Sup 140-2 neg 22 (marca de bioerosão).

Os taxa subautóctenes encontrados na unidade B1 da Prainha são, na sua grande maioria, sublitorais e típicos de substratos rochosos ou com coberto algal. Como exemplo de moluscos associados a algas temos todos os Rissoídeos, *Anachis avaroides*, *Bittium latreillii*, todos os Troquídeos, o grande e endémico *Calliostoma lividum* e o pequeno *Skeneopsis planorbis*. A lapa-burra (*Haliotis tuberculata coccinea*) é encontrada usualmente sobre substrato rochoso recoberto por algas, sendo particularmente activa durante a noite (Ávila, 2005a). O bivalve *Cardita calyculata* aparece geralmente nas cavidades rochosas. *Littorina striata* e *Melarhappe neritoides*, dois habitantes comuns no supralitoral rochoso exposto estão também presentes, bem como *Fossarus ambiguus*, uma espécie típica da zona intertidal. Os indivíduos desta última espécie, regra geral, formam grupos que se escondem no interior de cavidades localizadas na parte inferior de calhaus de grandes dimensões, em sítios relativamente protegidos da costa (Houbrick, 1990).

Esta associação de espécies (unidade B1) com requisitos ecológicos tão diferentes é, provavelmente, o resultado da acumulação das conchas destas espécies em partes elevadas da praia, por acção de marés altas, uma situação que ocorre com frequência nas costas dos Açores, em especial após tempestades fortes. Um bom exemplo disto, é o que se verifica na zona de rebentação da Praia do Pópulo (costa sul da ilha de São Miguel) onde valvas desarticuladas do bivalve subtidal *Ervilia castanea* se encontram aos milhares, formando cordões litorais onde também ocorrem algumas valvas vazias de *Tellina incarnata*, *Basterotia clancula* e, por vezes, juvenis de *Callista chione* (Ávila et al., 2000).

Em alguns locais da Prainha, as areias fósseis da unidade B1 apresentam estratificação cruzada, a qual é típica de ambientes marinhos de pequena profundidade (Fig. 49), o que está de acordo com os pré-requisitos ecológicos do *Ensis minor*.



Figura 49. Areias com estratificação cruzada truncada por ondas, típica de ambientes marinhos de pequena profundidade.

O estranho desaparecimento local do *Ensis minor* e de outros bivalves litorais

O estudo das jazidas plistocénicas de Santa Maria revelou que desapareceram localmente alguns elementos da fauna existente nesses depósitos. Uma das questões mais pertinentes é precisamente o desaparecimento dos mares dos Açores de algumas espécies de bivalves, em particular do *Ensis minor*. Este bivalve possui actualmente uma ampla distribuição geográfica ao longo da costa Atlântica Europeia, estando presente desde a Noruega para Sul, até Marrocos e ocorrendo também no Mediterrâneo (Rolán *et al.*, 1989) (Fig. 50).



Figura 50. Distribuição geográfica actual do bivalve *Ensis minor* (a vermelho).

A amplitude de temperaturas em que existe actualmente, pressupõe que deveria ter passado incólume a última glaciação. No entanto, tal não sucedeu e um facto insofismável é que esta espécie (bem como outros bivalves litorais) desapareceu localmente dos Açores. Resta-nos tentar explicar porquê.

Entre os 60.000 e os 14.000 anos atrás, a temperatura superficial da água do mar nos Açores oscilou entre os 15 e os 8°C (core SU90-08, 40°N, 30°W, 3.080 m profundidade) (Cortijo *et al.*, 1997, 1999; Vidal *et al.*, 1997). Ora, estas temperaturas são similares às registadas à latitude da Noruega, onde actualmente o *Ensis minor* existe. Assim sendo, provavelmente não terá sido o factor temperatura da água do mar o responsável directo pelo desaparecimento desta espécie dos Açores. No entanto, talvez a descida da temperatura, ocorrida entre 100.000 e 14.000 anos atrás, de forma intermitente, possa ter tido um impacte, ainda que de forma indirecta. A explicação pode ainda ser mais prosaica e residir num facto bastante trivial: falta de habitat natural, neste caso areia, devido à descida do nível médio das águas do mar.

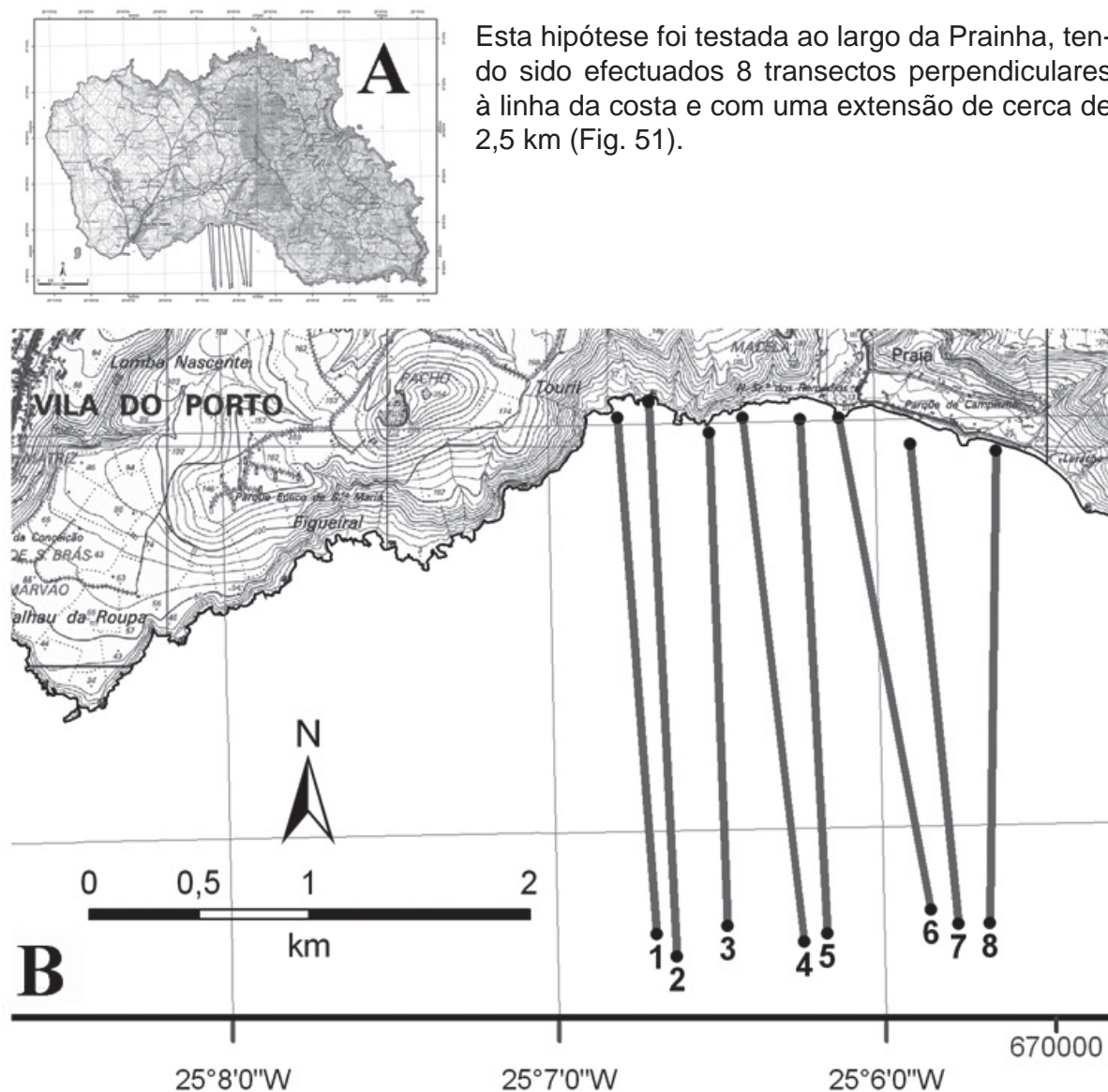


Figura 51. Localização dos transectos efectuados na costa sul de Santa Maria (A), ao largo da Prainha, e detalhe dos 8 transectos (B) (Ávila *et al.*, 2008b).

A análise dos perfis batimétricos dos oito transectos efectuados mostra que o declive da costa ao largo da Prainha-Praia Formosa pode ser dividido em duas zonas, possuindo diferentes gradientes. Nas zonas mais próximas do litoral, a profundidades entre os 0-40 m (transectos 1-4), o declive médio varia entre 2,1-2,8%; entre os 0-80 m (transectos 5-8) o declive médio é de 3,8-4,3%. Entre os 40-300 m de profundidade (transectos 1-4) e entre os 80-300 m (transectos 5-8) o declive médio é de 36-44,2% e de 36,2-47,6%, respectivamente (Fig. 52).

Aquando da última glaciação, à medida que o nível médio da água do mar foi progressivamente descendo, as espécies de bivalves litorais (bem como outros organismos) vivendo em habitats arenosos ou lodosos, foram acompanhando esta descida. Até profundidades que variam localmente entre os 40 e os 80 m, consoante a topografia da ilha, estas espécies não terão tido grandes problemas em acompanhar essa descida. Os problemas surgiram quando o nível do mar se aproximou do bordo da plataforma insular (cf. Fig. 52).

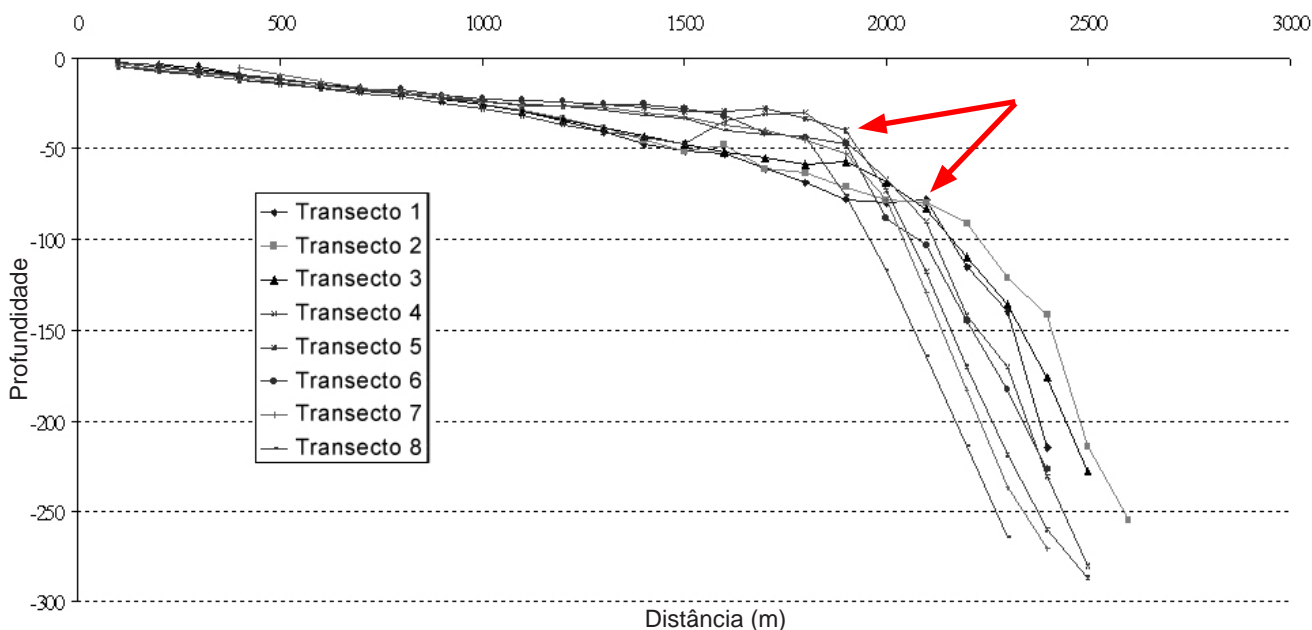


Figura 52. Perfis verticais dos oito transectos efectuados ao largo da Prainha-Praia Formosa (Ávila *et al.*, 2008b). As setas vermelhas indicam o bordo da plataforma insular.

Nos continentes, a deposição de sedimentos na plataforma continental depende de uma complexa interacção entre os sedimentos fornecidos pelo continente e transportados até ao mar por rios, com o transporte de sedimentos por correntes marinhas, os processos costeiros e a erosão durante níveis baixos das águas do mar (Thorne & Swift, 1991; Galloway & Hodbay, 1996).

Em ilhas oceânicas e vulcânicas, existem características que influenciam estes processos de forma diferente da que sucede nos continentes. Em primeiro lugar, as costas de ilhas vulcânicas são basicamente plataformas de abrasão marinha que se formam nos taludes vulcânicos dessas ilhas; por outro lado, a plataforma insular é muito reduzida, quando comparada com as dimensões da plataforma continental, o que faz com que o espaço físico existente para a acomodação de sedimentos, bem como o tempo de residência destes sedimentos na plataforma insular seja menor. Nos Açores, as fontes supletoras de sedimentos nem sempre são muito ricas na fracção arenosa, o que resulta em alguns casos de uma disponibilidade baixa deste tipo de sedimentos (Borges, 2003; Quartau, 2007). Este facto, quando combinado com uma costa muito entalhada e com um litoral próximo muito inclinado, que gera padrões localizados de ondas de pouca profundidade, originando um transporte sólido predominantemente transversal, quer a escalas temporais sazonais, quer mais longas, aliado a uma ausência generalizada de plataformas insulares periféricas com águas pouco profundas e dimensões adequadas (Borges *et al.*, 2002; Borges, 2003), faz com que o espaço físico existente para a acomodação de sedimentos, bem como o tempo de residência destes sedimentos na plataforma insular seja reduzido.

Para melhor compreensão das enormes implicações que as alterações do nível das águas do mar terão tido nas comunidades biológicas terrestres e marinhas, a seguir apresentamos um relato, necessariamente algo especulativo, sobre o que terá ocorrido na zona da Prainha, nos últimos 140.000 anos. Esta história tem o seu início no final da penúltima glaciação, há cerca de 136.000 anos (Fig. 53).

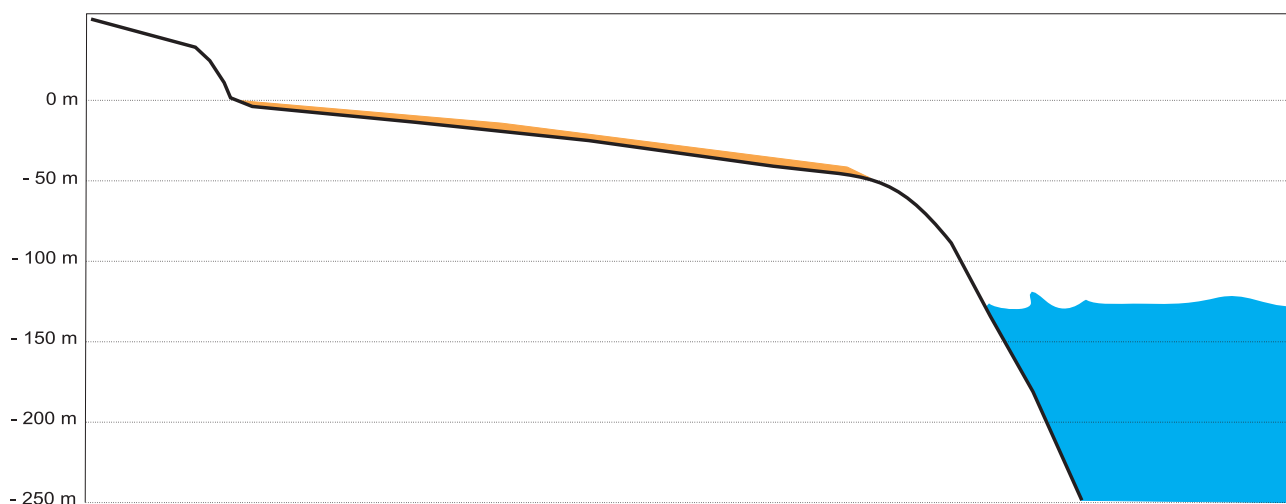


Figura 53. Perfil hipotético do litoral de Santa Maria, ao largo da Prainha-Praia Formosa, há cerca de 136.000 anos, baseado nos trabalhos de Ávila (2005) e Ávila *et al.* (2008b). A camada laranja indica prováveis areias depositadas durante o estágio interglacial (MIS 11c), cerca de 410.000 anos atrás.

Há 136.000 anos, o nível médio das águas do mar estava cerca de 120 m abaixo do actualmente registado. Nessa altura, na costa Sul da ilha de Santa Maria, em frente à zona da actual Praia Formosa, o mar estaria pelo menos 2 km a sul da presente linha de costa (Fig. 53). Num período de somente 6.000 anos (entre os 136.000 e os 130.000) o nível médio das águas subiu cerca de 125 m, atingindo no final, uma cota de 6 m acima do actual zero hidrográfico (Fig. 54). Nesta explicação, e para sua simplificação, não foram considerados os possíveis movimentos de subida da ilha de Santa Maria.

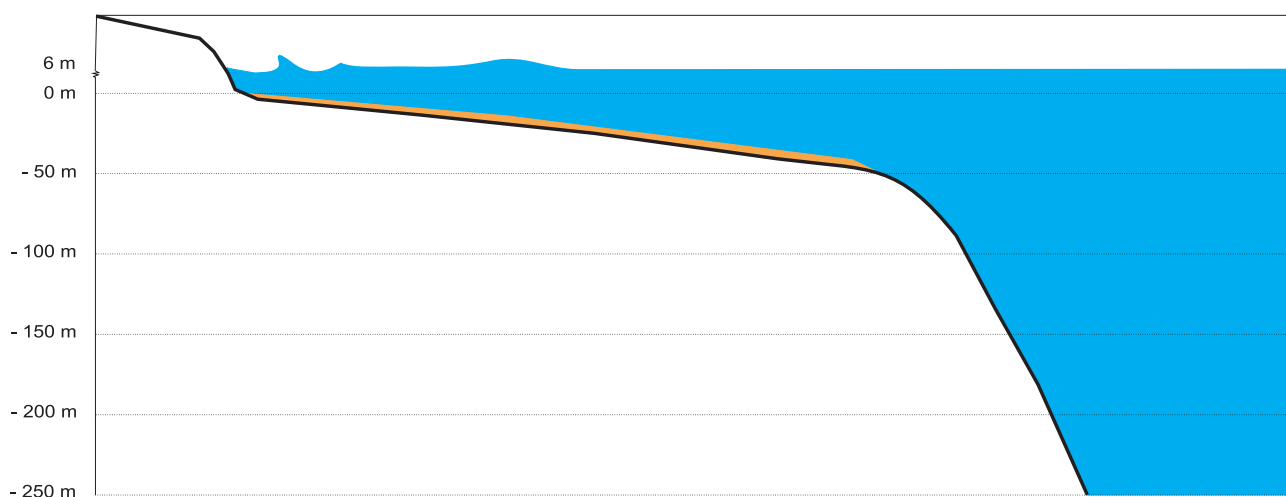


Figura 54. Perfil hipotético do litoral de Santa Maria, ao largo da Prainha-Praia Formosa, há cerca de 130.000 anos.

Entre os 130 e os 120.000 anos, o constante trabalho geológico das ondas do mar na costa, foi progressivamente talhando arribas costeiras e escavando uma plataforma litoral de abrasão marinha. Esta erosão costeira provocou o recuo da arriba, tendo os materiais rochosos resultantes do seu desmonte contribuído com sedimentos que possibilitaram a formação de uma praia de cascalho (Fig. 55). A generalidade das actuais praias de cascalho nos Açores tem uma largura reduzida, em média 5 m (Borges, 2003; 2007) e habitualmente terminam cerca dos 5 m de profundidade.

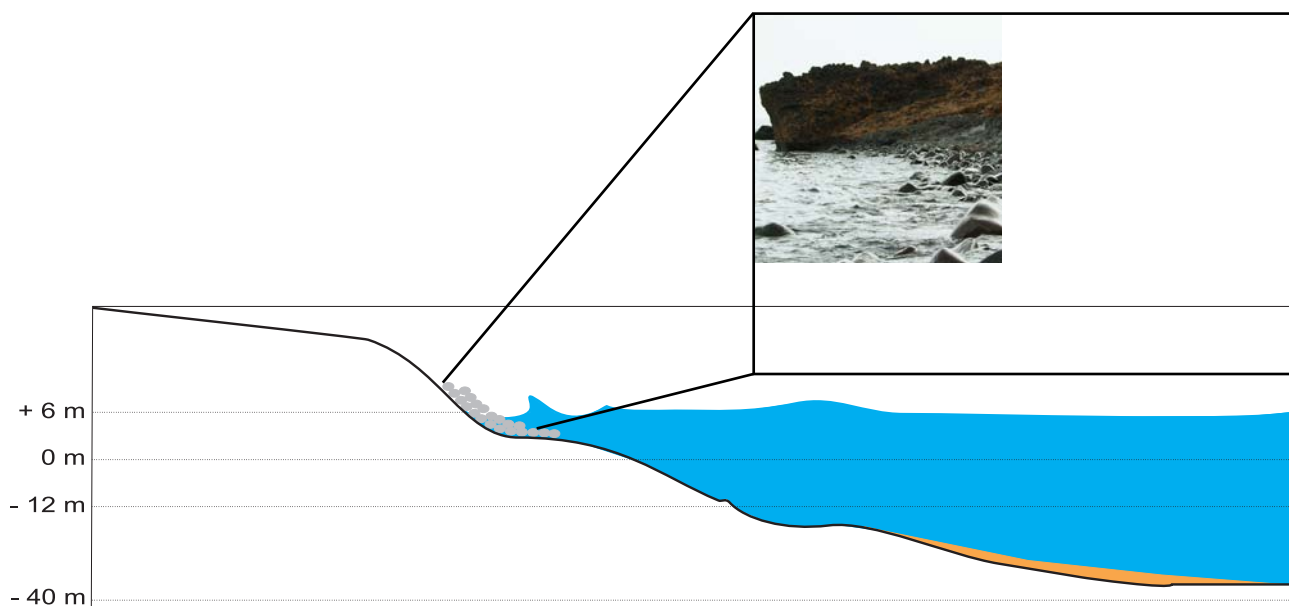


Figura 55. Perfil hipotético do litoral de Santa Maria, ao largo da Prainha-Praia Formosa, entre 130 e 117.000 anos. Formação da praia de cascalho.

O progressivo recuo da arriba e o aumento das dimensões da plataforma litoral de abrasão marinha terão provavelmente contribuído para que a praia de cascalho engordasse. Isto teve duas consequências: por um lado, originou uma zona tampão à acção directa das ondas; por outro, provocou o rebenotar das ondas a uma distância cada vez mais afastada da linha de costa. A diminuição do hidrodinamismo possibilitou também o lento acumular de sedimentos arenosos para lá da profundidade limite (Fig. 56).

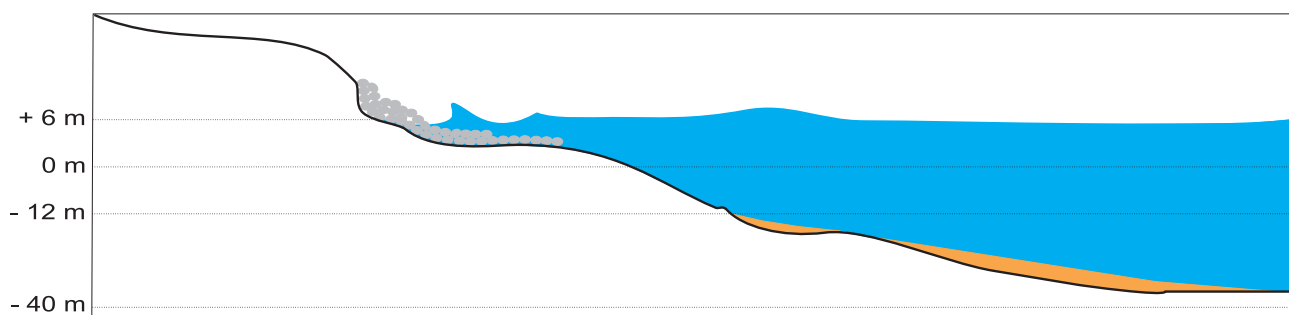


Figura 56. Perfil hipotético do litoral de Santa Maria, ao largo da Prainha-Praia Formosa, entre 130 e 117.000 anos. Recuo da arriba costeira e engorda da praia de cascalho.

A partir de certa altura, ter-se-ão reunido as condições ecológicas necessárias ao crescimento das crostas algais calcárias (Fig. 57). Estas crostas terão progressivamente contribuído para cimentar os balastros, proporcionando uma maior estabilidade do substrato, necessária para a colonização por outros organismos que não os que geralmente encontramos em praias de cascalho (ex: moluscos Elobiídeos). Praticamente desde o início da deposição da crosta algal, o bivalve endolítico perfurador *Myoforceps aristatus* (que não existe actualmente nos mares dos Açores) terá produzido as características estruturas bio-erosivas denunciadoras da sua presença (Fig. 58).

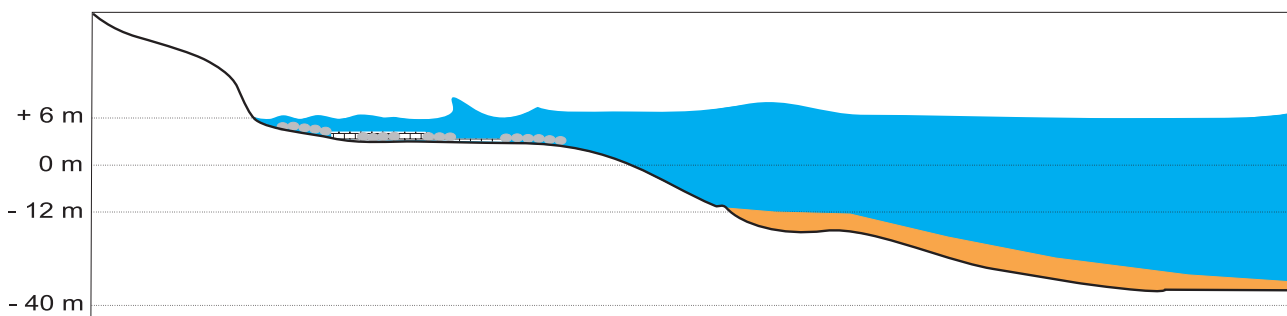


Figura 57. Perfil hipotético do litoral de Santa Maria, ao largo da Prainha-Praia Formosa, entre 130 e 117.000 anos. Início da deposição das crostas de algas calcárias sobre balastros ou directamente sobre a escoada lávica basal na plataforma litoral.

O crescimento das crostas algais, em espessura e em área recoberta, efectuou-se a profundidades que não terão ultrapassado os 1-2 m (Ávila *et al.*, 2009a) (Fig. 58).

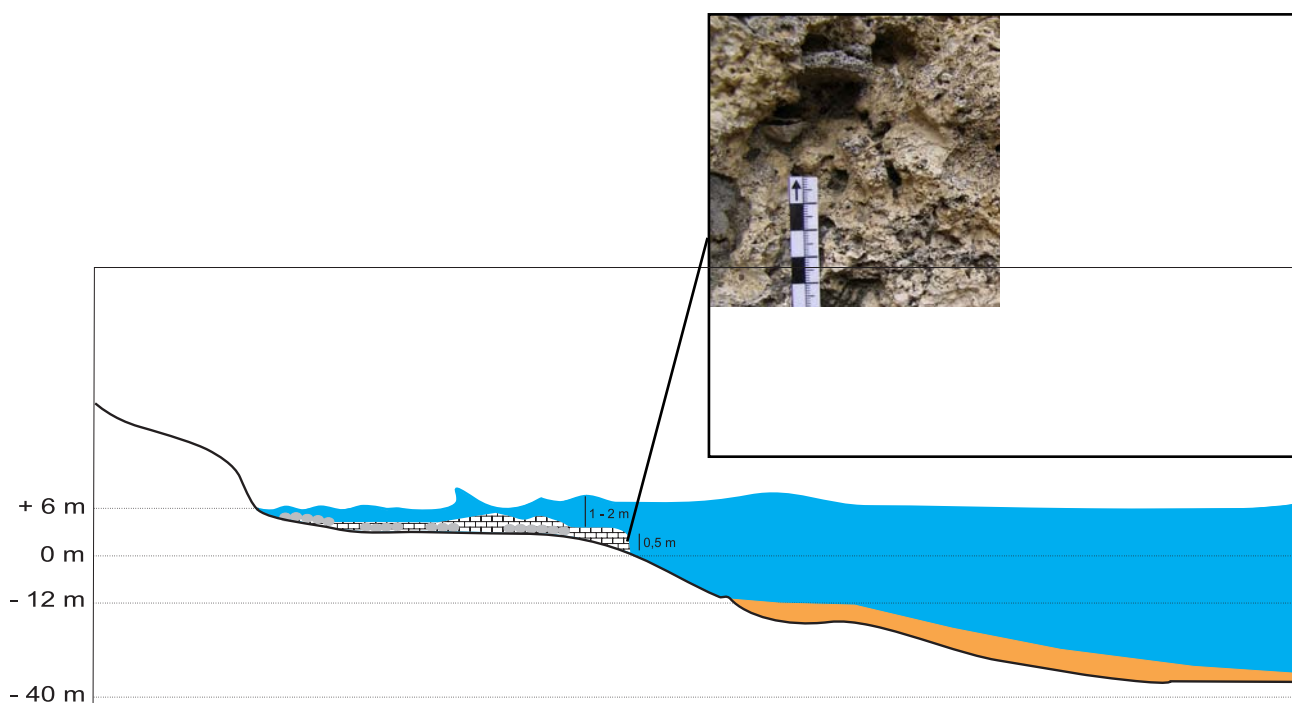


Figura 58. Perfil hipotético do litoral de Santa Maria, ao largo da Prainha-Praia Formosa, entre 130 e 117.000 anos. Crescimento em espessura e em área recoberta, das crostas de algas calcárias.

A partir de certa altura, a areia existente na praia submarina e nos fundos marinhos próximos ter-se-á depositado, muito provavelmente durante o Verão marítimo, a um ritmo superior à capacidade de crescimento das algas calcárias, literalmente fossilizando-as em vida (Fig. 59). A morte destas algas calcárias terá, por sua vez, provocado o desaparecimento local do bivalve *Myoforceps aristatus*, uma vez que esta espécie é incapaz de perfurar basaltos (*s.l.*) ou de viver em substratos arenosos.

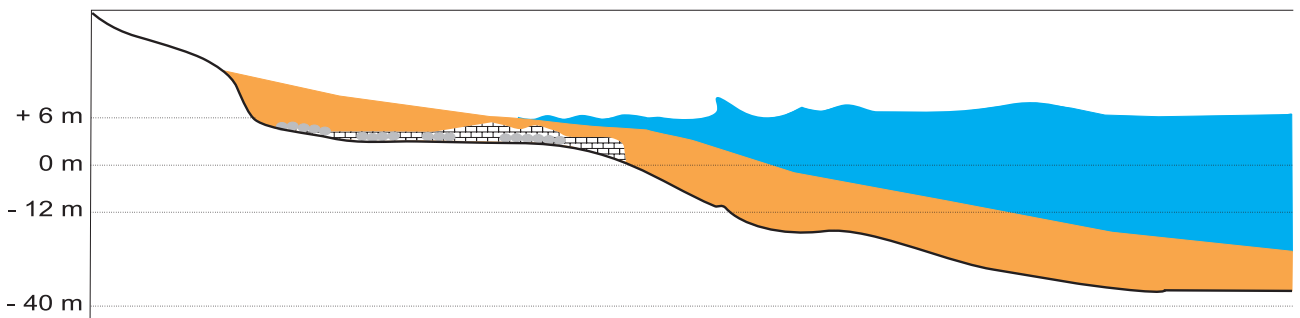


Figura 59. Perfil hipotético do litoral de Santa Maria, ao largo da Prainha-Praia Formosa. Final do MIS 5e, há cerca de 115-110.000 anos. Início da descida do nível médio das águas do mar.

A descida do nível médio das águas do mar, que teve o seu início por volta dos 115.000 anos, teve efeitos, em particular, nas comunidades associadas às praias arenosas. Não obstante o elevado ritmo de descida das águas registado nessa altura, quando estas alterações são comparadas com os desníveis diários provocados pelas marés, implicam em alterações milimétricas; assim, os organismos pura e simplesmente acompanharam a progressiva descida das águas, sem problemas de maior.

Por outro lado, o aumento da componente continental dos processos de erosão terá proporcionado a ocorrência de movimentos de massa de vertente, cujos detritos soterraram (assim protegendo) os fósseis existentes ao longo da costa, associados ao cascalho cimentado basal, às crostas algais e também às areias deixadas para trás, aquando da descida das águas (Fig. 60).

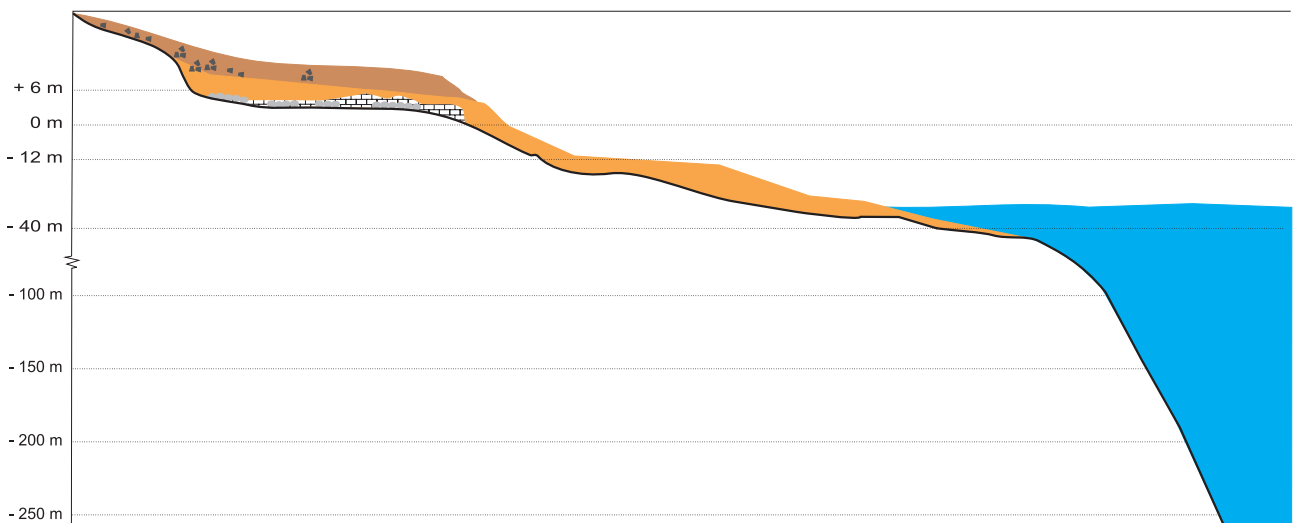


Figura 60. Perfil hipotético do litoral de Santa Maria, ao largo da Prainha-Praia Formosa. Descida do nível médio das águas do mar durante a última glaciação. Há cerca de 100.000 anos, o nível médio das águas do mar rondaria os 20 m de profundidade, de acordo com a curva global de Thompson & Goldstein (2006).

Enquanto o declive da plataforma insular foi suave, não foi problemático, para os organismos marinhos associados a substratos arenosos, acompanharem a descida das águas. No entanto, tudo se modificou quando foi atingido o bordo da plataforma insular, o qual nesta zona da ilha de Santa Maria varia entre os 50-80 m de profundidade.

Quando o nível da água chegou a este ponto e o ultrapassou, a praia submarina estaria depauperada em sedimentos arenosos (cf. Fig. 61). Os temporais de Inverno fizeram com que a areia retirada à praia começasse progressivamente a faltar nos primeiros 10 m de profundidade, pois o declive mais acentuado a partir desta cota provocava o deslizamento da areia pelo talude abrupto, sem possibilidade de reposição pelo mar no Verão seguinte (Fig. 61).

Desta forma, e uma vez que o nível das águas desceu entre 120 e 130 m (Clark & Mix, 2002), as espécies típicas dos primeiros 30 m, devem ter desaparecido localmente ou visto drasticamente reduzidos os seus efectivos populacionais. Por outro lado, espécies com uma zonação batimétrica mais ampla, devem ter ultrapassado incólumes a última glaciação. Este raciocínio tem duas consequências lógicas:

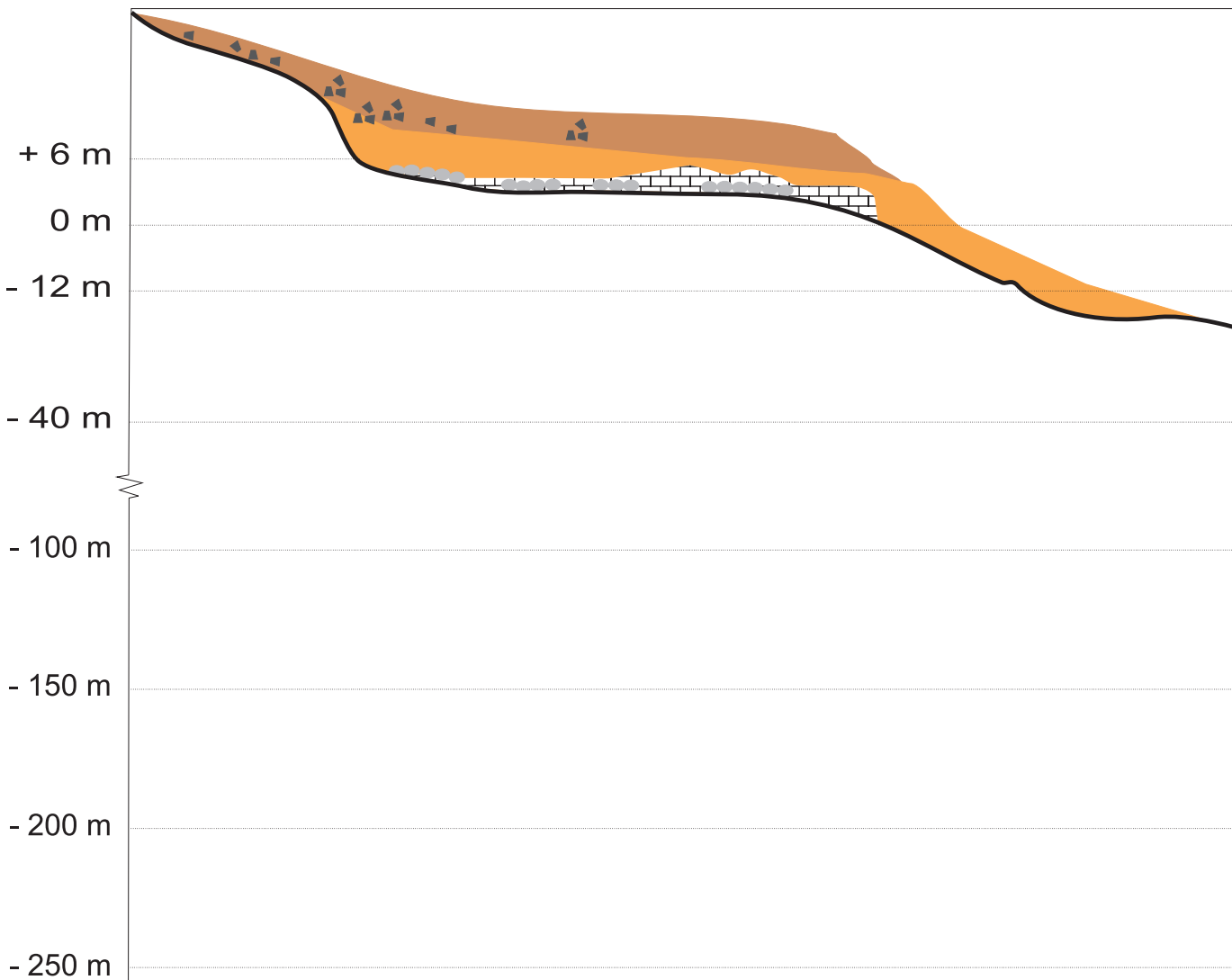
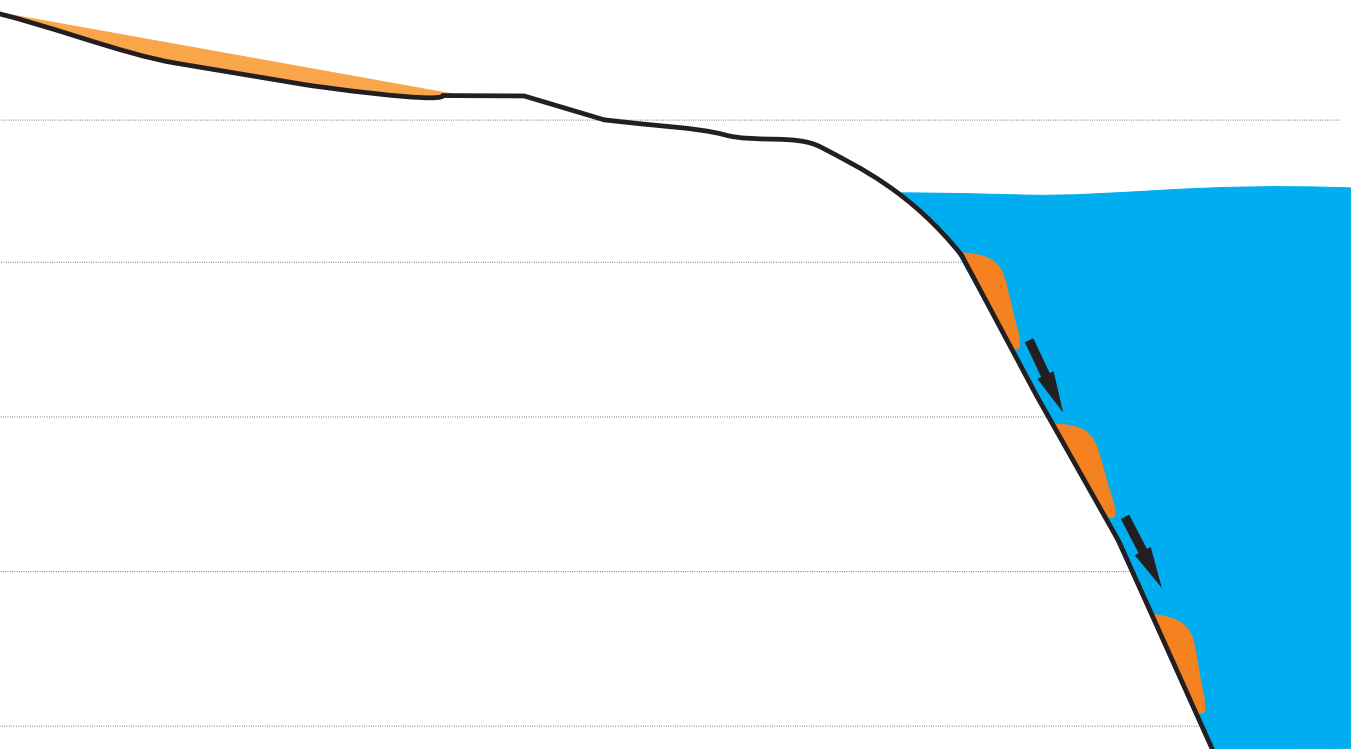
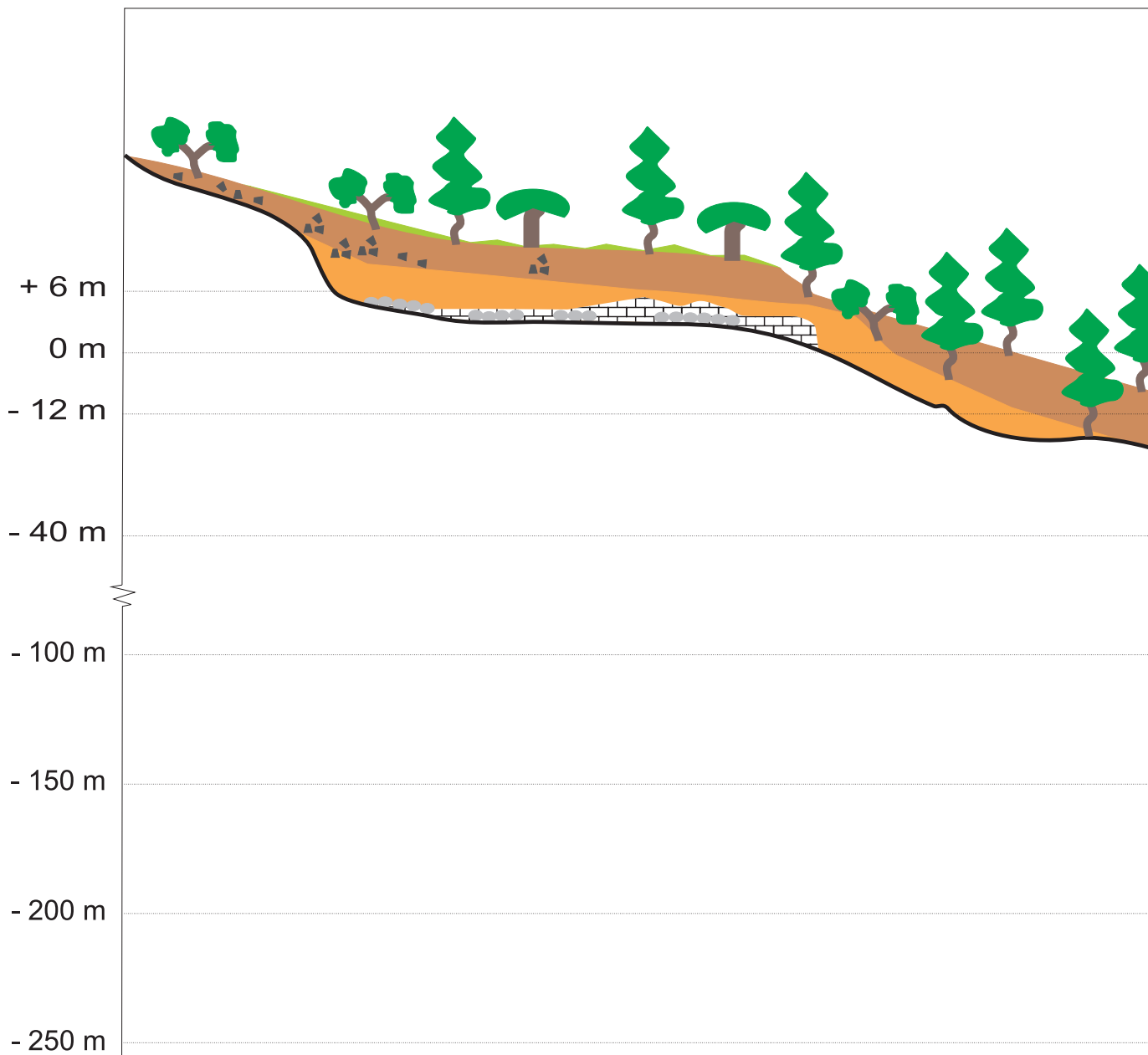


Figura 61. Perfil hipotético do liotoral de Santa Maria, ao largo da Prainha-Praia Formosa. A descida do nível médio das águas do mar durante a última glaciação terá atingido o bordo da plataforma insular de Santa Maria por volta dos 60.000 anos (Ávila *et al.*, 2008b).

1) as espécies mais afectadas pela descida do nível médio das águas abaixo dos 100 m de profundidade foram aquelas restritas aos primeiros 30-50 m e associadas somente a habitats arenosos;

2) para além dos bivalves litorais e restritos a habitats arenosos, outras espécies de animais, nomeadamente equinodermes, devem também ter sido afectadas pela falta de areia. Espécies como o ouriço irregular *Brissus unicolor* (Leske, 1778), típicas de praias arenosas entre os 10-30 m de profundidade e actualmente existindo nos Açores, no Mediterrâneo, nos dois lados do Atlântico e ainda desde Gibraltar para Sul até às ilhas de Cabo Verde (Wirtz & Martins, 1993), devem ter desaparecido dos Açores durante a última glaciação ou, pelo menos, ter passado por um processo de “gargalo-de-garrafa” – mais conhecido pelos biólogos pela expressão inglesa “*bottle-necking*” – a que corresponde uma drástica redução dos efectivos populacionais. Isto é passível de ser testado, muito embora os resultados não permitam facilmente distinguir entre as duas hipóteses adiantadas (desaparecimento local, seguido de recolonização recente, ou drástica diminuição do efectivo populacional por efeito de “gargalo-de-garrafa”).





Durante um intervalo de tempo de cerca de 45.000 anos (ou seja, entre os 60 e os cerca de 15.000 anos atrás), o nível médio das águas do mar terá estado sempre abaixo do bordo da plataforma insular de Santa Maria, o que terá possibilitado a progressiva colonização de toda a área deixada a descoberto pela descida das águas do mar, por plantas e animais terrestres (Fig. 62).

De uma forma muito sucinta (e sujeita a futuras investigações), esta terá sido a história do que terá ocorrido nesta faixa litoral da ilha de Santa Maria, entre a Prainha e a Praia Formosa. Este raciocínio pode ser expandido para as restantes ilhas dos Açores, bem como para todas as ilhas oceânicas, assim explicando a razão da pobreza faunística dos substratos arenosos em ilhas oceânicas, quando comparadas com a maior diversidade registada em praias continentais.

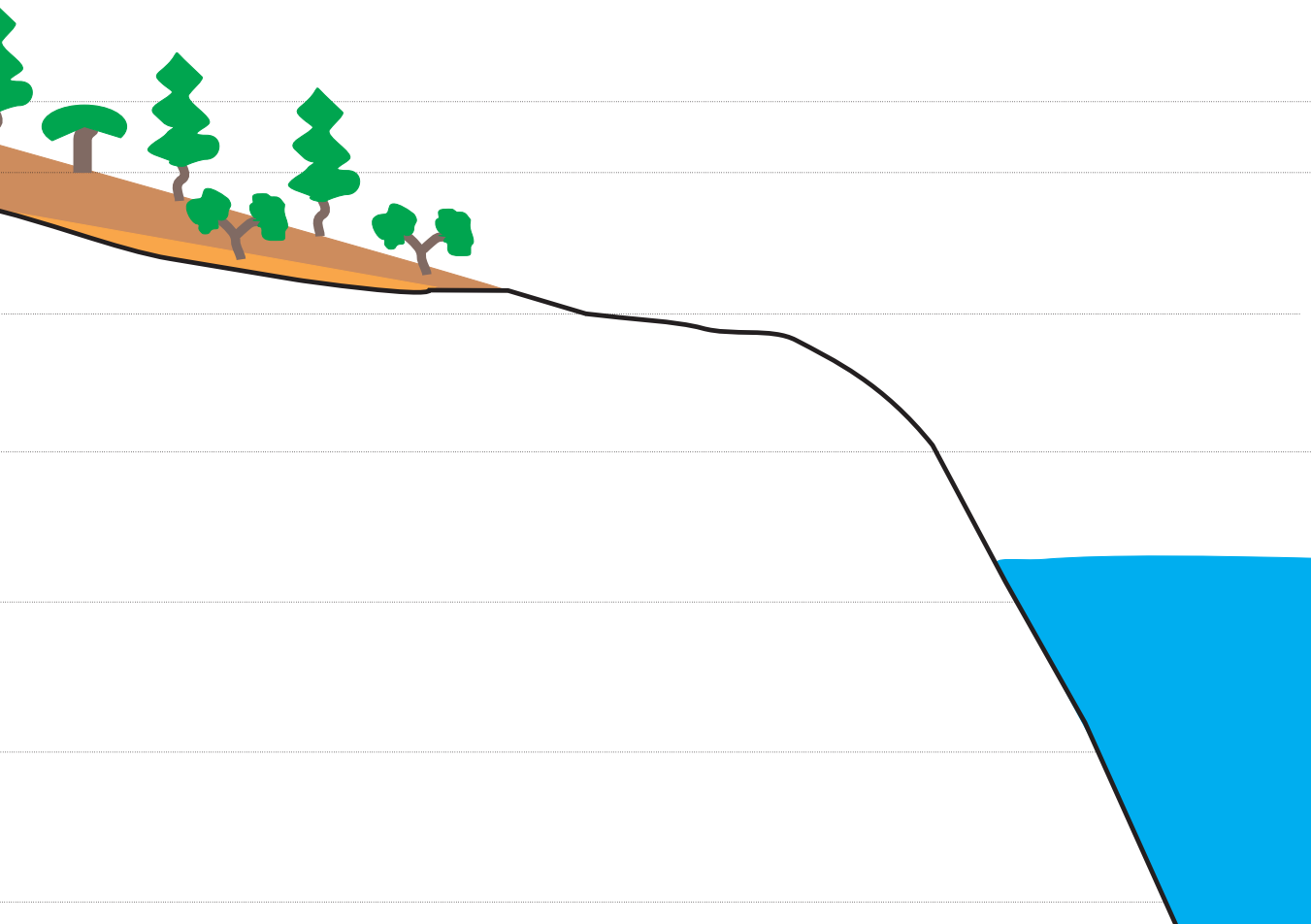


Figura 62. Perfil hipotético do litoral de Santa Maria, ao largo da Prainha-Praia Formosa, há cerca de 18.000 anos.

Uma vez percebidas as profundas implicações das subidas e descidas do nível das águas do mar, podemos retomar a explicação do desaparecimento local dos bivalves associados às areias em Santa Maria.

Na Tabela 5, apresentamos as espécies de bivalves existentes actualmente nos Açores, o tipo usual de substrato em que habitam e a respectiva batimetria. Destas 82 espécies de bivalves registadas para os Açores, duas foram retiradas desta análise, pois uma é introdução relativamente recente (*Ruditapes decussatus* (Linnaeus, 1758)) e a outra é representada por dois registos de populações de mexilhões (*Mytilus edulis* Linnaeus, 1758) que nunca se conseguiram estabelecer (Ávila *et al.*, 1998, 2000a).

Das restantes 80, 3 são bivalves perfuradores de madeira – *Psiloteredo megotara* (Hanley *in* Forbes & Hanley, 1848), *Nototeredo norvegica* (Spengler, 1792) e *Xylophaga dorsalis* (Turton, 1819) e não foram utilizadas nesta análise. Das 77 espécies que sobram, somente 13 estão restritas aos primeiros 50 m e destas, somente *Ensis minor* existe exclusivamente em fundos de areia (cf. Tabela 5).

Por outro lado, quando se comparam as espécies actuais e fósseis de acordo com o tipo de habitat, verifica-se que das quatro espécies presentes no registo fóssil em Santa Maria e actualmente desaparecidas dos Açores, três estão associadas a habitats arenosos, duas podem ainda ocorrer em fundos lodosos e uma ocorre também em zonas de gravilha (cf. Tabelas 5 e 6). Das 14 espécies de bivalves fósseis registadas para Santa Maria (Ávila *et al.*, 2002), a maioria está associada a habitats arenosos (6 espécies). Destas 6 espécies, duas desapareceram localmente (*Ensis minor* e *Lucinella divaricata*) podendo o mesmo ter sucedido com *Laevicardium crassum* (Tabela 6).

Tabela 6. Número total de espécies de bivalves presentemente existindo nos Açores, registadas para o Plistocénico de Santa Maria e dadas como desaparecidas localmente dos Açores, de acordo com o tipo de habitat.

	Total	Areia	Fundos rochosos	Gravilha	Lodo	Substratos		
						brandos	Fundos detriticos	Madeira
Presente	78	45	26	19	36	0	5	3
Fósseis	14	6	4	4	2	1	0	0
Desaparecimento local	4	3	0	1	2	1	0	0

No entanto, deve ter-se em linha de conta que a mesma espécie pode existir em mais do que um habitat. Este facto pode ser o responsável pelos desaparecimentos locais diferenciais que se verificaram na Prainha. É muito possível que algumas espécies de bivalves possam ter sobrevivido em bolsas de areia, lodo, ou, mais provavelmente, de gravilha, que se formavam ao longo da linha de costa, à medida que o nível da água do mar sofria alterações. Uma análise mais detalhada da Tabela 6 revela que outras espécies de bivalves não detectadas ainda no registo fóssil poderão ter também desaparecido localmente ou ter passado por um processo de gargalo-de-garrafa com a correspondente redução drástica do seu efectivo populacional. Estão nestas condições as espécies *Solemya togata* (Poli, 1795), *Modiolus adriaticus* (Lamarck, 1819), *Gastrana cf. fragilis* (Linnaeus, 1758) e *Gari costulata* (Turton, 1822), todas elas habitando fundos de areia ou lodosos a pequenas profundidades (desde o intertidal até aos 55 m) (Tabela 5).

Tabela 5. Bivalves actualmente existindo nos Açores ou entretanto desaparecidos localmente (D.I.). Os dados relativos ao tipo de habitat e da zonação batimétrica foram retirados de Tebble (1966), Cosel (1995), Morton (1995), Rodríguez & Sánchez, (1997), Macedo *et al.* (1999) e Salas & Gofas (1998). Os dados relativos às espécies fósseis da Prainha foram extraídos de Ávila *et al.* (2002).

Espécie	Família	Habitat	Fóssil	Batimetria (m)	D.I.
<i>Myoforceps aristatus</i> (Dillwyn, 1817).	Mytilidae	Substratos brandos	Sim	0-100	D.I.
<i>Lucinella divaricata</i> (Linnaeus, 1758)	Lucinidae	Areia, lodo	Sim	?-60	D.I.
<i>Laevicardium crassum</i> (Gmelin, 1791)	Cardiidae	Gravilha, areia, lodo	Sim	0-2195	D.I.
<i>Ensis minor</i> (Chenu, 1843)	Pharidae	Areia	Sim	0-10	D.I.
<i>Gastrana cf. fragilis</i> (Linnaeus, 1758)	Tellinidae	Lodo		Intertidal	
<i>Parvicardium vroomi</i> van Aartsen, Moolenbeek and Gittenberger, 1984	Cardiidae	?	Sim	Litoral	
<i>Neolepton cancellatum</i> Salas & Gofas, 1998	Neoleptonidae	Rochoso		0-20	
<i>Basterotia clancula</i> Von Cosel, 1995	Sportellidae	Areia, gravilha (?)		1-20	
<i>Solemya togata</i> (Poli, 1795)	Solemyidae	Areia, lodo		0-30	
<i>Trichomusculus semigranatus</i> (Reeve, 1858)	Mytilidae	Rochoso, algas coralinas		Intertidal - 30	
<i>Spondylus senegalensis</i> Schreibers, 1793	Spondylidae	Rochoso		5-30	
<i>Paphia aurea</i> (Gmelin, 1791)	Veneridae	Areia, lodo, gravilha		0-36	
<i>Venerupis pullastra</i> (Montagu, 1803)	Veneridae	Areia, lodo, gravilha		0-40	
<i>Pinna rudis</i> Linnaeus, 1758	Pinnidae	Gravilha, areia, lodo		0-40	
<i>Thracia papyracea</i> (Poli, 1791)	Thraciidae	Areia, lodo, gravilha		0-50	
<i>Thracia cf. villosuscula</i> (Macgillivray, 1827)	Thraciidae	Areia, lodo, gravilha		0-50	
<i>Parvicardium exiguum</i> (Gmelin, 1791)	Cardiidae	Gravilha, areia, lodo		0-55	
<i>Gari costulata</i> (Turton, 1822)	Psammobiidae	Areia, lodo		?-55	
<i>Abra alba</i> (W. Wood, 1802)	Semelidae	Areia, lodo, gravilha		?5-65	
<i>Pseudochama gryphina</i> (Lamarck, 1819)	Chamidae	Rochoso		0-60	
<i>Modiolus adriaticus</i> (Lamarck, 1819)	Mytilidae	Lodo		0-75	
<i>Pitar rudis</i> (Poli, 1795)	Veneridae	Gravilha, areia		0-80	
<i>Tellina incarnata</i> Linnaeus, 1758	Tellinidae	Gravilha, lodo, areia	Sim	0-85	
<i>Arca noae</i> Linnaeus, 1758	Arcidae	Rochoso		0-200	
<i>Arca tetragona</i> Poli, 1795	Arcidae	Rochoso	Sim	0-2700	
<i>Striarca lactea</i> (Linnaeus, 1758)	Noetiidae	Rochoso	Sim	0-130	
<i>Crenella arenaria</i> Monterosato, 1875	Mytilidae	?		?	

Tabela 5. Bivalves actualmente existindo nos Açores ou entretanto desaparecidos localmente (D.I.). Os dados relativos ao tipo de habitat e da zonação batimétrica foram retirados de Tebble (1966), Cosel (1995), Morton (1995), Cosel (1995), Morton (1995), Rodríguez & Sánchez, (1997), Macedo *et al.* (1999) e Salas & Gofas (1998). Os dados relativos às espécies fósseis da Praia foram extraídos de Ávila *et al.* (2002).

Espécie	Família	Habitat	Fóssil	Batimetria (m)	D.I.
<i>Dacrydium hyalinum</i> Monterosato, 1875	Mytilidae	?		Profundidade	
<i>Gregariella semigranata</i> (Reeve, 1858)	Mytilidae			?	
<i>Rhomboidella prideauxi</i> (Leach, 1815)	Mytilidae	Areia		0- profundidade	
<i>Pinctada radiata</i> (Leach, 1814)	Pteriidae	Rochoso		1-190	
<i>Pteria hirundo</i> (Linnaeus, 1758)	Pteriidae	Lodo, areia, substratos duros		15-1500	
<i>Aequipecten commutatus</i> (Monterosato, 1875)	Pectinidae	Rochoso, areia, lodo, fundos coralinos		30-2700	
<i>Aequipecten opercularis</i> (Linnaeus, 1758)	Pectinidae	Areia, lodo, fundos detriticos		4-2660	
<i>Nodipecten corallinoides</i> (d'Orbigny, 1840)	Pectinidae	Rochoso, areia, lodo	Sim	6-1250	
<i>Cyclopecten cf. hoskynsi</i> (Forbes, 1844)	Pectinidae	Areia		73-2064	
<i>Palliolium incomparabile</i> (Risso, 1826)	Pectinidae	Areia, lodo		?10-2000	
<i>Crassadoma multistriata</i> (Poli, 1795)	Pectinidae	Gravilha, areia		?-150	
<i>Crassadoma pusio</i> (Linnaeus, 1758)	Pectinidae	Rochoso	Sim	?-2300	
<i>Chlamys bruei</i> (Payraudeau, 1826)	Pectinidae	Areia, lodo		30-2500	
<i>Chlamys flexuosa</i> (Poli, 1795)	Pectinidae	Areia, lodo, fundos detriticos		1-2000	
<i>Chlamys varia</i> (Linnaeus, 1758)	Pectinidae	Rochoso, areia, lodo		?3-1400	
<i>Anomia ephippium</i> Linnaeus, 1758	Anomiidae	Rochoso		0-150	
<i>Pododesmus patelliformis</i> (Linnaeus, 1761)	Anomiidae	Rochoso		0-1400	
<i>Lima lima</i> (Linnaeus, 1758)	Limidae	Rochoso	Sim	?5-1171	
<i>Limaria hians</i> (Gmelin, 1791)	Limidae	Rochoso, areia, fundos detriticos		0-450	
<i>Limatula subauriculata</i> (Montagu, 1808)	Limidae	Fundos detriticos, areia, lodo		4-3191	
<i>Limea loscombii</i> (G.W. Sowerby I, 1824)	Limidae	Fundos detriticos, areia, lodo		10-2704	
<i>Neopycnodonte cochlear</i> (Poli, 1795)	Gryphaeidae	Rochoso	Sim	45-250	
<i>Loripes lacteus</i> Linnaeus, 1758	Lucinidae	Areia, lodo		0-150	
<i>Lucinoma borealis</i> (Linnaeus, 1767)	Lucinidae	Gravilha, areia, lodo		0-1500	
<i>Diplodonta apicalis</i> Philippi, 1836	Ungulinidae	Areia, lodo		15-500	
<i>Chama gryphoides</i> Linnaeus, 1758	Chamidae	Rochoso		?5-250	
<i>Kellia suborbicularis</i> (Montagu, 1803)	Kelliidae	Rochoso, areia, lodo		0-120	

Tabela 5. Bivalves actualmente existindo nos Açores ou entretanto desaparecidos localmente (D.I.). Os dados relativos ao tipo de habitat e da zonação batimétrica foram retirados de Tebble (1966), Cosel (1995), Morton (1995), Rodríguez & Sánchez, (1997), Macedo *et al.* (1999) e Salas & Gofas (1998). Os dados relativos às espécies fósseis da Prahilha foram extraídos de Ávila *et al.* (2002).

Espécie	Família	Habitat	Fóssil	Batimetria (m)	D.I.
<i>Planctomya nilae</i> Van Aartsen & Engl, 2001	Montacutidae	?		?	
<i>Cardita calyculata</i> (Linnaeus, 1758)	Carditidae	Rochoso	Sim	0-200	
<i>Astarte cf. sulcata</i> (da Costa, 1778)	Astartidae	Areia, lodo		4-2525	
<i>Acanthocardia aculeata</i> (Linnaeus, 1758)	Cardiidae	Lodo, areia		?5-125	
<i>Parvicardium cf. minimum</i> (Philippi, 1836)	Cardiidae	Gravilha, areia, lodo		4-2700	
<i>Pappipicardium papillosum</i> (Poli, 1795)	Cardiidae	Gravilha	Sim	0-60 / 0-1494	
<i>Arcopagia balaustina</i> (Linnaeus, 1758)	Tellinidae	Areia, lodo, gravilha		0-750	
<i>Tellina donacina</i> Linnaeus, 1758	Tellinidae	Areia, lodo		0-800	
<i>Tellina pygmaea</i> Löven, 1846	Tellinidae	Areia		0-150	
<i>Ervilia castanea</i> (Montagu, 1803)	Semelidae	Areia	Sim	10-1800	
<i>Venus casina</i> Linnaeus, 1758	Veneridae	Gravilha, areia, lodo		5-200	
<i>Venus nux</i> Gmelin, 1791	Veneridae	Areia, lodo		?5-700	
<i>Globivenus effossa</i> (Philippi, 1836)	Veneridae	Gravilha		9-1139	
<i>Timoclea ovata</i> (Pennant, 1777)	Veneridae	Gravilha, areia, lodo		4-2489	
<i>Gouldia minima</i> (Montagu, 1803)	Veneridae	Areia, lodo		0-200	
<i>Callista chione</i> (Linnaeus, 1758)	Veneridae	Areia		?5-200	
<i>Irus irus</i> (Linnaeus, 1758)	Veneridae	Rochoso		0-100	
<i>Hiatella arctica</i> (Linnaeus, 1767)	Hiatellidae	Rochoso		?5-1400	
<i>Thracia corbuloides</i> Deshayes, 1830	Thracidae	Areia, gravilha		?- profundidade	
<i>Cardiomya costellata</i> (Deshayes, 1835)	Cuspidariidae	Areia, lodo		5-2000	
<i>Lasaea adansonii</i> (Gmelin, 1791)	Lasaeidae	Rochoso, algas		0-1360	
<i>Mysella bidentata</i> (Montagu, 1803)	Montacutidae	Rochoso		0-2500	
<i>Montacuta ferruginosa</i> (Montagu, 1803)	Montacutidae	Comensal de <i>Echinocardium cordatum</i>		?5-2489	
<i>Psilothero megotara</i> (Hanley in Forbes & Hanley, 1848)	Teredinidae	Madeira a flutuar		Superficie	
<i>Nototeredo norvegica</i> (Spengler, 1792)	Teredinidae	Madeira		0-700	
<i>Xylophaga dorsalis</i> (Turton, 1819)	Xylophagidae	Madeira		0-2700	

Outras espécies de bivalves como *Abra alba* (W. Wood, 1802), *Basterotia clancula* Von Cosel, 1995, *Paphia aurea* (Gmelin, 1791), *Venerupis pullastra* (Montagu, 1803), *Thracia papyracea* (Poli, 1791) e *Thracia cf. villosiuscula* (Macgillivray, 1827), habitando profundidades que deverão ter sido afectadas pela descida do nível da água do mar (1-65 m; cf. Tabela 5), poderão ter beneficiado do facto de também conseguirem habitar em fundos de gravilha, sendo assim menor a probabilidade de desaparecerem em consequência do abaixamento das águas, do que no caso de espécies restritas a fundos lodosos ou de areia. A susceptibilidade à extinção/desaparecimento local depende da espécie considerada e pode ser influenciada por outros factores tais como a competição, densidade populacional, resistência a variações de temperatura, tipo de desenvolvimento embrionário ou ainda a maior ou menor capacidade de dispersão. No entanto, afigura-se-nos que o cenário atrás descrito de desaparecimento do suporte físico (areia) será a hipótese mais plausível para explicar o desaparecimento dos bivalves litorais associados a substratos arenosos ou lodosos. De acordo com a curva mais recente (Thompson & Goldstein, 2006), em Santa Maria (e também, em princípio nas restantes ilhas dos Açores) o desaparecimento das areias do litoral terá ocorrido por volta dos 60.000 anos, quando o nível das águas do mar desceu abaixo dos 60 m, ultrapassando o bordo da plataforma insular (Fig. 63).

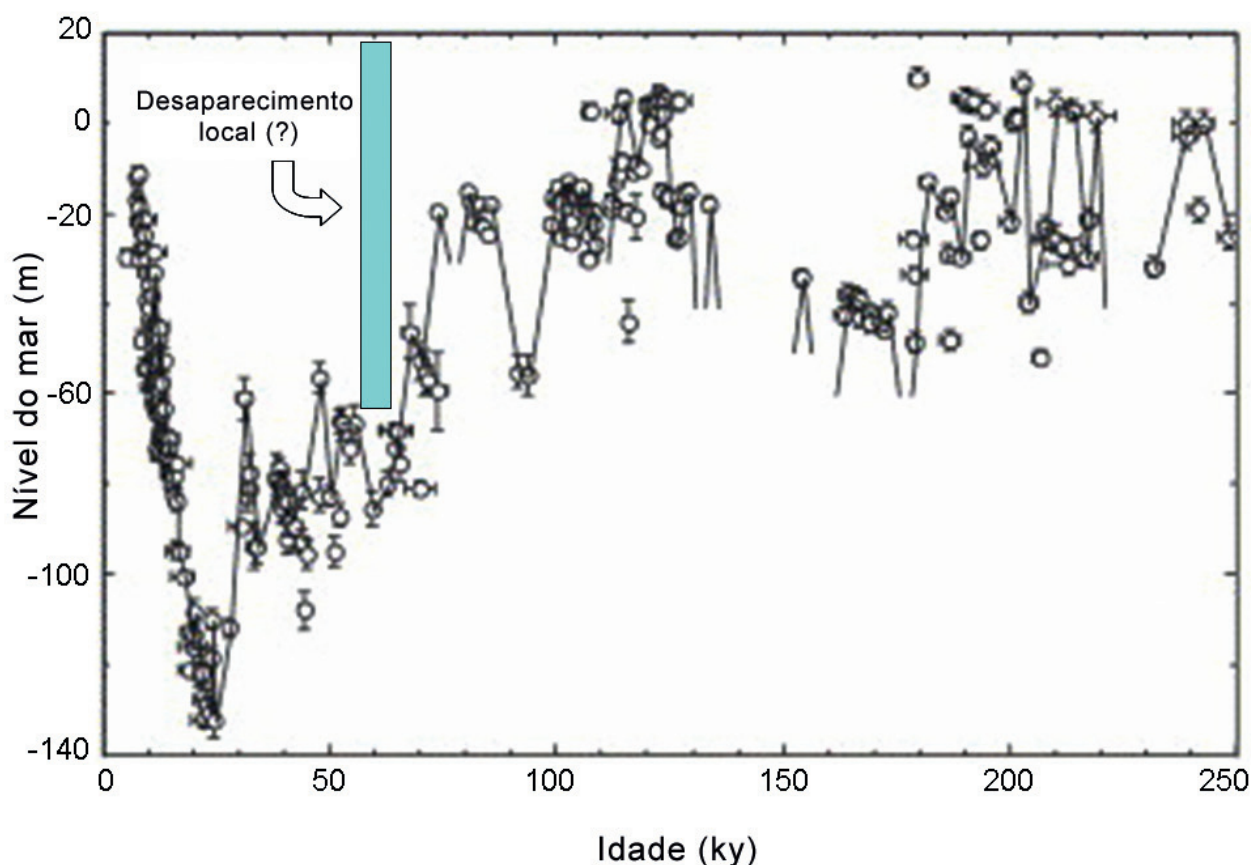


Figura 63. Curva de Thompson & Gladstein (2006). O desaparecimento local dos bivalves nos Açores terá ocorrido há cerca de 60.000 anos, por falta de substrato (areia) no litoral (Ávila *et al.*, 2008b). Actualmente, a areia é abundante no litoral entre a Prainha e a Praia Formosa (ver página seguinte).





















Relações paleobiogeográficas da fauna plistocénica de Santa Maria

O que a fauna plistocénica de Santa Maria tem de interessante, não são tanto as espécies que ainda hoje existem nos Açores, mas sim aquelas que entretanto já desapareceram e das quais só possuímos o seu testemunho por intermédio das conchas encontradas nos depósitos fossilíferos deste local (Tabela 7). Daí a importância do seu estudo, revelador de condições climáticas diferentes das actuais.

Com excepção das espécies termófilas (*Cantharus variegatus*, *Conus ambiguus*, *C. cf. ermineus*, *C. cf. miruchae*, *C. cf. roeckeli*, *Trachypollia nodulosa*, *Polynices lacteus* e *Zonaria picta*) e dos bivalves *Ensis minor*, *Laevicardium crassum* e *Lucinella divaricata* que actualmente não ocorrem nos Açores, a malacofauna encontrada na unidade B1 (areias) da Prainha (e também das Lagoinhas) em Santa Maria é muito semelhante à que actualmente povoa as costas açorianas. De acordo com Ávila (2000a, 2005a,b), a maioria das espécies de moluscos que vive nos Açores, existe também no Mediterrâneo e, em menor grau, nas costas portuguesas, bem como nos arquipélagos da Madeira e das Canárias.

Tabela 7. Distribuição estratigráfica dos moluscos Plistocénicos colectados nas jazidas da Prainha e Lagoinhas (Santa Maria) (Ávila *et al.*, 2002): des local – desaparecimento local (a espécie não existe actualmente nos Açores). Os quadrados preenchidos a negro significam que a espécie foi encontrada nessa(s) unidade(s).

	Miocénico (Mitchell-Thomé, 1976)	Conglomerado calcário cimentado (Unidade A ₁)	Algas Calcárias Unidade A2	Areia Unidade B1	Actualmente (Ávila, 2000a)
<i>Cantharus variegatus</i>					des local
<i>Conus ambiguus</i>					des local
<i>Conus cf. ermineus</i>					des local
<i>Conus cf. miruchae</i>					des local
<i>Conus cf. roeckeli</i>					des local
<i>Ensis minor</i>					des local
<i>Laevicardium crassum</i>					des local
<i>Lucinella divaricata</i>					des local
<i>Trachypollia nodulosa</i>					des local
<i>Myoforceps aristatus</i>					des local
<i>Polynices lacteus</i>					des local
<i>Zonaria picta</i>					des local

A localização dos Açores no meio do Atlântico Norte faz com que este arquipélago seja passível de sofrer colonização por espécies dos dois lados do Atlântico. Tanto hoje em dia como durante a altura em que se formaram as jazidas plistocénicas da Prainha e das Lagoinhas, a percentagem de espécies provenientes da costa Oeste-Atlântica (América), era semelhante. De facto, das 297 espécies litorais dadas para os Açores (Ávila, 2005a), 39 ocorrem também na parte ocidental do Atlântico (13,1%), ao passo que das 100 espécies aceites como válidas nos depósitos Plistocénicos das Lagoinhas e da Prainha (Ávila *et al.*, 2002), 13 espécies estão referidas nessa altura para a parte ocidental do Atlântico (13,0% - *Littorina saxatilis*, *Seila trilineata*, *Skeneopsis planorbis*, *Zebina vitrea*, *Polynices lacteus*, *Phalium granulatum*, *Charonia lampas*, *Charonia variegata*, *Trachypolia nodulosa*, *Cantharus variegatus*, *Conus ermineus*, *Conus ventricosus* e *Pinna rudis*) (Tabela 8).

Tabela 8 Comparação entre as relações biogeográficas da fauna plistocénica das Lagoinhas e da Prainha (Ávila *et al.*, 2002) e da fauna actual de moluscos litorais dos Açores (Ávila, 2005a).

	Fauna plistocénica das Lagoinhas e da Prainha		Fauna Actual dos Açores	
	nº spp.	%	nº spp.	%
Nº total espécies	100	100,0	297	100,0
Espécies endémicas	20	20,0	32	10,8
Atlântico Ocidental (América)	13	13,0	39	13,1
Atlântico Oriental (Europa/Norte de África)	71	71,0	257	86,5

Actualmente, *Stramonita haemastoma*, *Charonia variegata*, *Phalium granulatum*, *Conus ermineus* e *Polynices lacteus* são espécies anfi-Atlânticas (García-Talavera, 1981) bem como *Skeneopsis planorbis* e *Myosotella myosotis* (Ávila, 2000a), muito embora *M. myosotis* tenha sido introduzida na costa Oeste-Atlântica no Séc. XIX (Verrill, 1880). No entanto, pensamos que *Polynices lacteus* estará incorrectamente referido para os Açores por Morton *et al.* (1998). Estes autores basearam-se no trabalho de Laursen (1981) para citar esta espécie para o arquipélago. Não obstante as dimensões consideráveis (superiores a 2 cm de comprimento) que os adultos desta espécie atingem, não possuímos um único exemplar desta espécie na extensa colecção dos moluscos marinhos litorais recentes dos Açores, existente no DBUA (Departamento de Biologia da Universidade dos Açores).

Assim, e à semelhança do que ocorre actualmente, a grande maioria dos fósseis Plistocénicos encontrados nas jazidas da Prainha (e das Lagoinhas) estão também relacionados com a parte oriental do Atlântico, isto é, com as costas Europeias.

A rota dos fósseis

A “Ilha do Sol”, como é conhecida a ilha de Santa Maria, poderia também ser conhecida como a “Ilha dos Fósseis”, pois é a única dos Açores onde eles existem (e em abundância). A existência deste registo sedimentar marinho, com abundantes níveis fossilíferos integrados em unidades de diversas idades (desde o final do Miocénico ao Plistocénico), confere-lhe importância paleontológica internacional.

A diversidade e riqueza das associações de fósseis, aliada a uma grande variedade de litologias, fornece importantes elementos de interpretação e de definição dos paleoambientes que esta ilha comportou ao longo da sua evolução geológica. A implementação em Santa Maria de um turismo que explore o tema actual da Biogeodiversidade, pode ser efectuada através de “A Rota dos Fósseis”, um projecto multidisciplinar e abrangente, baseado na utilização sustentável deste recurso.

Tal só será possível com o envolvimento e a participação activa dos residentes na ilha de Santa Maria. Adquirem assim particular relevância as acções de educação/sensibilização dirigidas à população, de que são exemplo as exposições de fotografia sobre as jazidas fósseis de Santa Maria (Fig. 64), os ciclos de palestras que os responsáveis do **MPB** organizam em Vila do Porto, aquando dos workshops internacionais “*Palaeontology in Atlantic Islands*” (Fig. 65), ou ainda as acções de divulgação científica direccionadas para os alunos das escolas de Santa Maria, tudo isto tendo em vista a valorização do património “Fósseis” (Fig. 66).



Figura 64. Exposição de fotografias de Pedro Monteiro sobre a jazida fossilífera da “Pedra-que-Pica” (Junho de 2009), aquando do 6º Workshop Internacional “*Palaeontology in Atlantic Islands*”.



Figura 65. Ciclo de palestras efectuados em Santa Maria, no “Central-Pub”, durante os Workshops Internacionais “*Palaeontology in Atlantic Islands*” (Junho de 2008 e 2009).

Salientamos ainda a promoção e divulgação científica e turística dos fósseis de Santa Maria (e da própria ilha) em congressos internacionais e nacionais da especialidade, bem como em artigos especializados e em livros direccionados para um público mais vasto, de que são exemplo o recente “*Açores - O Império dos Fósseis*”, editado em 2009 (Fig. 67), este livro, ou ainda o programa de televisão sobre as jazidas fósseis de Santa Maria, com imagem e realização de José Serra (RTP-Açores), texto e locução de Filipe Porteiro (Univ. Açores) e produção da RTP-Açores, o qual foi visionado pela primeira vez em Abril de 2010.



Figura 66. Actividades de divulgação científica efectuadas por membros do **MPB** aos alunos das escolas de Santa Maria, com visitas guiadas à jazida da Prainha (Outubro de 2009).




Figura 67. Lançamento do livro “Açores - O Império dos Fósseis”, no Centro de Interpretação Ambiental Dalberto Pombo, em Novembro de 2009.

É assim primordial garantir o apoio das entidades competentes (Governo Regional, Autarquia e forças vivas da ilha) a estas e outras iniciativas que implementem práticas ambientais sustentáveis e responsáveis, através da consciencialização e disseminação da informação científica nas escolas, comunidades e empresas.

Sabemos que não é fácil diminuir a sazonalidade da actividade turística em Santa Maria mas estamos convencidos que a existência nesta ilha de um produto “verde” inovador, único nos Açores no mercado do ecoturismo, seria um valor acrescido para potenciar a indústria do turismo naquela ilha.

Com o projecto “A Rota dos Fósseis”, defendemos a criação de 5 “trilhos” (4 pedestres e um marítimo, este adjudicado em exclusivo ao Clube Naval de Santa Maria), nos quais se conte aos turistas a história biológica e geológica dos locais por onde passam os trilhos. Estes passeios turísticos devem ter a supervisão de guias devidamente credenciados pelo **MPB**, os quais para além de acompanharem os turistas, lhes devem fornecer informações precisas sobre a biologia (fauna e flora actual), a geologia e a história da formação dos vários estratos observados, bem como a paleobiodiversidade desses lugares.

A criação destes postos de trabalho qualificado ajudam à fixação da população na sua terra natal e promovem o consequente desenvolvimento económico da ilha de Santa Maria, fazendo parte do conceito de uma actividade que se pretende sustentável, assim sendo um importante objectivo do projecto “A Rota dos Fósseis”. A continuidade das investigações científicas de base paleontológica na ilha permitirá certamente novas descobertas, aumentando o interesse por este projecto e proporcionando novos motivos de interesse a transmitir aos turistas que futuramente pisem o solo mariense. Ao assegurar aos turistas uma experiência satisfatória e aos investigadores novos materiais de estudo, obter-se-á, para além de uma consciencialização e maior interesse da população em práticas ambientais sustentáveis, uma fonte de receitas não negligenciável para a ilha de Santa Maria.

An aerial photograph of a coastal region. In the foreground, there is a sandy beach with waves breaking onto it. A purple dot is placed on the beach, with the word "Prainha" written in white text below it. Behind the beach is a dense green forest. Further inland, the terrain is a mix of green and brown, with several dashed lines (white, orange, and yellow) tracing paths or boundaries across the landscape. In the background, there are rolling hills and a clear blue sky. The ocean is a deep blue color.

Prainha

213 m

© 2010 T
© 2010
Image © 2010
Data SIO, NOAA, U.S.



Figura 68. Visualização em 3D, do trilho pedestre Macela-Prainha-Praia Formosa na freguesia da Almagreira.

Trilho pedestre Macela-Prainha-Praia Formosa

A ilha de Santa Maria possui actualmente três trilhos pedestres: PR2SMA Pico Alto – Anjos; PRC3SMA Entre a Serra e o Mar; PR4SMA Santo Espírito – Maia (Trails Azores, 2009). Em nenhum deles se faz referência aos fósseis de Santa Maria.

No presente trabalho, descreve-se o primeiro trilho de “A Rota dos Fósseis”, o caminho pedestre Macela-Prainha-Praia Formosa (Fig. 68). Este trilho linear com cerca de 6 km de extensão, com um grau de dificuldade médio e uma altitude que varia entre o nível do mar e os 115 metros, tem início na Macela, prolonga-se até à linha de costa sobranceira à Prainha, aí desce até à zona litoral, continua ao longo de toda a extensão da Prainha (para Oeste) e termina na Praia Formosa (Figs. 68 e 69), permitindo aos seus visitantes a oportunidade de poderem apreciar, para além da beleza paisagística e da fauna e flora, a riqueza de um vasto conjunto de fósseis existentes ao longo da orla marítima.

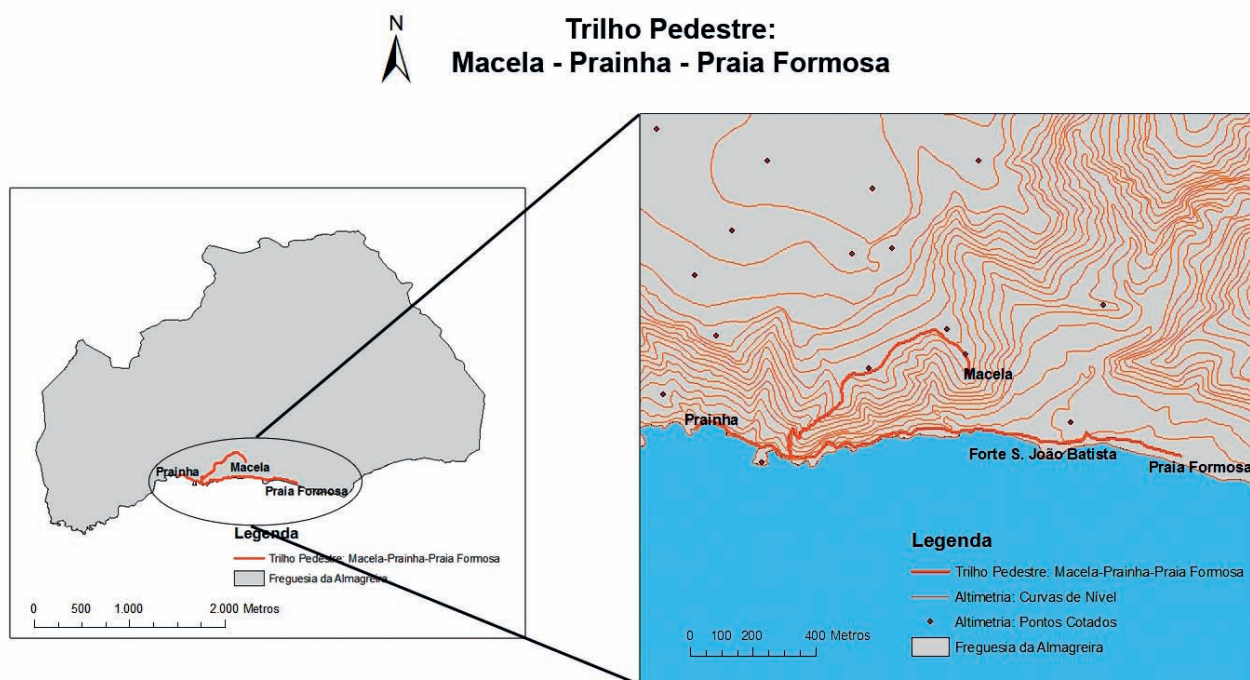


Figura 69. Localização do trilho pedestre Macela-Prainha-Praia Formosa na freguesia da Almagreira (esquerda) e projecção cartográfica da implantação do trilho (direita).

Com a delineação deste percurso, pretende-se ainda consciencializar os visitantes a caminharem apenas pelo trilho, sem danificar o meio envolvente nem recolher qualquer fóssil das jazidas. Uma vantagem que este trilho tem, é o facto de ser relativamente estreito, o que permite apenas a passagem de pessoas, evitando-se assim efeitos mais graves como os provocados por passeios a cavalo, de bicicleta ou por veículos motorizados (Pickering & Hill, 2007) (Fig. 70).

Os estudos efectuados nesta zona desde 1999 permitiram determinar, numa primeira fase, quais as espécies de fósseis aí existentes e, numa fase mais adiantada, relacionar num todo coerente a paleobiodiversidade com a biologia e a geologia do local.

A história da jazida da Prainha que o trilho pedestre aqui proposto permite contar, é fascinante. Para além da sua grande riqueza paleontológica, o fácil acesso permite a sua exploração pelo mercado turístico e possibilita outras actividades de carácter didáctico-pedagógico.

Este trilho termina em plena Praia Formosa, zona de veraneio por excelência e onde existem vários cafés e restaurantes que poderão servir de apoio, oferecendo aos turistas a oportunidade de descansarem do seu passeio, ao mesmo tempo que usufruem da beleza cénica envolvente, podendo inclusive, se assim o desejarem, terminar o seu passeio com um mergulho retemperador nas águas calmas e quentes da Praia Formosa (Fig. 71).



Figura 70. Alguns aspectos do trilho pedestre Macela-Prainha-Praia Formosa na freguesia da Almagreira. Em baixo, vista da Prainha.





Figura 71 (página anterior). Areal da Praia Formosa, ao fim da tarde.

Conclusão

O aumento do interesse da comunidade científica pelas jazidas fósseis de Santa Maria possibilitou a constatação de que estas estão, no seu geral, ameaçadas ou mesmo em risco de parcial ou total destruição, quando se toma em consideração determinados factores, quer a nível natural, quer a nível antropogénico.

Muitas das jazidas fósseis localizam-se em zonas do litoral, expostas à erosão marinha. De entre as jazidas, as da Prainha e a da Praia do Calhau são exemplos elucidativos dos riscos a que estão sujeitas nos dias de hoje. Ambas localizadas na zona balnear da Praia Formosa, estão expostas não só à erosão marítima mas também à crescente pressão, à medida que outros locais turísticos como a Baía dos Anjos, Maia e São Lourenço se tornam incapazes de responder ao aumento da pressão do mercado turístico, ainda assim, muito localizada nos meses de Verão. A acessibilidade que torna uma jazida um potencial local de estudo e lazer, sem uma boa fiscalização e sem estruturas de protecção, pode tornar-se num factor de risco, em particular quando se considera o bom estado dos fósseis de muitas jazidas, tornando-os um alvo para o coleccionismo irresponsável. Apenas se pode minorar este risco através do seu isolamento e de campanhas de sensibilização, salientando junto das populações locais que um fóssil fora do seu contexto perde todo o seu valor.

A atenção aqui dada a todos os potenciais e riscos das jazidas de Santa Maria, provém de um renovado interesse científico que está apenas no seu início. Além da necessidade de continuar o estudo do património paleontológico de Santa Maria, é imperativo prosseguir os esforços de sensibilização das populações locais, no sentido de realçar a importância deste património natural único nos Açores, bem como o potencial da sua exploração com carácter não destrutivo, apresentando-se como uma mais valia para a economia local e, com a grande vantagem, de ser sustentável a longo prazo.



2010

Bibliografia

- ADEY, W. H., 1979. Coralline algae as indicators of sea-level. In PLASCHE, O. VAN DE (Ed.). *Sea-level research, a manual for the collection and evaluation of data*: 229-280.
- AGOSTINHO, J., 1937. Sobre a tectónica da ilha de Santa Maria. *Açoreana*, 1(4): 281-286.
- AMEN, R., 2002. *Estudo da jazida fossilífera da Praínha, Santa Maria, Açores*, 51pp. Tese de licenciatura, Universidade dos Açores, Ponta Delgada.
- AMEN, R. G., A. I. NETO & J. M. N. AZEVEDO, 2005. Coralline-algal framework in the Quaternary of Prainha (Santa Maria island, Azores). *Revista Española de Micropaleontología*, 37(1): 63-70.
- ÁVILA, S. P., 1998. Zonação intertidal de uma comunidade malacológica numa lagoa costeira localizada na costa Sul da ilha do Pico, Açores. *Açoreana*, 8(4): 436-486.
- ÁVILA, S. P., 2000a. Shallow-water marine molluscs of the Azores: biogeographical relationships. *Arquipélago. Life and Marine Sciences. Supplement 2 (Part A)*: 99-131.
- ÁVILA, S. P., 2000b. The shallow-water Rissoidae (Mollusca, Gastropoda) of the Azores and some aspects of their ecology. *Iberus*, 18(2): 51-76.
- ÁVILA, S. P., 2000c. *Sistemática e ecologia dos Moluscos (Gastropoda, Bivalvia e Polyplacophora) litorais em São Vicente, Capelas (São Miguel, Açores)*, 113 pp.. Tese de Mestrado. Universidade dos Açores, Ponta Delgada.
- ÁVILA, S.P., R. AMEN, J.M.N. AZEVEDO, M. CACHÃO & F. GARCÍA-TALAVERA, 2002. Checklist of the Pleistocene marine molluscs of Praínha and Lagoínhas (Santa Maria Island, Azores). *Açoreana*, 9(4): 343-370.
- ÁVILA, S. P., 2003. The littoral molluscs (Gastropoda, Bivalvia and Polyplacophora) of São Vicente, Capelas (São Miguel Island, Azores): ecology and biological associations to algae. *Iberus*, 21(1): 11-33.
- ÁVILA, S. P. & M. A. MALAQUIAS, 2003. Biogeographical relationships of the molluscan fauna of the Ormonde seamount (Gorringe bank, Northeast-Atlantic Ocean). *Journal of Molluscan Studies*, 69: 145-150.
- ÁVILA, S. P., 2005a. *Processos e Padrões de Dispersão e Colonização nos Rissoidae (Mollusca: Gastropoda) dos Açores*, x+329 pp. PhD Thesis, Universidade dos Açores, Ponta Delgada.
- ÁVILA, S. P., 2005b. Probable routes of colonization of the islands of the Azores: patterns and processes of dispersion and colonization of the littoral marine molluscs. *Portugalia*, 5: 15-16.
- ÁVILA, S. P., A. C. SANTOS, A. M. PENTEADO, A. M. RODRIGUES, I. QUINTINO & M. I. MACHADO, 2005. The molluscs of the intertidal algal turf in the Azores. *Iberus*, 23(1): 67-76.
- ÁVILA, S. P. & A. M. de FRIAS MARTINS (Eds.), 2007. Palaeontology in Atlantic Islands. Proceedings of the First Atlantic Islands Neogene, International Congress. *Açoreana*, Supplement 5: 1-172.
- ÁVILA, S. P., P. MADEIRA, F. GARCÍA-TALAVERA, C. MARQUES DA SILVA, M. CACHÃO & A. M. DE FRIAS MARTINS, 2007. *Luria lurida* (mollusca: gastropoda), a new record for the Pleistocene of Santa Maria (Azores, Portugal). *Arquipélago*, 24: 53-56.

- ÁVILA, S.P., P. MADEIRA, N. MENDES, A. REBELO, A. MEDEIROS, C. GOMES, F. GARCÍA-TALAVERA, C. MARQUES DA SILVA, M. CACHÃO, C. HILLAIRE-MARCEL & A. M. DE FRIAS MARTINS, 2008a. Mass extinctions in the Azores during the last glaciation: fact or myth? *Journal of Biogeography*, 35: 1123-1129. doi:10.1111/j.1365-2699.2008.01881.
- ÁVILA, S.P., P. MADEIRA, C. MARQUES DA SILVA, MÁRIO CACHÃO, BERNARD LANDAU, RUI QUARTAU & A.M. DE FRIAS MARTINS, 2008b. Local disappearance of bivalves in the Azores during the last glaciation. *Journal of Quaternary Science*, 23: 777-785. doi.wiley.com/10.1002/jqs.1165.
- ÁVILA, S.P. & P. MONTEIRO, 2009. *Açores - O Império dos Fósseis*, 272pp. Edições Cai-xotim, Lda., Porto.
- ÁVILA, S. P., P. MADEIRA, C. ZAZO, A. KROH, M. KIRBY, C. M. DA SILVA, M. CACHÃO & A. M. DE FRIAS MARTINS, 2009a. Palaeocology of the Pleistocene (MIS 5.5) outcrops of Santa Maria Island (Azores) in a complex oceanic tectonic setting. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 274: 18-31.
- ÁVILA, S.P., C. MARQUES DA SILVA, RALF SCHIEBEL, F. CECCA, THIERRY BACKELJAU & A. M. DE FRIAS MARTINS, 2009b. How did they get here? Palaeobiogeography of the Pleistocene marine molluscs of the Azores. *Bulletin of the Geological Society of France*, 180: 295-307.
- BASSINOT, F. C., L. D. LABEYRIE, E. VINCENT, X. QUIDELLEUR, N. J. SHACKELTON & Y. LANCELOT, 1994. The astronomical theory of climate and the age of the Brunhes-Matuyama magnetic reversal. *Earth and Planetary Science Letters*, 126: 91-108.
- BERRY, R. J., 1992. The significance of island biotas. *Biological Journal of the Linnean Society*, 46: 3-12.
- BERTHOIS, L., 1950. Sur la présence d'une microfaune dans le calcaire de Santa Maria (Açores). *Açoreana*, 4(4): 277-287.
- BERTHOIS, L., 1951. Sur la présence de basses terrasses marines dans l'Archipel des Açores. *Comptes Rendus du 76ème Congrès des Sociétés Savantes à Rennes*: 101-106.
- BERTHOIS, L., 1953. Contribution à l'étude lithologique de l'Archipel des Açores. *Comunicações dos Serviços Geológicos de Portugal*, 34: 1-198, 13 pls.
- BORGES, P., 2003. *Ambientes litorais nos grupos Central e Oriental do arquipélago dos Açores, conteúdos e dinâmica de microescala*. Tese de Doutoramento, Dep. Geociências Universidade dos Açores, 413 pp.
- BORGES, P., 2007. *Parecer sobre "Extracção de calhau rolado – utilização na pesca – ilha Terceira"*. Relatório Técnico-Científico 01/DGUA/2007, 16 p.
- BORGES, P., ANDRADE, C. & FREITAS, M.C., 2002. Dune, bluff and beach erosion due to exhaustive sand mining – the case of Santa Barbara beach, São Miguel (Azores, Portugal). *Journal of Coastal Research*, SI 89-95.
- BRÖNN, H. G., 1860. Die fossilen Reste von Santa Maria, der südlichsten der Azorischen Inseln. In: HARTUNG, G.(Ed.), 1860. *Die Azoren in ihrer äusseren Erscheinung und nach ihrer geognostischen Natur*, 350 pp. Verlag von Wilhelm Engelmann, Leipzig.

- CACHÃO, M., J. MADEIRA, C. MARQUES DA SILVA, J. M. N. AZEVEDO, A. P. CRUZ, C. GARCIA, F. SOUSA, J. MELO, M. AGUIAR, P. SILVA, R. AMEN & S. P. ÁVILA, 2003. Pedreira do Campo (Santa Maria, Açores): monumento natural. *Actas do VI Congresso Nacional de Geologia. Ciências da Terra (UNL)*, Lisboa, nº V: 120-123.
- CALADO, H., S.P. ÁVILA & P. MADEIRA, 2007. The Coastal Zone Management Plan of Santa Maria as a chance for fossiliferous outcrops management. *In: ÁVILA, S. P. & A. M. DE FRIAS MARTINS (Eds.): Proceedings of the "1st Atlantic Islands Neogene", International Congress, Ponta Delgada, 12-14 June 2006. Açoreana, Suplemento 5: 162-172.*
- CALLAPEZ, P. & A. F. SOARES, 2000. Late Quaternary marine mollusks from Santa Maria (Azores); paleoecologic and paleobiogeographic considerations. *Ciências da Terra (UNL)*, 14: 313-322.
- CARDIGOS F., F. TEMPERA, S. P. ÁVILA, J. GONÇALVES, A. COLAÇO & R. S. SANTOS, 2006. Non-indigenous Marine Species of the Azores. *Helgoland Marine Research*, 60(2): 160-169.
- CLARK, P. U. & A. C. MIX, 2002. Ice sheets and sea level of the Last Glacial Maximum. *Quaternary Science Reviews*, 21(1-3): 1-7.
- COLLINA-GIRARD, J., 1999. Scuba observations of standstill levels in Elba Island (Italy) and in Marie-Galante (West Indies). A worldwide sequence? *Earth and Planetary Sciences*, 328: 823-829.
- CORTIJO, E., L. LABEYRIE, L. VIDAL, M. VAUTRAVERS, M. CHAPMAN, J. C. DUPLESSY, M. ELLIOT, M. ARNOLD, J. L. TURON & G. AUFFRET, 1997. Changes in sea surface hydrology associated with Heinrich event 4 in the North Atlantic Ocean between 40°N and 60°N. *Earth and Planetary Science Letters*, 146: 29-45.
- CORTIJO, E., S. LEHMAN, L. KEIGWIN, M. CHAPMAN, D. PAILLARD & L. LABEYRIE, 1999. Changes in meridional temperature and salinity gradients in the North Atlantic Ocean (30°-72°N) during the last interglacial period. *Palaeoceanography*, 14: 23-33.
- COSEL, R. VON, 1995. Fifty-one new species of marine bivalves from tropical West Africa. *Iberus*, 13(1): 1-115.
- COTTER, J. C. B., 1888-1892. Notícia de alguns fósseis terciários da ilha de Santa Maria no Archipélago dos Açores. *Comunicações da Comissão de Trabalhos Geológicos de Portugal*, 2: 255-287.
- CRONK, Q. C. B., 1997. Islands: stability, diversity, conservation. *Biodiversity and Conservation*, 6: 377-493.
- ESTEVENS, M. & S.P. ÁVILA, 2007. Fossil whales from the Azores. *In: ÁVILA, S.P. & A. M. de F. MARTINS, (Eds.), Proceedings of the "1st Atlantic Islands Neogene", International Congress, Ponta Delgada, 12-14 June 2006. Açoreana, Suplemento 5: 140-161.*
- FERREIRA, O. V., 1952. Os pectinídeos do Miocénico da ilha de Santa Maria (Açores). *Revista da Faculdade de Ciências de Lisboa*, 2ª Série, C, 2(2): 243-258.
- FERREIRA, O. V., 1955. A fauna Miocénica da ilha de Santa Maria. *Comunicações dos Serviços Geológicos de Portugal*, 36: 9-44.
- FORJAZ, V.H., 2004. *Atlas básico dos Açores*, 112 pp. Edição do OVGA - Observatório Vulcanológico e Geotérmico dos Açores, Ponta Delgada.
- FRIEDLANDER, I., 1929. Die Azoren. *Zeitschr. f. Vulkanologie*, 12(2-3): 77-107.

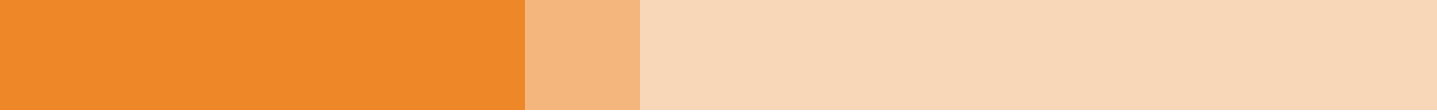
- FRUTUOSO, G., 1983. *Livro Terceiro das Saudades da Terra*. Instituto Cultural de Ponta Delgada, clxxviii+300 pp., Ponta Delgada.
- GALLOWAY, W. E. & D. K. HODBAY, 1996. Terrigenous shelf systems. *Terrigenous Clastic Depositional Systems: Applications to Fossil Fuel and Groundwater Resources*, (2nd edn), Galloway WE, Hodbay DK (eds). Springer: Berlin; 159–185.
- GARCÍA-TALAVERA F., 1981. *Los moluscos gasteropodos anfiatlanticos (estudio paleo y biogeografico de las especies bentonicas litorales)*. Universidad de la Laguna, secretariado Publicaciones, Coleccion Monografias, 10: 1-352 + VI laminas.
- GARCÍA-TALAVERA, F., 1990. Fauna tropical en el Neotirreniense de Santa Maria (I. Azores). *Lavori S.I.M.*, 23: 439-443.
- GARCÍA-TALAVERA, F., 1999. La Macaronesia. Consideraciones geológicas, biogeográficas y paleoecológicas. *In: FERNÁNDEZ-PALACIOS, J. M., J. J. BACALLADO & J. A. BELMONTE (Eds.). Ecología y Cultura en Canarias: 41-63.*
- GOFAS, S., 1992. Island-jumping Rissoids (Gastropoda, Prosobranchia): the case of the Lusitanian seamounts. *Abstracts of the Eleventh International Malacological Congress, Siena, 1992: 302-303.*
- GOFAS, S., 1996. Grados de endemividad en moluscos de las islas y bancos submarinos del Atlantico Noroeste. *Resúmenes del XII congreso nacional de Malacología, Málaga 1996: 12-13.*
- GOFAS, S., 2000. Four species of the family Fasciolaridae (Gastropoda) from the North Atlantic seamounts. *Journal of Conchology*, 37(1): 7-16.
- GOFAS, S., 2002. An endemic radiation of *Trituba* (Mollusca, Gastropoda) on the North Atlantic seamounts. *American Malacological Bulletin*, 17(1-2): 45-63.
- GOFAS, S. & A. BEU, 2002. Tonnoidean gastropods of the North Atlantic Seamounts and the Azores. *American Malacological Bulletin*, 17(1-2): 91-108.
- GRADSTEIN, F. J. OGG & A. SMITH, 2004. *A Gologic Time Scale*, xix+589pp. Cambridge University Press, Cambridge.
- HOUBRICK, R. S., 1990. Anatomy, reproductive biology and systematic position of *Fossarus ambiguus* (Linné) (Fossarinae: Planaxidae; Prosobranchia). *In: MARTINS, A. M. de F. (Ed.), The marine fauna and flora of the Azores. Proceedings of the First International Workshop of Malacology São Miguel, Azores. Açoreana, Suplemento 2: 59-73.*
- JANSSEN, A. W., A. KROH & S.P. ÁVILA, 2008. Early Pliocene heteropods and pteropods (Mollusca, Gastropoda) from Santa Maria Island (Azores, Portugal): systematics and biostratigraphic implications. *Acta Geologica Polonica*, 58: 355-369.
- KIRBY, M.X., D.S. JONES & S.P. ÁVILA, 2007. Neogene shallow-marine paleoenvironments and preliminary Strontium isotope chronostratigraphy of Santa Maria Island, Azores. *In: ÁVILA, S. P. & A. M. DE FRIAS MARTINS (Eds.): Proceedings of the "1st Atlantic Islands Neogene", International Congress, Ponta Delgada, 12-14 June 2006. Açoreana, Suplemento 5: 112-125.*
- KREJCI-GRAF, K., J., FRECHEN, W. WETZEL & G. COLOM, 1958. Gesteine und Fossilien von den Azoren. *Senckenbergiana Lethaea*, 39(5/6): 303-351.
- KROH, A., M.A. BITNER & S.P. ÁVILA, 2008. *Novocrania turbinata* (Brachiopoda) from the Early Pliocene of the Azores (Portugal). *Acta Geologica Polonica*, 58: 473-478.

- LAURSEN, D., 1981. Taxonomy and distribution of teleplanic prosobranch larvae in the North Atlantic. *Dana-Report*, 89: 1-43.
- MACEDO, M. C. C., MACEDO, M. I. C. & J. P. BORGES, 1999. *Conchas Marinhas de Portugal*, 516pp.. Editorial Verbo, Lisboa.
- MADEIRA, J. E. O., 1986. *Geologia estrutural e enquadramento geotectónico da ilha de Santa Maria (Açores)*, 107pp.. MSc. Thesis, Universidade de Lisboa.
- MADEIRA, M. A. V., 1981. *Esboço pedológico da ilha de Santa Maria (Açores)*, 121pp. Instituto Nacional de Investigação Científica, Centro de Pedologia da Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa.
- MADEIRA, P., A. KROH, A.M. DE FRIAS MARTINS & S.P. ÁVILA, 2007. The marine fossils from Santa Maria Island (Azores, Portugal): an historical overview. *In: ÁVILA, S. P. & A. M. DE FRIAS MARTINS (Eds.): Proceedings of the "1st Atlantic Islands Neogene"*, International Congress, Ponta Delgada, 12-14 June 2006. *Açoreana*, Suplemento 5: 59-73.
- MARTINS, A. M. de F., 2001. Ellobiidae – lost between land and sea. *Journal of Shellfish Research*, 20(1): 441-446.
- MARTINS, A.M. DE F., J.P. BORGES, S.P. ÁVILA, A.C. COSTA, P. MADEIRA & B. MORTON, 2009. Illustrated checklist of the infralittoral molluscs off Vila Franca do Campo. *Açoreana*, Suplemento 6: 15-103.
- MAYER, K., 1864. Die Tertiär-Fauna der Azoren und Madeiren. *Systematisches Verzeichniss der fossilen Reste von Madeira, Porto Santo und Santa Maria nebst Beschreibung der neuen Arten*, VI+107pp. Zürich.
- MILLER, K.G., M.A. KOMINZ, J.V. BROWNING, J.D. WRIGHT, G.S. MOUNTAIN, M.E. KATZ, P.J. SUGARMAN, B.S. CRAMER, N. CHRISTIE-BLICK & S.F. PEKAR, 2005. The Phanerozoic Record of Global Sea-Level Change. *Science*, 310: 1293-1298.
- MITCHELL-THOMÉ, R. C., 1976. *Geology of the middle Atlantic Islands*, 351pp. Gebrüder Borntraeger, Berlin.
- MORENO, D., 1998. Descripción de la comunidad de *Ervilia castanea* (Montagu, 1803) (Bivalvia, Tellinoidea) en fondos de arena gruesa del Cabo de Gata (Almería, SE de la Península Ibérica). *Iberus*, 16(2): 21-38.
- MORTON, B., 1990. The biology and functional morphology of *Ervilia castanea* (Bivalvia: Tellinacea) from the Azores. *In: MARTINS, A. M. de F. (Ed.), The marine fauna and flora of the Azores. Proceedings of the First International Workshop of Malacology São Miguel, Azores. Açoreana*, Suplemento 2: 75-96.
- MORTON, B., 1995. The biology and functional morphology of *Trichomusculus semigranatus* (Bivalvia: Mytiloidea) from the Azores. *In: MARTINS, A. M. de F. (Ed.). The marine fauna and flora of the Azores. Proceedings of the Second International Workshop of Malacology and Marine Biology. Açoreana*, Suplemento 4: 279-295.
- MORTON, B., J. C. BRITTON & A. M. DE FRIAS MARTINS, 1998. *Ecologia Costeira dos Açores*, X+249 pp. Sociedade Afonso Chaves, Ponta Delgada.
- NEUMANN, A.C. & P.J. HEARTY, 1996. Rapid sea-level changes at the close of the last interglacial (stage 5e) recorded in Bahamian Island geology. *Geology*, 24: 775–778.

- NUNES, J.C., E.A. LIMA & S. MEDEIROS, 2007. Os Açores, ilhas de geodiversidade: o contributo da ilha de Santa Maria. *In: ÁVILA, S. P. & A. M. DE FRIAS MARTINS (Eds.): Proceedings of the "1st Atlantic Islands Neogene", International Congress, Ponta Delgada, 12-14 June 2006. Açoreana, Suplemento 5: 74-111.*
- NUNN, P. D., 1994. *Oceanic Islands*, xv+411pp. Blackwell Publishers, Oxford.
- PETIT, J. R., J. JOUZEL, N. I. BARKOV, J.-M. BARNOLA, I. BASILE, M. BENDER, J. CHAPPELLAZ, M. DAVIS, G. DELAYGUE, M. DELMOTTE, V. M. KOTLYAKOV, M. LEGRAND, V. Y. LIPENKOV, C. LORIS, L. PÉPIN, C. RITZ, E. SALTZMAN & M. STIEVENARD, 1999. Climate and atmospheric history of the past 420,000 years from the Vostok ice core, Antarctica. *Nature*, 399: 429-436.
- PICKERING, C.M. & W. HILL, 2007. Impacts of recreation and tourism on plant biodiversity and vegetation in protected areas in Australia. *Journal of Environmental Management*, 85: 791-800.
- QUARTAU, R.M. do A.B. de O., 2007. *The insular shelf of Faial: Morphological and sedimentary evolution*, xxvi + 301 pp. Unpublished PhD Thesis, Aveiro.
- RAMALHO, R.A. dos S., 2009. *Building the Cape Verde Islands*, xx+ 251pp. PhD thesis. Department of Earth Sciences, University of Bristol, UK.
- REISS, W., 1862. Mitteilung über die tertiären Schichten von Santa Maria, der südlichsten der Azoren, und ihre organischen Einschlüsse. *Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geognosie, Geologie und Petrefactenkunde*: 1-22.
- RODRÍGUEZ, R. G. & J. M. P. SÁNCHEZ, 1997. *Moluscos Bivalvos de Canarias*, 425pp. Ediciones del Cabildo Insular de Gran Canaria, Las Palmas de Gran Canaria.
- ROLÁN, E., J. OTERO SCHMITT & E. R. ALVAREZ, 1989. Moluscos de la Ria de Vigo II – Poliplacoforos, Bivalvos, Escafopodos, Cefalopodos. *Thalassas*, (Anexo 2): 1-276. Santiago de Compostela (Colegio Universitário de Vigo).
- SALAS, C. & S. GOFAS, 1998. Description of four new species of *Neolepton* Monterosato, 1875 (Mollusca: Bivalvia: Neoleptonidae), with comments on the genus and on its affinity with the Veneracea. *Ophelia*, 48(1): 35-70.
- SALGUEIRO, M. A. O., 1991. Estudo paleomagnético e cronologia estratigráfica de formações vulcânicas da ilha de Santa Maria, Açores. *Arquipélago*. Life and Earth Sciences, 9: 83-99.
- SCHELTEMA, R. S., 1971. Larval dispersal as a means of genetic exchange between geographically separated populations of shallow-water benthic marine gastropods. *Biological Bulletin*. Marine Biological Laboratory, Woods Hole, Massachusetts 140(2): 284-322.
- SCHELTEMA, R. S., 1978. On the relation between dispersal of pelagic larvae and the evolution of marine prosobranch gastropods. *In: BATTAGLIA, B. & J. A. BEARDMORE (Eds.). Marine Organisms: Genetics, Ecology, and Evolution. NATO Conference Series. Series IV: Marine Sciences: 303-322. Plenum Press, New York.*
- SCHELTEMA, R. S., 1995. The relevance of passive dispersal for the biogeography of Caribbean mollusks. *American Malacological Bulletin*, 11(2): 99-115.

- SERRALHEIRO, A., C.M. ALVES, V.H. FORJAZ & B. RODRIGUES, 1987. *Carta Vulcanológica dos Açores, Ilha de Santa Maria*. Escala 1:15.000 (Folas 1 e 2). Centro de Vulcanologia INIC, Ponta Delgada.
- SERRALHEIRO, A. & J. MADEIRA, 1990. Stratigraphy and geochronology of Santa Maria island (Azores): 357-376. *Livro de Homenagem ao Prof. Carlos Romariz*. Departamento de Geologia da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.
- SERRALHEIRO, A., 2003. A geologia da ilha de Santa Maria, Açores. *Açoreana*, 10: 141-192.
- SHACKLETON, N. J., J. IMBRIE & M. A. HALL, 1983. Oxygen and carbon isotope record of East Pacific core V19-30: implications for the formation of deep water in the late Pleistocene North Atlantic. *Earth and Planetary Science Letters*, 65: 233-244.
- SHUTO, T., 1974. Larval ecology of prosobranch gastropods and its bearing on biogeography and paleontology. *Letahia*, 7(3): 239-256.
- TEBBLE, N., 1966. *British Bivalve Seashells. A Handbook for Identification*, 212 pp.. Trustees of the British Museum (Natural History), London.
- THOMPSON, W.G. & S.L. GOLDSTEIN, 2006. A radiometric calibration of the SPECMAP timescale. *Quaternary Science Reviews*, 25: 3207-3215.
- THORNE, J. A. & D. J. P. SWIFT, 1991. Sedimentation on continental margins. VI. A regime model for depositional sequences, their components system tracts, and bounding surfaces. Shelf Sand and Sandstone Bodies: Geometry, Facies and Sequence Stratigraphy. *Special publication of International Association of Sedimentologists*, Vol. 14. Blackwell Scientific: Oxford; 189-255.
- TRAILS AZORES, 2009. <http://www.trails-azores.com/> [último acesso Dezembro 2009].
- VERRILL, A. E., 1880. Occurrence at New Port, R. I., of two littoral species of European shells not before recorded as American. *American Journal of Science*, Series 3, 20: 250-251.
- VIDAL, L., L. LABEYRIE, E. CORTIJO, M. ARNOLD, J. C. DUPLESSY, E. MICHEL, S. BECQUÉ & T. C. E. VAN WEERING, 1997. Evidence for changes in the North Atlantic Deep Water linked to meltwater surges during the Heinrich events. *Earth and Planetary Science Letters*, 146: 13-26.
- WHITTAKER, R. J., 1998. *Island Biogeography. Ecology, Evolution, and Conservation*, xi+285pp. Oxford University Press, Oxford.
- WILLIAMSON, M. H., 1981. *Island populations*, 286 pp. Oxford University Press, Oxford.
- WILSON, R. C. L., S. A. DURY & J. L. CHAPMAN, 2000. *The great ice age. Climate change and life*, xviii+267pp. Routledge, London.
- WIRTZ, P. & H. R. MARTINS, 1993. Notes on some rare and little known marine invertebrates from the Azores, with a discussion of the zoogeography of the region. *Arquipélago. Life and Marine Sciences*, 11A: 55-63.
- ZAZO, C., J.-L. GOY, C. HILLAIRE-MARCEL, P. Y. GILLOT, V. SOLER, J. A. GONZÁLEZ, C. J. DABRIO & B. GHALEB, 2002. Raised marine sequences of Lanzarote and Fuerteventura revisited – a reappraisal of relative sea-level changes and vertical movements in the eastern Canary Islands during Quaternary. *Quaternary Science Reviews*, 21: 2019-2046.

- ZAZO, C., J.-L. GOY, C. HILLAIRE-MARCEL, J. A. GONZÁLEZ DELGADO, V. SOLER, B. GHALEB, & C. J. DABRIO, 2003. Registro de los cambios del nivel del mar durante el Cuaternario en las islas Canarias Occidentales (Tenerife y La Palma). *Estudos Geologicos*, 59: 133-144.
- ZBYSZEWSKI, G. & O. da V. FERREIRA, 1961. La faune marine des basses plages quaternaires de Praia et Prainha dans l'île de Santa Maria (Açores). *Comunicações dos Serviços Geológicos de Portugal*, 45: 467-478.
- ZBYSZEWSKI, G., O. da V. FERREIRA & C. T. de ASSUNÇÃO, 1961. Carta Geológica de Portugal na escala 1/50 000. *Notícia explicativa da folha de Ilha de Santa Maria* (Açores). Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa, 28 p.
- ZBYSZEWSKI, G. & O. da V. FERREIRA, 1962a. Étude géologique de l'île de Santa Maria (Açores). *Comunicações dos Serviços Geológicos de Portugal*, 46: 209-245.
- ZBYSZEWSKI G. & O. DA V. FERREIRA, 1962b. La faune Miocène de l'île de Santa Maria (Açores). *Comunicações dos Serviços Geológicos de Portugal*, 46: 247-289.



Glossário

Abrasão marinha - Erosão das rochas causada pela acção mecânica dos fragmentos ou partículas transportados pelas correntes marinhas.

Batimetria – Medição da profundidade dos oceanos, lagos e rios, sendo expressa cartograficamente por curvas batimétricas, que unem pontos da mesma profundidade com equidistâncias verticais.

Bioclasto – Partícula esquelética de natureza biológica maior que 2 mm, fragmentada ou inteira, articulada ou não, e com distintas composições químicas, onde pode ficar registrada a actividade de agentes mecânicos (hidráulicos, eólicos), biológicos (predadores, incrustantes) ou químicos (dissolução), que actuam desde a morte do organismo até o seu enterramento.

Biogeografia – Ciência que estuda a distribuição geográfica dos seres vivos no espaço e no tempo, procurando entender os padrões de organização espacial e os processos que resultaram em tais padrões. É uma ciência multidisciplinar que relaciona informações de diversas ciências, como a biologia, geografia, climatologia, geologia, ecologia e evolução.

Bivalves – São moluscos abundantes e diversos, constituídos por duas valvas calcárias que encerram as partes moles. As valvas articulam-se numa charneira que possui, geralmente, dentes, fechando-se devido à acção de dois músculos. A maior parte apresenta simetria bilateral, sendo o plano de simetria correspondente ao plano de separação das valvas. São animais maioritariamente marinhos, bênticos infaunais ou epifaunais, alimentando-se por filtragem.

Briozoários – São animais invertebrados, sésseis e coloniais. O grupo é constituído por animais predominantemente encontrados em água salgada, mas também ocorrendo em água doce. No ambiente marinho podem ser encontrados em todas as profundidades, sendo, porém, mais comuns em águas rasas nos mares tropicais. Os briozoários marinhos possuem um esqueleto calcário e participam da construção de recifes.

Efeito de “gargalo-de-garrafa” – Evento evolucionário, que ocorre quando uma determinada população sofre uma diminuição brusca do seu efectivo, devido à acção de factores ambientais. Assim, um determinado conjunto de genes (que os sobreviventes possuem) será fixado na população, enquanto que os outros genes são eliminados.

Equinodermes – Grupo de invertebrados marinhos que possuem, geralmente, um esqueleto dérmico calcário, usualmente com espinhos. Regra geral têm simetria pentarradiada. Os seus representantes actuais mais comuns são os ouriços-do-mar, as estrelas-do-mar, as holotúrias e os lírios-do-mar.

Erosão – Designa o processo ou conjunto de processos, tais como desgaste, transporte e acumulação, que transformam e modelam a superfície da Terra, sendo o resultado da acção de agentes naturais. Os principais agentes erosivos são o vento, a água, os glaciares e as marés. As rochas ao sofrerem alteração física e química começam a desagregar-se e os fragmentos resultantes são transportados pelos agentes erosivos.

Estratigrafia – A estratigrafia é o ramo da geologia que estuda os estratos ou camadas de rochas, buscando determinar os processos e eventos que as formaram.

Fácies – Conjunto de rochas com determinadas características distintivas, quer paleontológicas (fósseis), quer litológicas, considerando qualquer aspecto composicional, químico ou mineralógico, morfológico, estrutural ou textura (a forma, o tamanho, a disposição dos seus grãos e a sua composição de minerais), que ajudem a conhecer onde e quando se formou a rocha.

Filão basáltico – corpo de rocha basáltica que atravessa rochas adjacentes ou que corta formações rochosas maciças.

Foraminíferos – São organismos unicelulares, podendo ter um ou mais núcleos. Este animais segregam uma concha que é composta por carbonato de cálcio e por outros compostos inorgânicos, como sílica e sulfato de magnésio. Algumas espécies vivem dentro de conchas com uma única câmara, sendo designadas como uniloculares, mas a maior parte dos foraminíferos são multiloculares, ou seja, vivem em conchas que possuem várias câmaras. Por fora da concha estendem-se os pseudopódios, que são filamentos protoplasmáticos usados na locomoção, fixação ao substrato e alimentação.

Fóssil – Restos, marcas ou vestígios da actividade de seres vivos, que ficaram preservados nas rochas ou noutros materiais naturais.

Gastrópodes – Constituem o grupo de moluscos mais numeroso e diversificado. A maioria dos gastrópodes apresenta uma concha univalve, achatada ou espiralada, no interior da qual se aloja a massa visceral. Apesar de algumas espécies serem terrestres, a maioria é aquática, principalmente marinha.

Glaciação – Fenómeno climático que ocorre ao longo da história do planeta Terra. Período em que a temperatura média à superfície da Terra diminui consideravelmente, provocando o aumento dos glaciares nos pólos e em zonas montanhosas.

Iconofóssil – fóssil de vestígios da actividade biológica de organismos.

Iconogénero – agrupa iconofósseis de espécies com características semelhantes.

Interglaciação – Intervalo geológico caracterizado por temperaturas médias mais quentes, que separa os períodos glaciares.

Intertidal – Designação atribuída à zona do substrato litoral que fica exposta ao ar durante a baixa-mar e submersa durante a preia-mar (zona entre-marés).

Lavas em almofada – São as escoadas lávicas típicas das erupções vulcânicas submarinas. Esta denominação deve-se à sua secção aproximadamente esférica, semelhante a almofadas. As lavas em almofada podem encontrar-se numa enorme variedade de formas incluindo bolbosas, esféricas, achatadas, alongadas e tubulares, e variam em diâmetro de várias dezenas de centímetros a várias dezenas de metros. O seu tamanho típico varia entre 0,5 e 1 metro.

“Pillow-lavas” – ver Lavas em almofada.

Moluscos – Constituem um grande grupo de animais invertebrados, presentes no meio marinho, dulçaquícola ou terrestre. Possuem um corpo mole e não-segmentado, constituído tipicamente uma cabeça anterior, um pé ventral e uma massa visceral dorsal. O corpo é normalmente coberto por um manto fino, carnudo e em regra protegido por uma concha externa. A maior parte dos moluscos são aquáticos, mas existem muitas formas terrestres.

Ostrácodes – São crustáceos de reduzida dimensão, com o corpo lateralmente comprimido e dotados de uma concha calcária ou quitinosa composta por duas valvas. Podem ser encontrados em ambientes aquáticos de água doce, salobra e até marinhos. Geralmente, os ostrácodes são bentónicos. A maioria são detritívoros, alimentando-se de matéria orgânica em decomposição.

Paleontologia – Ciência natural que estuda a vida do passado da Terra e seu desenvolvimento ao longo do tempo geológico, bem como os processos de integração da informação biológica no registo geológico.

Piroclastos – Designação utilizada em geologia para classificar os fragmentos de rocha sólida que são expelidos para o ar pela erupção de um vulcão. Petrologicamente, os piroclastos são fragmentos de rocha ígnea, solidificados em algum momento da erupção, ou mais frequentemente durante o seu percurso aéreo, ou arrancados no estado sólido por abrasão do material geológico existente ao longo das condutas eruptivas.

Regressão – Recuo progressivo do mar, expondo áreas anteriormente submersas, em consequência da descida do nível do mar ou do levantamento do continente/ilha, ou ainda como consequência do movimento vertical relativo de ambos.

Sedimento – Fragmentos de rocha e partículas minerais de variados tamanhos, restos vegetais ou animais, bem como, o resultado de precipitação química ou de evaporação.

Transgressão – Fenómeno de avanço progressivo do mar sobre áreas terrestres, levando à submersão, em consequência da subida do nível do mar, da subsidência do continente/ilha ou pelo movimento vertical relativo de ambos.



Marine Palaeobiogeography Working Group
www.mpb.uac.pt

Publicação nº 45 do



www.ovga-azores.eu