

Com os melhores cumprimentos,
Carlos Marques da Silva

Biostratigrafia (Nanofósseis calcários) e interpretação paleoambiental do Neogénico de Porto Santo (Madeira), (dados preliminares).

M. CACHÃO¹; D. M. M. RODRIGUES²; C. MARQUES DA SILVA¹ & J. MATA³

Palavras-chave: Porto Santo, Miocénico, Nanofósseis calcários, Biostratigrafia, recifes de coral, mangais, tsunamito.

Resumo: O estudo tafonómico e paleoecológico de associações de invertebrados fósseis de Porto Santo permite integrá-los em dois tipos principais de fácies: vulcano-sedimentares, de pequena profundidade (com desenvolvimentos locais de biohermas de corais, mangais e lagunas confinadas), e litorais de alta energia ("tsunamíticas"). Nanofósseis calcários, identificados pela primeira vez nos níveis fossilíferos de fácies vulcano-sedimentar, de Porto Santo, permitiram o seu enquadramento biostratigráfico no Miocénico Médio (CN4 de Okada & Bukry; Serravaliano Inferior; *circa* 14 Ma.). Estes níveis fossilíferos reflectem regressão local, durante máximo eustático generalizado, muito provavelmente devido a significativo empolamento e acreção vulcânica, no decurso do Miocénico Médio.

Key-words: Porto Santo, Miocene, Calcareous nannofossils, Biostratigraphy, coral reefs, mangroves, tsunamigenic deposits.

Abstract: The taphonomical and palaeoecological studies of the invertebrate fossil assemblages of Porto Santo island (Archipelago of Madeira) led to the distinction of two type facies: volcano-sedimentary shallow facies (with coral reef, mangrove and confined lagoon local developments) and coastal high energy facies ("tsunamigenic deposits"). Calcareous nannofossils retrieved from fossiliferous levels of the first type allowed its biostratigraphic position into the Middle Miocene (CN4 of Okada & Bukry; Early Serravalian; *circa* 14 Ma.). The fossiliferous units reflect a local regression of the island, during a positive eustatic cycle, most probably due to a significative uplift and volcanic accretion, during the Middle Miocene.

INTRODUÇÃO

Porto Santo, com cerca de 42 km² de superfície, é uma ilha oceânica de origem vulcânica, situada a 40 km a NE da ilha da Madeira, aproximadamente em torno de 33° de Latitude Norte e 16° de Longitude Oeste. Do ponto de vista geológico, vários autores se têm dedicado ao seu estudo (*vide* bibliografia in CARVALHO & BRANDÃO, 1991) podendo ser descrita como uma estrutura vulcânica complexa e fortemente erodida, da qual resultou a exposição de rochas pertencentes às suas fases submarina, de transição submarina-subaérea e subaérea. Segundo FERREIRA (1985), Porto Santo, na sua fase submarina, evoluiu como um vulcão escudo, entre 18,8 e 13,5 Ma (secção visível) tendo a fase subaérea de construção do edifício vulcânico ocorrido entre 14 e 10,2 Ma.

As rochas de Porto Santo são alcalino-sódicas, variando desde litótipos básicos (basanitóides, basaltos e hawaiiitos) a intermédio-ácidos (traquitos e riólitos). O topo do complexo submarino (de base), representando a zona de transição da fase submarina pouco profunda (10-100m) para a subaérea, é composto por calcários coralíferos, conglomerados e arenitos intercalados com material vulcânico (escórias, brechas e hialoclastitos).

Os níveis fossilíferos de Porto Santo são conhecidos desde meados do século passado (MAYER, 1864), tendo sido atribuídos genericamente ao "Vindoboniano" (equivalente ao Miocénico Médio e Superior). Na recentemente editada Folha da Ilha de Porto Santo (Carta Geológica de Portugal, 1:25.000, IGM), FERREIRA (1996) refere a presença de quatro níveis de "Depósitos recifais e conglomerados" ("cg₁" a "cg₄"), atribuindo-lhes idades cronostratigráficas (por enquadramento) que variam do Miocénico Inferior (19,3 Ma) ao Miocénico Médio (15,2 Ma).

O presente trabalho retoma os estudos paleontológicos de níveis fossilíferos miocénicos de Porto Santo procurando retirar informações, quer de cariz biostratigráfico, através das associações de Nanofósseis calcários, quer de cariz paleogeográfico e paleoambiental, através da interpretação tafonómica e paleoecológica das associações de microfósseis (corais, moluscos, equinodermes, etc.), visando contribuir para o melhor conhecimento da evolução de Porto Santo, durante o Miocénico.

AFLORAMENTOS ESTUDADOS E SUA INTERPRETAÇÃO

Para o presente estudo foram efectuados cortes geológicos e recolhidas amostras para reconhecimento e estudo de nanofósseis em sectores onde os níveis fossilíferos se apresentam bem expostos. Estão nesta situação os afloramentos situados em: Ponta da Calheta (PC) e Ribeiro de Água (RA), na extremidade sudoeste da ilha; Lombinho de Baixo (LB), Lombinho do Meio (LM) e Lombinho de Cima (LC) na Serra de Dentro, e Pico Branco (PB), todos situados no sector nordeste da ilha; Chão de Farinha (CF), situado na extremidade leste da ilha; Praia do Gastão (PG), na vertente SW do Pico do Concelho (sector oriental da ilha de Porto Santo) e Portinho (ICP) situado no Ilhéu da Cal, a sudoeste da ilha de Porto Santo.

¹ - Departamento e Centro de Geologia da Universidade de Lisboa, Rua da Escola Politécnica, 58, P-1294 LISBOA CODEX, PORTUGAL.

² - Departamento de Biologia e Centro de Biologia e Geologia da Universidade da Madeira, Praça do Município, P-9000 FUNCHAL, PORTUGAL.

³ - Departamento e Centro de Geologia da Universidade de Lisboa, Edifício C2 - 5º Piso, Campo Grande, P- 1700 LISBOA CODEX, PORTUGAL



Os afloramentos fossilíferos observados apresentam dois tipos fundamentais de fácies:

- 1) Fácies vulcano-sedimentares, fossilíferas. Unidades depositadas a profundidade compatível com o desenvolvimento de estruturas bioedificadas de tipo *patch reef*. Aparecem como intercalações de um ou mais níveis fossilíferos, para o topo de espessas sequências, mais ou menos monótonas, de hialoclastitos. Estas fácies podem ser reconhecidas em vários pontos da ilha de Porto Santo, em especial nos seus sectores nordeste e oriental. É possível individualizar subfácies diferenciadas, as quais traduzem condições particulares, comuns em ilhas oceânicas de ambientes recifais:
 - a) Paleoambientes de fácies recifal, constituído por biohermas coralígenos com dimensões superiores a 1 metro. Estas fácies foram reconhecidas em Ribeiro Salgado (RS) e em afloramentos dispersos, à cota aproximada de 100 m, em torno do Pico de Ana Ferreira (AF);
 - b) Paleoambientes costeiros de energia moderada a alta, com grande variedade de fósseis, como, por exemplo: estruturas de bioerosão em blocos de corais coloniais, *in situ* ou remobilizados, de dimensões que não ultrapassam meio metro de diâmetro, rodólitos, ostreídeos rolados, *Spondylus* (quer *in situ* quer sob a forma de valvas roladas), pectinídeos, radiólas de cidaróides, vertebrados (*e.g.* fragmento de maxila de peixe sparídeo) e calhaus recobertos por algas rodófitas e serpulídeos. Associações destas ocorrem, actualmente, com frequência, nas zonas mais expostas dos litorais recifais. Estas fácies foram reconhecidas em Lombinho de Baixo, Chão de Farinha e Praia do Gastão;
 - c) Paleoambientes costeiros de baixa energia hidrodinâmica, com serpulídeos, fragmentos de *Pinna*, *Spondylus*, ostreídeos, radiólas de cidaróides, corais solitários pequenos ou coloniais arborescentes, associados a frequentes *Isognomon*. Estes últimos são bivalves particularmente bem adaptados a ambientes de elevada taxa de sedimentação pelítica, vivendo fixos a mangais, em ambientes de *back reef*, conforme podem ser observados em ilhas actuais como a de Porto Rico (observação pessoal de M.C.). Fácies desta natureza foram reconhecidas em Lombinho do Meio e Chão de Farinha, nesta última localidade associados a pistas *Ophiomorpha* (icnofósseis realizados em níveis de hialoclastitos) e níveis com macroforaminíferos bentónicos;
 - d) Paleoambientes costeiros, lagunares, protegidos. Estes ambientes estavam sujeitos a energia das ondas, favorável ao desenvolvimento de algas calcárias e produção de concreções rodolíticas de diâmetros decimétricos (“laranjas”) (*e.g.* Lombinho de Cima; Ilhéu da Cal) bem como a emersão esporádica, ou rítmica, evidenciada por finos níveis argilosos, com fendas de dissecação, com preenchimento (Lombinho de Cima).
- 2) Fácies litorais, de muito alta energia hidrodinâmica. Os níveis fossilíferos recobrem superfície topográfica irregular, sem estratificação bem definida, com acentuado grau de heterogeneidade das dimensões dos elementos clásticos (constituídos exclusivamente por rochas vulcânicas), associados a fósseis de organismos típicos de ambientes marinhos: serpulídeos, moluscos (gastrópodes e bivalves vários) e equinóides. A assinatura tafonómica deste depósito evidencia incompatibilidade de deposição desta unidade em ambiente sujeito a energia das ondas. Efectivamente, nos afloramentos de Ribeiro de Água (Ribeiros) a presença de fósseis de conchas frágeis cefalópodes e equinóides irregulares, estes últimos característicos de substratos arenosos, é incompatível com evolução deste depósito em condições costeiras normais. Neste sentido, sugere-se que a sedimentação destes depósitos possa ter sido gerada na sequência de um evento tsunamigénico (tsunamito). Na Ponta da Calheta, estes sedimentos são fossilizados por depósitos de praia com raras ocorrências de fósseis.

MICROPALAEONTOLOGIA (NANOFÓSSEIS CALCÁRIOS)

As associações de nanofósseis calcários encontrados nos cortes de fácies vulcano-sedimentares, fossilíferas, são todas biostratigraficamente compatíveis com idades miocénicas. Contudo, apenas as amostras LM1, LM2, LC1, LC2, LC3 e PB2 possuem conjunto suficientemente rico de espécies características capaz de possibilitar enquadramento biostratigráfico mais preciso. Assim, a presença do esfenólito marcador *Sphenolithus heteromorphus* permite enquadrar os cortes de Lombinho (LM e LC) no intervalo biozonal CN3-CN4 de OKADA & BUKRY (1980), equivalente ao Burdigaliano superior a Serravaliano médio. No entanto, a ausência sistemática de *Helicosphaera ampliaperta* em todas as nossas amostras, contraposta à presença do helicólito *H. walbersdorfensis*, permite restringir as nossas associações à biozona CN4 de Okada & Bukry posicionada no Languiano a Serravaliano Inferior (entre 15,6 e 13,6 Ma). De acordo com elementos de RIO & FORNACIARI (1994), obtidos da região mediterrânea, o aparecimento tardio de *H. walbersdorfensis* nestas latitudes, indicia a que as associações, em apreço, estejam restritas ao Serravaliano Inferior.

A confirmar-se a presença *Reticulofenestra pseudoumbilicus* na amostra PB2, tal facto poderá sugerir que a deposição destes níveis, estratigraficamente superiores aos anteriormente referidos, possa já ter ocorrido durante o Serravaliano Superior.

intercalados em unidades vulcano-sedimentares submarinas, a colonização por paleorganismos bentónicos, de pequena profundidade, em torno da ilha, associada ao aparecimento de blocos rolados por erosão costeira, sugere diminuição generalizada das batimetrias (regressão local), em torno desta, a qual só pode ser interpretada como reflexo de empolamento deste sector oceânico e/ou acreção vulcânica significativa, da ilha, durante o Miocénico Médio. Assim, sugere-se, como hipótese de trabalho, que este movimento transgressivo, generalizado, tenha resultado de incremento na volumetria vulcânica produzida por plumas mantélicas, o qual, segundo LARSON & OLSON (1991), se terá registado a partir dos 20-15 Ma.

Por seu lado, HAQ *et al.* (1988) estimam, para o Miocénico Médio, valores de subida eustática que levam a considerar que a deposição dos sedimentos de fácies marinha de Porto Santo se tenha verificado a altitudes 150 m acima do nível do mar actual. O posicionamento actual destes depósitos, a cotas que podem atingir 340-350 m, sugerem levantamentos desta ilha na ordem de 200 m, os quais poderão ter estado relacionados, segundo SCHMINCKE & STAUDIGEL (1976), com movimentos tectónicos compressivos associados ao acidente Açores-Gibraltar.

Fica por apurar o enquadramento estratigráfico e significado paleoambiental e sedimentar dos níveis de fácies litorais, de muito alta energia hidrodinâmica (“tsunamítos”).

CONCLUSÕES

O estudos tafonómico e paleoecológico de invertebrados fósseis de Porto Santo permitiu subdividir os afloramentos fossilíferos em dois grupos de fácies: vulcano-sedimentares, de pequena profundidade, com desenvolvimento local de biohermas de corais; e litorais, de muito alta energia hidrodinâmica. A descrição, pela primeira vez, de associações de Nanofósseis calcários, para alguns dos níveis marinhos aflorantes no topo do Complexo de Base (fase submarina), de Porto Santo, permite enquadrá-los, biostratigraficamente, no Miocénico Médio (Serravaliano Inferior; *circa* 14 Ma). A ocorrência de níveis fossilíferos intercalados no topo de hialoclastitos é interpretada como reflexo de diminuição local da profundidade (regressão), resultante quer de acreção vulcânica quer de “*uplift*” associado à actuação da pluma mantélica responsável pela génese da ilha de Porto Santo.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Sr. Padre Nóbrega, ao Sr. João Melim, aos Serviços Florestais, ao Exército e à Capitania do Porto Santo, o apoio e facilidades concedidas no decurso dos trabalhos de campo.

Contribuição nº 21 do Grupo PALEO – Grupo de Paleontologia do Museu Nac. História Natural da Univ. Lisboa.

BIBLIOGRAFIA

- CACHÃO, M. (1995) – “Utilização de Nanofósseis calcários em Biostratigrafia, Paleocanografia e Paleocologia. Aplicações ao Neogénico do Algarve (Portugal) e do Mediterrâneo Ocidental (ODP 653) e à problemática de *Coccolithus pelagicus*”, *Diss. Doutoramento Fac. Ciências Univ. Lisboa*, 356 p. (inérito).
- CARVALHO, A. M. G. & BRANDÃO, J. (1991) – “Geologia do Arquipélago da Madeira”, *Museu Nacional de História Natural*, 170 p.
- FERREIRA, M. P. (1985) – “Evolução geocronológica e paleomagnética das ilhas do Arquipélago da Madeira – uma síntese”, *Mem. e Notas, Publ. Mus. Lab. Min. Geol. Univ. Coimbra*, 99: pp. 213 – 218.
- FERREIRA, M. P. (1996) – Carta Geológica de Portugal. Folha da Ilha de Porto Santo. *Serviços Geológicos Portugal*.
- FERREIRA, M.P.; MACEDO, C.R. & FERREIRA, J.F. (1988) – “K-Ar geochronology in the Selvagens, Porto Santo and Madeira islands (Western Central Atlantic): a 30 my spectrum of submarine and subaerial volcanism”. *Lunar Planet. Inst. (resumo)* 19: pp. 325 – 326.
- HAQ, B.U. ; HARDENBOL, J. & VAIL, P.R. (1988) - “Mesozoic and Cenozoic chronostratigraphy and cycles of sea-level change”. In C. WILGUS *et al.* (eds) “Sea-level changes - An integrated approach”, *Soc. Econ. Paleo. Min. Sp. Pub.*, 42: pp. 39 - 44.
- LARSON, R.L. & OLSON, P. (1991) - Mantle plumes control magnetic reversal frequency. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 107: pp. 437-447.
- MAYER, K. (1864) – Systematisches Verzeichniss der fossilen reste von Madeira, Porto Santo und Santa Maria nebst Beschreibung der neuen Arten, Zurich, 107 p. (reedição facsímile, E.J. BRILL / W. BACKHUYS, Leiden, 1988).
- OKADA, H. & BUKRY, D. (1980) - Supplementary modification and introduction of code numbers to the low-latitude coccolith biostratigraphic zonation (Bukry, 1973, 1979). *Marine Micropaleontology*, 5 (3): pp. 171 – 187.
- RIO, D. & FORNACIARI, E. (1994) - “Remarks on Middle to Late Miocene chronostratigraphy”. *Subcomission on Neogene Stratigraphy SNS*: pp. 26 – 34.
- SCHMINCKE, H.-U. & STAUDIGEL, H. (1976) - Pillow lavas on central and Eastern Atlantic Islands (La Palma, Gran Canária, Porto Santo, Santa Maria). (Preliminary report). *Bull. Soc. Geol. France*, 18: pp. 871-883.
- YOUNG, J, FLORES, J.-A. & WEI, W. (1994) – A Summary Chart of Neogene Nannofossil Magnetosbiostratigraphy. *Journ. Nannoplankton Research*, 16(1): pp. 21 – 27.