

CONTRIBUTO DO PROJECTO REI NA AVALIAÇÃO DOS ECOSISTEMAS DE PORTO SANTO

Por GINA BRITO ^{1,2}, FERNANDO GONÇALVES ¹ & CONCEIÇÃO SANTOS ¹

Com 6 figuras, 2 tabelas e 1 mapa

ABSTRACT. This work describes, with a comprised approach, the most relevant results obtained within the REI Project (PNAT/1999/AGR/15011/99), between 2000 and 2004, on Porto Santo Island. The main objective of this project was to make a background survey of some of the ecosystem characteristics of the Island. From this point of view, the work was distributed into different research areas: a) physico-chemical characterisation of soil and water samples; b) identification of soil macroinvertebrates; c) identification of freshwater algae; d) birds censuses and inventory; e) vegetal cover identification and preservation / proliferation of germplasm by micropropagation.

RESUMO. Neste trabalho de revisão descrevem-se, numa visão integrativa, os resultados mais relevantes obtidos no âmbito do projecto REI (PNAT/1999/AGR/15011/99) entre 2000 e 2004 na Ilha de Porto Santo. Este projecto teve como objectivo global efectuar um levantamento de fundo das características de algumas vertentes do ecossistema da Ilha. Deste modo, o trabalho envolveu as seguintes áreas: a) caracterização físico-química do solo e da água; b) identificação de macrofauna edáfica; c) identificação de algas de água doce; d) identificação de aves; e) identificação do coberto vegetal e preservação / proliferação de germoplasma por micropropagação.

¹ Laboratório de Biotecnologia e Citómica, CESAM & Departamento de Biologia, Universidade de Aveiro, Campus Universitário de Santiago, 3810-193 Aveiro, Portugal. E-mail: ginabrito@ua.pt

² Município do Porto Santo, Rua Dr. Nuno Silvestre Teixeira, 9400-909 Porto Santo, Madeira, Portugal.

INTRODUÇÃO

1. Enquadramento

O Projecto REI – “Reflorestação da Ilha de Porto Santo usando plantas autóctones regeneradas *in vitro* e adaptadas a stress hídrico” – financiado pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia (ref. PNAT/1999/AGR/15011/99, duração entre 2000-2004) – foi desenvolvido pela Universidade de Aveiro com a colaboração de diversas entidades da Região Autónoma da Madeira, nomeadamente a Direcção Regional de Florestas (DRF), a Câmara Municipal de Porto Santo e a Empresa Porto Santo Verde, E. M..

Este projecto teve como objectivo inicial utilizar recursos de biotecnologia, como a cultura *in vitro*, tendo em vista a protecção de alguns *taxa* de lenhosas indígenas ameaçadas, bem como a preservação do germoplasma destas espécies e, deste modo, contribuir para o processo de reflorestação da Ilha de Porto Santo. A produção de exemplares e a sua reintrodução em áreas protegidas e jardins permitirá, a médio prazo, contribuir para a conservação das populações insulares e da sua diversidade genética (SANTOS, 2005).

Contudo, dadas as características únicas desta Ilha, a importância e premência da sua preservação, e a excelente colaboração estabelecida entre as entidades envolvidas no projecto REI, a ideia inicial foi alargada para um trabalho de levantamento de fundo das características de algumas vertentes do ecossistema da Ilha, que em alguns aspectos permanecem ainda por descobrir.

Em fase de finalização do projecto, e dispondo de inúmera informação individualizada dentro das várias equipas de trabalho, tornou-se premente elaborar um documento global onde os dados fossem reunidos e discutidos numa vertente holística, assegurando que esta informação existente é divulgada à comunidade científica e sociedade em geral. Para a consecução deste projecto contribuiu uma larga equipa de investigadores, em diversas áreas, entre as quais se destaca: 1) caracterização físico-química e microbiana dos solos e águas de alguns pontos de Ilha; 2) identificação dos macroinvertebrados do solo; 3) identificação das algas de água doce; 4) identificação de aves; 5) identificação do coberto vegetal existente em algumas zonas da Ilha; 6) acompanhamento das plantas micropropagadas e aclimação destas ao ecossistema de Porto Santo (SANTOS, 2005).

Com os resultados obtidos espera-se que, de acordo com directivas e apoios de entidades competentes da Ilha de Porto Santo, seja possível num futuro próximo disponibilizar esta informação, via Internet, com vista a divulgar o património da Ilha e enriquecer o conhecimento que os investigadores e a comunidade em geral possam ter desta região.

2. A Ilha de Porto Santo

A Ilha de Porto Santo integra-se no Arquipélago da Madeira e apresenta características de uma região semi-árida, devido às condições climáticas e geológicas que apresenta. Esta Ilha tem mostrado ser, ao longo da história, um ecossistema

extremamente frágil e vulnerável, agravado pela crescente escassez de água doce, degradação do solo e desertificação. As reduzidas dimensões e os recursos limitados têm condicionado o desenvolvimento da Ilha, mas por outro lado o ambiente oceânico e costeiro revestem-se de uma importância estratégica e constituem um valioso recurso para o desenvolvimento (ANON., 2000).

Actualmente, o Porto Santo atravessa um processo de grande desenvolvimento, que se traduz num maior crescimento demográfico. Neste sentido, os riscos de uma evolução descontrolada do investimento no imobiliário “turístico” e de segunda residência, incentivada pela criação de maior acessibilidade tanto aérea como marítima, tendem a perturbar o já de si frágil equilíbrio biofísico da Ilha e dos seus valores paisagísticos, mas sobretudo o equilíbrio social existente (ANON., 2000). Torna-se portanto imperioso, compatibilizar o desenvolvimento previsível com a protecção da natureza, num território com fortes condicionantes biofísicas e ecológicas, determinando a necessidade de análise, planeamento e ordenamento prospectivo dos aspectos sócio-económicos e urbanísticos, para prevenir a ocorrência de disfuncionalidades no território (ANON., 2000).

Na óptica da política de ambiente, actualmente em curso na Região Autónoma da Madeira, é defendida a salvaguarda dos solos mais produtivos, bem como a recuperação e conservação do coberto vegetal para combater a erosão, que hoje é reconhecida como um dos grandes problemas ambientais em ilhas como Porto Santo, com consequências relevantes ao nível do ciclo hidrológico e da paisagem (ANON., 2000).

Nos últimos anos têm sido desenvolvidos esforços, sobretudo por parte da DRF, na reflorestação da Ilha, na tentativa de preservar / renovar as zonas florestadas e assim minimizar problemas de degradação do solo e desertificação. Contudo, dado que as espécies que melhor se têm adaptado pertencem aos géneros *Pinus* e *Cupressus*, assiste-se hoje a uma crescente situação de monocultura destas espécies, e consequentemente à diminuição da biodiversidade do ecossistema (agravado pelo facto destas espécies não serem autóctones). Algumas espécies nativas, tais como *Olea maderensis* (Lowe) Rivas Mart. & Del Arco (*) (oliveira brava ou zambujeiro), *Sideroxylon marmulano* Banks ex Lowe var. *marmulano* (marmulano) e *Juniperus phoenicea* L (*) (zimbreiro), praticamente desapareceram da Ilha. Estas espécies existem

(*) Existe alguma controvérsia da taxonomia do complexo *Olea*, principalmente no que se refere às espécies endémicas da Macaronésia (e. g. HESS *et al.*, 2000; VARGAS, 2001; RIVAS-MARTÍNEZ *et al.*, 2002). Estudos moleculares e estudos de ploidia recentes (BRITO *et al.*, 2007b) encontraram evidências que contribuíram para uma melhor caracterização de espécies de oliveira e em particular da espécie *Olea maderensis* (= *O. europaea* ssp. *cerasiformis* Webb and Berth. ex Kunkel and Sunding; = *Olea europaea* L. ssp. *maderensis* Lowe). A posição taxonómica de *Juniperus phoenicea* está a ser questionada por alguns grupos, nomeadamente, por RIVAS-MARTÍNEZ *et al.*, (1993) e COSTA *et al.* (2004). Até uma maior clarificação pela comunidade científica, serão adoptadas as nomenclaturas, *Olea maderensis* e *Juniperus phoenicea*, ao longo deste artigo.

na Ilha da Madeira, mas sob condições ambientais diferentes, e a sua transferência para Porto Santo mostrou-se infrutífera (FREITAS *et al.*, 1996; BRITO, 2000).

Neste sentido, o Projecto REI surgiu com o intuito de dar um contributo que pudesse vir a ser útil ou mesmo decisivo no processo de reflorestação da Ilha. Os conhecimentos adquiridos, no âmbito deste projecto, são de extrema importância para o acompanhamento da evolução de plantas micropropagadas transferidas para a Ilha de Porto Santo, bem como abrem interessantes perspectivas para estudos futuros (SANTOS, 2005).

METODOLOGIA

O trabalho foi iniciado com um levantamento bibliográfico de informações relevantes sobre a Ilha de Porto Santo e acerca das estratégias de amostragem mais adequadas a adoptar. Foi igualmente efectuado *in situ* um reconhecimento dos melhores pontos de amostragem de forma a dar início à colheita de material vegetal e de macroinvertebrados, de solo e água e acompanhamento de algumas populações de aves da Ilha. Deu-se ainda seguimento aos estudos de micropropagação de *Olea maderensis* e de *Juniperus phoenicea*.

Assim, na sequência de um conjunto de saídas de campo efectuadas por diferentes membros da equipa fez-se, ao longo do primeiro e do segundo anos (2001/2002) do projecto, a colheita de amostras, cujos locais de amostragem estão representados no Mapa 1, para cada um dos temas em estudo. Posteriormente, procedeu-se à análise de amostras colhidas e tratamento de alguns dados. Foi possível, deste modo, fazer a identificação de espécies presentes na Ilha em cada uma das áreas de estudo, de forma a obter listagens que caracterizam ao nível ambiental diversos locais da Ilha, permitindo um melhor conhecimento dos ecossistemas.

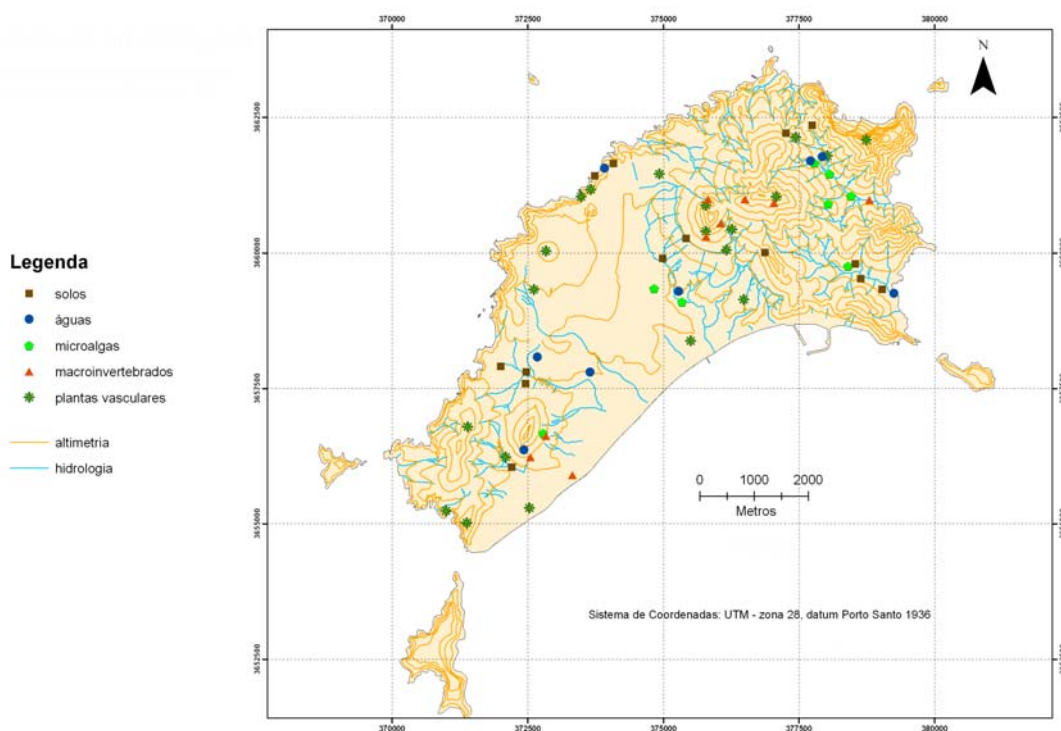
A descrição detalhada das metodologias de cada um dos temas em estudo foi referenciada no “I Simpósio de Biodiversidade em Ecossistemas Insulares: o exemplo de Porto Santo” (que se realizou em Setembro de 2003), nomeadamente: caracterização físico-química e microbiana de solos e águas (MOREIRA, 2003), estudo ficológico (REBOLEIRA *et al.*, 2003), inventariação de avifauna (LUÍS & LEÃO, 2003), flora (PINHO *et al.*, 2003) e macroinvertebrados (ANTUNES *et al.*, 2003) e ainda estudos de micropropagação (BRITO *et al.*, 2003b; CAPELO *et al.*, 2003).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

1. Caracterização físico-química e microbiana de solos e águas

O estudo global da Ilha de Porto Santo afigura-se de substancial importância pelo facto desta Ilha possuir características geológicas peculiares, de ter sofrido intensa modificação, de origem antropogénica, do seu coberto vegetal original e, de

ultimamente, se terem reunido esforços no sentido de restabelecer um coberto capaz de travar o processo de erosão acelerado em curso na Ilha. Estes factos legitimam e potenciam a necessidade de um estudo global ao nível físico-químico e microbiológico dos solos e águas da Ilha (MOREIRA, 2006).



Mapa 1 - Locais de amostragem dos diferentes temas de estudo que integram o Projecto REI.

1. 1. Determinação de parâmetros físico-químicos das amostras de solo

No estudo das características do solo procedeu-se a amostragens em diversos locais da Ilha (Mapa 1), sendo que todas as amostras foram recolhidas na camada arável (a profundidades até 0,3 m), aproximadamente coincidentes com os locais recentemente reflorestados ou a florestar. Os parâmetros determinados para a análise das propriedades físicas das amostras de solo foram os seguintes: água de hidratação; densidade real; densidade aparente; porosidade percentual; textura / granulometria; capacidade de campo e permeabilidade. Relativamente aos parâmetros determinados para a análise das propriedades químicas das amostras de solo, analisaram-se: percentagem de humidade; pH do solo; percentagem de matéria orgânica (perda por calcinação e matéria orgânica por volumetria); teor em cloretos e elementos inorgânicos (macronutrientes) (MOREIRA, 2006). Os resultados encontram-se descritos na Tabela 1.

TABELA 1 - Parâmetros físico-químicos determinados na análise de solos (adaptado de MOREIRA, 2006).

Localização das Amostras de solo	Parâmetros Físicos do Solo							Parâmetros Químicos do Solo				
	Água hidrat. (%)	Capac. campo (%)	Dens. aparente	Dens. real	Porosidade (%)	Classific. Texturas	Permeab. ($\times 10^5 \text{ m s}^{-1}$)	pH	CaCO ₃ (%)	NaCl (%)	M.O. (%)	
											Calcin	Vol.
Encosta sudoeste do Pico do Castelo - Zairão.	8,1	29	1,15	2,50	54	Franca	4	9,18	1	0,16	3,5	0,6
Próximo do Tanque – Dragoal.	6,5	25	1,12	2,48	55	Areno-franca	18	8,86	6	0,03	3,6	1,3
Fonte da Areia (eolianitos calcoareníticos).	0,8	16	1,48	2,67	45	Arenosa	50	9,01	79	0,05	1,5	0,2
Fonte da Areia (tufo vulcânico argilizado).	10,0	35	1,04	2,52	59	Areno-franca	22	8,98	15	0,08	3,3	0,2
Encosta oriental do Pico da Cabrita e encosta ocidental do Pico Branco – Serra de Dentro.	7,8	18	1,10	2,60	58	Franco-arenosa	20	9,21	7	0,03	4,7	0,4
A montante das Lapeiras – Campo de Cima.	3,5	20	1,20	2,52	52	Franco-arenosa	6	8,68	58	0,11	2,5	1,3
Encosta ocidental da Rocha da N. Sra.	7,8	23	1,02	2,51	59	Franco-arenosa	1	9,21	0	0,05	5,7	0,3
Vertente Noroeste do Pico de Ana Ferreira.	8,0	21	0,97	2,35	59	Franco-arenosa	2	9,40	28	0,03	4,0	1,1
Vertente Noroeste do Pico de Ana Ferreira.	5,7	19	1,13	2,49	55	Franco-arenosa	14	8,51	23	0,08	3,2	0,7
Encostas orientais do Pico Juliana e do Pico do Facho – Serra de Dentro.	9,3	22	1,14	2,47	54	Areno-franca	40	9,33	4	0,04	4,2	0,5
Encosta sul do Pico do Concelho – Zimbral.	5,6	28	0,90	2,52	64	Franca	11	8,62	41	0,77	3,7	0,5
Encosta norte do Pico do Maçarico – Corgas.	10,6	17	0,94	2,31	59	Franco-arenosa	18	10,02	3	0,03	5,5	0,4
Próximo da foz da Ribeira do Calhau – Calhau.	3,3	24	1,12	2,49	55	Franco-arenosa	12	8,84	49	0,02	2,8	1,0
Encosta oriental do Cabeço do Dragoal.	6,3	24	1,14	2,50	54	Franca	4	8,79	6	0,15	0,8	0,4

TABELA 2 - Parâmetros físico-químicos das amostras de água (adaptado de MOREIRA, 2006).

Localização das Amostras de água	Parâmetros físico-químicos das amostras de água				
	Turvação Transmitância a 720 nm (%)	Condutividade (mS.cm ⁻¹)	pH	Teor em cloretos g/L	Teor em nitratos (mg/L)
Represa da barragem das Lapeiras	57	0,81	7,55	0,08	0,66
Ribeiro Salgado	93	5,72	8,65	1,33	18,30
Represa da barragem do Tanque	99	0,82	8,33	0,16	0,62
Fontanário da Fonte da Areia	100	1,64	8,00	0,47	0,57
Represa da barragem da Serra de Dentro (a)	75	2,62	8,65	0,65	0,53
Represa da barragem da Serra de Dentro (b)	88	2,14	8,06	0,50	0,59

Em termos físicos, os solos estudados apresentaram uma textura mediana, já que os valores determinados para a percentagem de limo e argila (diâmetro < 0,074 mm), relativamente à fracção fina, variaram entre 1 e 40%, com um valor médio de 33%. Não tendo sido possível isolar a percentagem de limo da de argila, apenas se puderam classificar os solos por estimativa, resultando na classificação média de franco-arenoso.

Relativamente à permeabilidade, os solos variaram entre medianamente permeáveis e muito permeáveis, contudo a classificação da maioria dos solos foi de muito permeável.

Os estudos químicos realizados, nas amostras recolhidas, indicaram um carácter básico (o pH da água varia entre 8,5 e 10,0) e um teor de matéria orgânica muito baixo (variando entre 0,2 e 1,3%), confirmado também pela determinação das densidades aparentes. Verificou-se também que estes possuíam percentagens de calcário até 79%. A existência de uma percentagem de matéria orgânica muito baixa justifica-se pelo facto de existir um fraco coberto vegetal da Ilha que produz uma fraca massa vegetal, ou seja uma fraca adição de matéria orgânica ao solo (MOREIRA, 2006). No que diz respeito aos macronutrientes analisados, o fósforo e o potássio apareceram, na maioria dos solos, com um teor muito elevado (> 200 meq/kg) e o magnésio (Mg^{2+}) com um teor médio elevado (aprox. 8 meq/100g).

Verificaram-se algumas correlações entre alguns parâmetros físico-químicos como, por exemplo: entre porosidade percentual e densidade aparente e entre o valor do pH dos solos e a percentagem de matéria orgânica, demonstrando um decréscimo do valor do pH com o aumento da percentagem de matéria orgânica, provavelmente devido à presença de ácidos húmicos (MOREIRA, 2006).

1. 2. Caracterização microbiológica das amostras de solo

Relativamente à microbiologia dos solos, encontrou-se uma flora diversificada, com o predomínio de alguns géneros, nomeadamente *Cellulomonas* e *Pseudomonas* (saprófitas), bem como *Penicillium* (fungos). Os valores de abundância bacterianos e fúngicos estão bastante abaixo daqueles encontrados, em termos médios, para um solo fértil, que apresentou valores entre 1×10^8 a 1×10^9 de unidades de coliformes fecais por grama de solo (UFC/g), para as bactérias e 1×10^6 para fungos (FERREIRA *et al.*, 1998 *in* MOREIRA, 2006). Isto dever-se-á essencialmente ao facto dos solos serem pobres em matéria orgânica e possuírem valores oscilantes de cloreto de sódio (MOREIRA, 2006).

1. 3. Determinação de parâmetros físico-químicos, microbiológicas e ficológicos das amostras de água

Para a análise de amostras de água em Porto Santo, identificaram-se oito locais distribuídos pela Ilha; todavia, apenas seis desses locais mantiveram as condições para

dar a continuidade ao estudo (Mapa 1). As amostras foram analisadas relativamente a características organolépticas (turvação), condutividade, pH, teor em cloretos, teor em nitratos, e propriedades microbiológicas da água (Tabela 2; MOREIRA, 2006). Para os estudos ficológicos fizeram-se colheitas em 8 locais (Mapa 1) (REBOLEIRA *et al.*, 2003).

Relativamente à turvação, as transmitâncias obtidas foram bastante elevadas, o que seria de esperar pois foram recolhidas em locais de águas estagnadas, que se encontravam visivelmente lamacentas. As amostras de água apresentaram um pH básico (variando entre 7,6 e 8,6), o que está de acordo com o carácter químico determinado para as amostras de solos, também básico. A condutividade apresentou valores que variaram entre 0,81 a 5,72 mS/cm, considerando-se estes valores elevados para águas de rega (conforme o DL 236/98 de 1 de Agosto) (valor máximo admitido: 3 mS/cm e valor recomendado: 1 mS/cm). Estes valores poderão dever-se ao facto da Ilha estar sujeita a um regime de ventos marítimos que podem transportar sais para terra, que sairão por arrastamento, dissolvidos nas águas da chuva. As águas analisadas estão represadas, verificando-se naturalmente uma concentração de sais que origina um aumento da condutividade eléctrica (MOREIRA, 2006).

A correlação entre a condutividade eléctrica e a concentração de cloretos ($r = 0,99$) e entre esta e o sódio ($r = 0,89$) foi elevada, o que aponta para que o sal maioritariamente responsável pela condutividade seja o cloreto de sódio. A concentração de nitratos variou entre 0,53 e 18,3 mg/l, valores que se situam abaixo do valor máximo recomendado (VMR) para águas destinadas à rega (conforme o DL 236/98 de 1 de Agosto).

Relativamente à análise microbiológica das amostras de água, existe uma baixa diversidade microbiana, salientando-se a presença ubíqua de *Escherichia coli* (MOREIRA, 2006).

1. 4. Determinação de parâmetros ficológicos das amostras de água

No Mapa 1 estão identificados os locais de colheita de microalgas (REBOLEIRA *et al.*, 2003). As amostras foram preservadas em soluto de lugol sendo, em laboratório, observadas ao microscópio óptico e electrónico de varrimento para identificação de *taxa* (REBOLEIRA *et al.*, 2003). As amostras permitiram verificar um reduzido número de *taxa*, mas uma elevada abundância para as espécies dominantes. As represas foram dominadas, na maioria dos períodos de amostragem, por cianobactérias e clorófitas – em particular espécies de *Microcystis* spp. e *Anabaena* spp., e algumas espécies de *Scenedesmus* spp. e *Pandorina* spp.. Em locais eutrofizados predominaram os géneros *Microcystis*, *Nodularia* e *Pandorina* (REBOLEIRA *et al.*, 2003). As comunidades existentes nas ribeiras foram constituídas por diatomáceas típicas de meios salobros (e. g. géneros *Achnanthes*, *Cerataulus*, *Navicula*, *Nitzschia*, *Surirellea*) (REBOLEIRA *et al.*, 2003). Os valores de clorofila *a* foram bastante heterogéneos e dependentes dos locais (REBOLEIRA *et al.*, 2003). Os locais com elevados valores de clorofila e de

oxigénio dissolvido revelaram elevada produtividade e actividade fotossintética (REBOLEIRA *et al.*, 2003). Através destes dados, observou-se que as massas de água apresentaram espécies características de locais eutrofizados.

2. Colheita de amostras de macroinvertebrados e caracterização físico-química nos locais de amostragem

Nesta tarefa pretendeu-se caracterizar a comunidade de organismos edáficos existentes na Ilha de Porto Santo, uma vez que as comunidades de macroinvertebrados do solo são considerados bons indicadores das condições dos ecossistemas florestais (BIRD *et al.*, 2000), e ainda relacionar estes dados com o ambiente abiótico (solo) do ponto de vista físico e químico, bem como microbiológico (ANTUNES *et al.*, 2006).

A amostragem de solos envolveu diversos locais, abrangendo diferentes manchas florestais, totalizando nove locais de amostragem, distribuídos por sete manchas vegetais diferentes (dunas, riacho, pinheiros, oliveiras, cedros, eucaliptos e gramíneas) (Mapa 1) (ANTUNES *et al.*, 2003). A caracterização sazonal do solo baseou-se em amostragens efectuadas no Inverno e no Verão do ano 2002. Nos vários locais de amostragem foram colocadas cinco réplicas de armadilhas tipo *pitfall*, para capturar artrópodes do solo, e recolhidas dez réplicas de solo para as várias análises a efectuar (Fig. 1).



Fig. 1 - a) Recolha de amostras de solo e b) exemplo de armadilha (“pitfall traps”) usada na colheita de macroinvertebrados do solo (Fotografias de Ruth Pereira, 2002).

De uma forma sucinta, o principal componente de análise, que claramente separou as áreas de amostragem geograficamente, foi o facto de existirem zonas mais expostas a ventos e a radiação solar do que outras, pelo que se distinguiram como áreas não expostas e áreas expostas (ANTUNES *et al.*, 2007). Em geral, os resultados obtidos

apontam para solos pobres com pouca matéria orgânica, baixa biodiversidade, diferenças entre as manchas de vegetação e maior influência da vertente (exposição) relativamente à mancha de vegetação (ANTUNES *et al.*, 2007).

As zonas não expostas caracterizaram-se por elevados conteúdos de matéria orgânica e concentrações de azoto total, sendo a percentagem de matéria orgânica mais elevada no Pico do Castelo, manchas de vegetação de eucaliptos e pinheiros, tendo sido mínima nas dunas (ANTUNES *et al.*, 2003). Estas zonas apresentaram também maior diversidade de espécies. As zonas expostas apresentaram maior número de organismos, cujos grupos dominantes variaram entre o Inverno e o Verão. Para além disso, a percentagem de humidade dependeu da orientação das encostas tendo sido mais elevada em zonas florestadas por cupressos no Pico do Facho (FC), por pinheiros no Pico do Castelo (CP), por eucaliptos no Pico do Castelo (CE) e no Riacho, para as duas situações temporais (Verão e Inverno).

A temperatura do solo, observada em situação de Inverno e Verão, variou entre 15 e 30°C, sendo o pH, observado em todos os locais de amostragem, alcalino, próximo de pH 8.

De um modo geral, os resultados mostraram que as zonas não expostas, florestadas com *Eucalyptus ficifolia* F. Muell e *Cupressus macrocarpa* Hartw, constituem *habitats* abrigados e ricos em alimento para alguns *taxa* (saprófagos). Contudo, as plantações de *Pinus halepensis* Mill e de *Olea europaea* L., apresentaram uma grande diversidade de espécies de macroinvertebrados do solo (Fig. 2), demonstrando assim, que estas duas espécies de árvores são importantes para a estabilidade do ecossistema, uma vez que têm efeitos positivos nas propriedades do solo, promovendo a diversidade de grupos faunísticos (ANTUNES *et al.*, 2007).

3. Inventariação da avifauna

Esta tarefa teve por objectivo fazer o estudo qualitativo e quantitativo da avifauna terrestre da Ilha de Porto Santo, visando a avaliação da importância relativa dos *habitats* existentes (zonas florestadas e não florestadas), na perspectiva da proposta de sugestões de reflorestação que contemplem o incremento da diversidade e abundância avifaunística. Este objectivo permite, assim, utilizar as aves como indicadores da qualidade relativa dos *habitats* existentes.

Para a consecução deste trabalho, foi feito o reconhecimento do terreno e foram realizados 60 transectos lineares (1000 x 50m), de forma a cobrir os *habitats* existentes: “zonas florestadas”, “campos agrícolas”, “mata ripícola”, “terrenos incultos”, “ribeiras / represas / charcas”, “costa rochosa”, “zona dunar / praias de areia” e “núcleos urbanos” (Fig. 3) (LUÍS & LEÃO, 2003). Em cada um dos transectos definidos foram realizados censos, em determinados períodos (2001-2002), de modo a cobrir um ciclo anual (LUÍS & LEÃO, 2003). Foram também realizados recenseamentos específicos, visando a determinação do tamanho das populações das aves de rapina nidificantes. Adicionalmente

inspeccionou-se toda a área da Ilha, três ou quatro vezes por visita, com o intuito de registar a ocorrência de espécies não incluídas nos censos dos transectos, de que são exemplos as limícolas e as aves aquáticas.

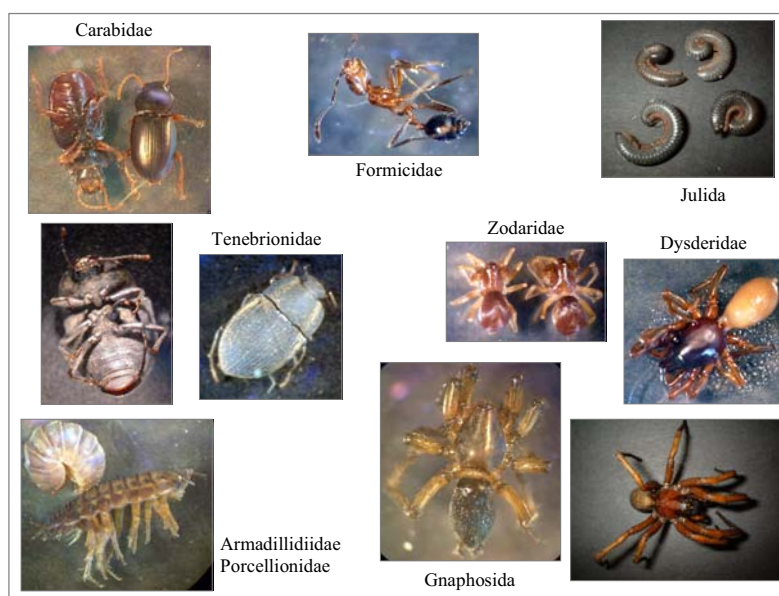


Fig. 2 - Exemplos de alguns macroinvertebrados inventariados (Fotografia de Sara Antunes, 2003).

Como resultados mais relevantes deste estudo foram inventariadas 58 espécies de aves (Fig. 4) e confirmada a nidificação de 19 espécies. Ocorreram ainda três espécies de aves de rapina, sendo duas nidificantes (*Buteo buteo harterti* Swann e *Falco tinnunculus canariensis* Koenig). A diversidade aumentou durante o Inverno e nas épocas de migração (ver LUÍS & LEÃO, 2007 neste volume).

Foram ainda definidos como *habitats* mais importantes: a) “ribeiras / represas / charcas”: grupo que mais contribui para a riqueza específica; b) “campos agrícolas” e “terrenos incultos”: este grupo apresentou uma diversidade intermédia; c) “zonas florestadas”: este grupo apresentou uma diversidade baixa, sendo contudo importante para a diversidade da avifauna da Ilha com duas espécies nidificantes, não referenciadas até 2002; d) “mata ripícola”: apesar de restrita, apresentou uma diversidade elevada e albergou uma espécie nidificante exclusiva; e) “zona dunar / praias de areia”: neste grupo ocorreram, exclusivamente, quatro das espécies recenseadas (uma nidificante exclusiva) (LUÍS & LEÃO, 2003). Pode considerar-se, portanto, que o aumento de espécies nidificantes em Porto Santo pode estar relacionado, pelo menos parcialmente, com o esforço de reflorestação, já que quer *Erithacus rubecula* Reichenow quer *Regulus ignicapillus* Harcourt ocorreram no *habitat* “zonas florestadas” (ver LUÍS & LEÃO, 2007 neste volume).

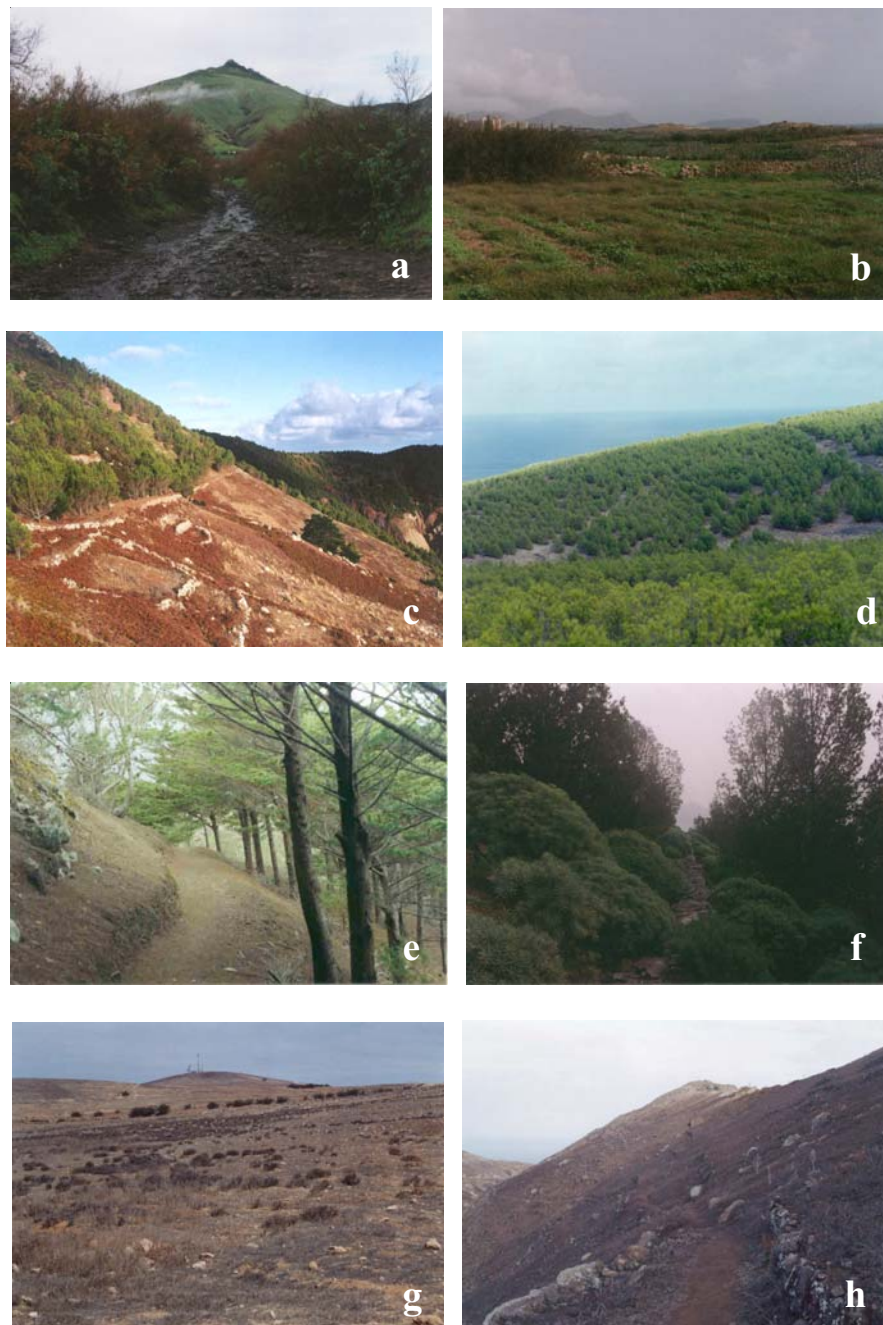


Fig. 3 - Exemplo de alguns transectos definidos na Ilha de Porto Santo, para inventariação da avifauna: a) Ribeira da Serra de Dentro; b) Zona agrícola – sítio da Ponta (Lagoa); c) Zona florestada – encosta Norte do Pico da Gandaia; d) Zona florestada – encosta no sítio dos Morenos; e) Zona florestada – vereda na encosta Norte do Pico do Facho; f) Zona florestada – encosta Sul do Pico de Ana Ferreira; g) Terreno inculto no sítio das Eiras e h) Terreno inculto – encosta Sudoeste do Pico Branco. (Fotografia de Fernando Leão, 2002).



Fig. 4 - Exemplo de alguns indivíduos de avifauna identificados em Porto Santo (Fotografia de Fernando Leão, 2003).

4. Identificação do coberto vegetal existente na Ilha

Enquadrada nos objectivos deste trabalho, foi realizada uma expedição botânica à Ilha de Porto Santo com vista a inventariar a flora, no início de 2002, complementando a informação disponível na bibliografia até à data. Assim, foram definidos 19 locais de inventariação e colheita dos espécimes de plantas vasculares (Mapa 1). Deste modo, foram inventariados 58 famílias, 109 géneros, 114 espécies, 10 subespécies e 5 variedades. Todos os espécimes colhidos estão depositados no Herbário do Departamento de Biologia da Universidade de Aveiro (ver <http://www.bio.ua.pt/>).

Constatou-se com este estudo que efectivamente existe uma grande pobreza no estrato arbóreo, confirmando-se que a vegetação ali existente é sobretudo herbácea, onde se encontrou a maior riqueza em biodiversidade e endemismos.

As espécies inventariadas neste trabalho vêm assim confirmar os estudos mais recentes sobre inventariação da flora na Ilha de Porto Santo (ver JARDIM *et al.*, 1998a, b; JARDIM & FRANCISCO, 2000).

Estes resultados foram alvo de uma transposição para SIG, numa abordagem pioneira para a Ilha (ver BRITO *et al.*, 2007 neste volume), e que se pretende alargar a outras áreas de estudo, no âmbito deste projecto.

5. Acompanhamento das plantas micropropagadas e continuação dos estudos de micropropagação.

A Universidade de Aveiro, em colaboração com a DRF da Região Autónoma da Madeira, tem vindo a avaliar o *status* nutricional e hídrico dos poucos exemplares de plantas de *Olea* sp. e de *Juniperus* sp. que crescem em Porto Santo, associando a avaliação com dados das condições climatéricas e *status* do solo. Estes dados têm permitido indagar sobre o *status* nutricional e stress destas plantas no campo e assim fornecer informação para estudos de propagação (BRITO *et al.*, 2003a). A regeneração de *Olea maderensis* e *Juniperus phoenicea* por estacaria, a partir de exemplares destas plantas, existentes em Porto Santo, tem-se mostrado, até ao momento, inconsistente e sem reprodutibilidade, mesmo na presença de reguladores de crescimento (BRITO, 2000). Contudo, a regeneração *in vitro* de rebentos de *Olea maderensis* e *Juniperus phoenicea*, a partir de gomos axiais e apicais (colhidos de plantas existentes em Porto Santo e na Madeira), mostrou bons resultados (BRITO, 2000; SANTOS *et al.*, 2003; LOUREIRO *et al.*, 2007; BRITO *et al.*, 2007a). Actualmente, existe na Universidade de Aveiro uma pequena colecção de germoplasma (mantida através de propagação *in vitro* de rebentos).

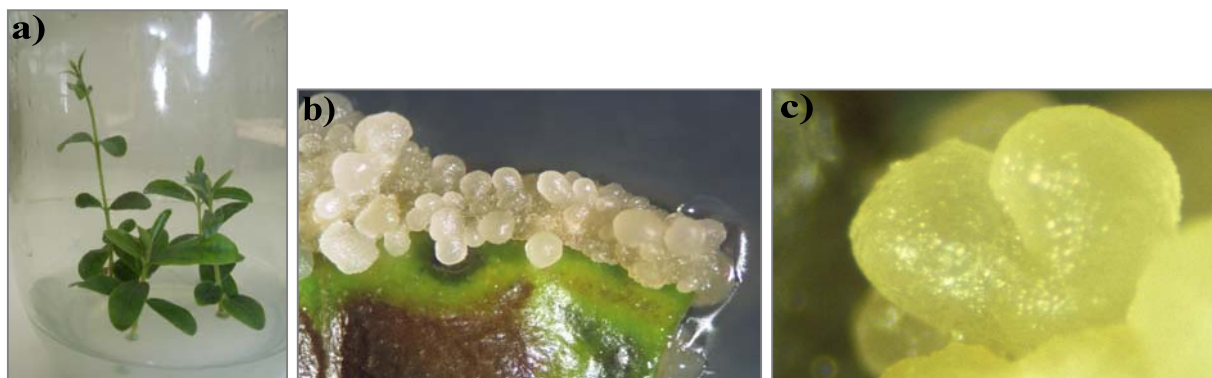


Fig. 5 - Diferentes etapas na micropropagação de oliveiras bravas de Porto Santo: a) micropropagação por gomos axiais, após 1 ano em cultura (meio OMG com 10 mM de zeatina) (Fotografia de Gina Brito, 2003); b) micropropagação por embriogénese somática, exemplo de estruturas globulares formadas (meio M5, após 8 semanas) num segmento de posição distal na folha (Fotografia de Ana Capelo, 2003); c) ampliação de uma estrutura embrionária (meio de cultura M5, após 12 semanas) (zona intermédia da folha) (Fotografia de Ana Capelo, 2003).



Fig. 6 - Exemplo de plantas de *Olea maderensis* em aclimatização a estufa, após 3 meses (Fotografia de Gina Brito, 2005).

Neste projecto foi intensificado o estudo das condições de micropropagação destas duas espécies nativas, em larga escala, de modo a que esta técnica possa ser utilizada na reflorestação de Porto Santo, contribuindo assim para a reintrodução destas duas espécies na Ilha. Os estudos de propagação incluíram comparações de propagação por estacaria em estufa e micropropagação por segmentos nodais, usando vários meios de cultura agarizados e com diferentes reguladores de crescimento (benzilaminopurina, ácido a-naftil acético, ácido 2,4-diclorofenoxiacético, zeatina, etc). Estes estudos debruçaram-se ainda sobre a aplicação de estratégias de embriogénese somática em *Olea maderensis*, o qual se mostrou um método eficiente e alternativo na propagação *in vitro* desta espécie (BRITO *et al.*, 2003b). Contudo a indução de embriogénese somática nesta espécie é ainda baixa e a conversão dos embriões tem-se mostrado difícil (Fig. 5).

Actualmente já existem plantas em processo de aclimatização à Ilha, nomeadamente cerca de 50 plantas de *Olea maderensis* (provenientes de micropropagação), introduzidas na encosta Sul do Pico do Castelo. Continua em curso o processo de transferência, para outros locais a definir na ilha de Porto Santo, de plantas já aclimatizadas a estufa (Fig. 6). Esta tarefa está a ser levada a cabo em colaboração com as entidades locais. Uma vez no campo, procede-se ao acompanhamento do desenvolvimento destas plantas ao longo de dois anos (taxa de mortalidade, taxa de crescimento, *status* nutricional e híbrido, e parâmetros metabólicos tais como taxas fotossintéticas, respiratórias e de transpiração), de modo a que futuramente seja possível a selecção dos genótipos mais resistentes ao stress hídrico.

Finalmente, ressalve-se a importância deste trabalho, cujos estudos de caracterização genética e morfológica revelaram diferenças em oliveiras bravas da Ilha *in situ* e *in vitro* e, deste modo, levantaram a questão de identificação sistemática das oliveiras existentes em Porto Santo. Estas questões vão de encontro aos dados bibliográficos (RIVAS-MARTÍNEZ *et al.*, 1993; VARGAS *et al.*, 2001; RIVAS-MARTÍNEZ *et al.*, 2002) relativos à posição taxonómica das espécies de oliveira brava e zimbreiro que se encontram em Porto Santo. A resposta a esta questão tem vindo a ser feita em colaboração com o Jardim Botânico da Madeira e com recurso a marcadores moleculares (*e. g.* microssatélites) e citometria de fluxo em complemento com as análises tradicionais. Estudos recentes, no âmbito deste projecto, revelaram por citometria de fluxo, diferenças notórias de ploidia na população de oliveiras bravas de Porto Santo, característica de interesse taxonómico (BRITO *et al.*, 2007b).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

No âmbito dos estudos efectuados ao abrigo do Projecto REI, importa salientar os aspectos mais relevantes em termos de caracterização dos ecossistemas da Ilha (*status* da Ilha entre 2000 e 2004), bem como as possíveis correlações que se possam fazer entre os vários temas estudados, de modo a que o processo de tomada de decisão, no que concerne ao desenvolvimento de programas de reflorestação para a Ilha, possa ser facilitado.

De um modo geral, os solos possuem uma baixa percentagem de matéria orgânica, o que se pode justificar pelo facto de existir um reduzido coberto vegetal da Ilha o qual produz uma fraca massa vegetal, ou seja uma baixa adição de matéria orgânica ao solo. Ainda devido a este aspecto, e no âmbito da análise microbiológica dos solos, verificou-se que os valores de abundância bacterianos e fúngicos estão bastante abaixo daqueles encontrados, em termos médios, para um solo fértil, o que poderá ser devido ainda ao facto dos solos possuírem valores oscilantes de cloreto de sódio (MOREIRA, 2006).

As águas represadas apresentaram valores de condutividade eléctrica elevados, o que se poderá dever à concentração de sais (NaCl) dissolvidos na água. Por outro lado, a concentração de nitratos, situa-se em média abaixo do valor máximo recomendado (VMR) para águas destinadas à rega. Estas características das águas, se usadas na irrigação, poderão assim influenciar a qualidade dos solos e produção agrícola e florestal. Saliente-se finalmente que nestas águas foi registada a presença ubíqua de *Escherichia coli*.

O estudo dos parâmetros ficológicos revelaram, nas massas de água analisadas, a presença de espécies de microalgas características de locais eutrofizados, pelo que torna-se necessário implementar programas de monitorização com o objectivo de preservar a qualidade dos ecossistemas de Porto Santo.

No que concerne à inventariação de macroinvertebrados de solo, foi possível verificar que as zonas expostas apresentam um maior número de organismos. As zonas não expostas florestadas sobretudo com *Pinus halepensis* e *Olea europaea* apresentaram maior número de espécies, e maior estabilidade do ecossistema (ANTUNES *et al.*, 2007).

Foi possível concluir que zonas como ribeiras, represas e charcas apresentaram a maior riqueza específica de avifauna. Contudo, as zonas florestadas revelaram ser importantes, pelo facto de terem sido encontradas, no âmbito destes estudos, duas espécies nidificantes, cuja nidificação ainda não tinha sido referenciada. O aumento de espécies nidificantes em Porto Santo pode estar relacionado, pelo menos parcialmente, com o esforço de reflorestação.

Os estudos de inventariação da flora permitiram constatar uma grande pobreza no estrato arbóreo, confirmando-se que a vegetação ali existente é sobretudo herbácea, onde existe o maior número de endemismos. Assim, é pertinente alertar para o facto de que em trabalhos de florestação futuros seja dada importância à manutenção da biodiversidade, bem como à conservação de *habitats* de espécies.

Nos trabalhos de biotecnologia vegetal, micropropagaram-se espécies em risco (*Olea maderensis* e *Juniperus phoenicea*). Actualmente, está em curso o processo de aclimatização de oliveiras bravas micropropagadas à Ilha, tendo sido já introduzidas no ecossistema da Ilha cerca de 50 plantas.

Outro aspecto a salientar deste Projecto é a necessidade de consciencializar a população para os problemas ambientais existentes em Porto Santo. Deste modo sugere-se que com os resultados obtidos no âmbito deste projecto, se façam cursos ou acções de formação que possam envolver, por exemplo professores, cujo principal objectivo seja motivá-los, para que posteriormente possam sensibilizar os jovens de Porto Santo para uma atitude de cidadania consciente.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Direcção Regional de Florestas da Região Autónoma da Madeira, Jardim Botânico da Madeira, Câmara Municipal de Porto Santo, Porto Santo Verde, E. M. e outras entidades locais, que directa ou indirectamente proporcionaram todo o apoio e condições na realização deste projecto. Agradecem igualmente aos Doutores António Luís, Mário Verde, José Paulo Sousa, Sónia Mendo, Ruth Pereira e Tina Lopes, e aos Lics. Armando Costa, Fernando Leão, Helena Moreira, Rosa Pinho, Sara Antunes e Eurico Costa, por todo o trabalho técnico e de investigação desenvolvido no âmbito do Projecto REI e que tornaram possível este artigo de revisão. Este projecto foi financiado pela FCT – PNAT/1999/AGR/15011/99.

REFERÊNCIAS

ANON.:

2000. Plano Regional da Política de Ambiente – Opções Estratégicas e Medidas de Intervenção. Secretaria Regional do Ambiente e Recursos Naturais, Região Autónoma da Madeira.

ANTUNES, S. C., R. PEREIRA & F. GONÇALVES:

2003. Biodiversidade de macroinvertebrados na Ilha de Porto Santo. I Simpósio de Biodiversidade em Ecossistemas Insulares: o exemplo de Porto Santo, p. 17. Porto Santo.

ANTUNES, S. C., R. PEREIRA, J. P. SOUSA, M. C. SANTOS & F. GONÇALVES:

2007. Spatial and temporal distribution of litter arthropods in different vegetation covers of Porto Santo Island (Madeira Archipelago, Portugal). *European Journal of Soil Biology*, DOI: 10.1016/j.ejsobi.2007.08.016.

BIRD, S., R. N. COULSON & D. A. CROSSLEY Jr.:

2000. Impacts of silvicultural practices on soil and litter arthropod diversity in a Texas pine plantation. *Forest Ecology and Management*, **131**: 65-80.

BRITO, G.:

2000. Micropropagação de duas espécies autóctones da Ilha de Porto Santo (*Olea europaea* L. ssp. *maderensis* Lowe e *Juniperus phoenicea* L.) e estudo da resposta de rebentos *in vitro* a stress osmótico. Tese de Mestrado em Ciências das Zonas Costeiras, Universidade de Aveiro.

BRITO, G., A. CAPELO, A. COSTA, V. GOMES & C. SANTOS:

- 2003b. Novas estratégias para preservar a biodiversidade vegetal de espécies autóctones de Porto Santo. I Simpósio de Biodiversidade em Ecossistemas Insulares: o exemplo de Porto Santo, p. 14. Porto Santo.

BRITO, G., A. COSTA, H. FONSECA & C. SANTOS:

- 2003a. Response of *Olea europaea* ssp. *maderensis* *in vitro* shoots to osmotic stress. *Scientia Horticulturae*, **97**: 411-417.

BRITO, G., J. LOUREIRO, T. LOPES, E. RODRIGUEZ & C. SANTOS:

- 2007b. Genetic characterization of olive trees from Madeira Archipelago using flow cytometry and microsatellite markers. *Genetic Resources and Crop Evolution*, DOI 10.1007/s10722-007-9268-8.

BRITO, G., L. BRITO, E. COSTA, M. SALGUEIRO, R. PINHO, F. LEÃO & C. SANTOS:

2007. Aplicação SIG na elaboração de cartografia temática do coberto vegetal da Ilha do Porto Santo. *Boletim do Museu Municipal do Funchal (História Natural)*, supl. n.º 12: 61-83.

BRITO, G., R. JARDIM, C. COELHO & C. SANTOS:

- 2007a. Micropropagação de uma espécie autóctone de Porto Santo como estratégia de combate à desertificação: exemplo da oliveira-brava. *Silva Lusitana (in press)*.

CAPELO, A., V. GOMES, A. COSTA & C. SANTOS:

2003. Micropropagação de *Olea europaea* ssp. *maderensis*: um contributo no combate à desertificação. I Simpósio de Biodiversidade em Ecossistemas Insulares: o exemplo de Porto Santo, p. 27. Porto Santo.

COSTA, C. J., J. CAPELO, R. JARDIM & M. SEQUEIRA:

2004. Catálogo Florístico do Arquipélago da Madeira. In: *Quercetea*, vol 6 (eds.: M. F. Lousã, M. D. Espírito Santo & J. H. Capelo), pp. 187-200. ALFA, Lisboa, Portugal.

FREITAS, G. & P. J. FREITAS:

1996. A Florestação na Ilha do Porto Santo. Relatório da Direcção Regional de Florestas.

HESS, J., W. KADEREIT & P. VARGAS:

2000. The colonization history of *Olea europaea* L. in Macaronesia based on internal transcribed spacer 1 (ITS-1) sequences, randomly amplified polymorphic DNAs (RAPD), and intersimple sequence repeats (ISSR). *Molecular Ecology*, **9**: 857-868.

JARDIM, R. & D. FRANCISCO:

2000. Flora Endémica da Madeira. Múchia Publicações, Lda. Setúbal, Portugal.

JARDIM, R., F. FERNANDES & S. FONTINHA:

- 1998a. Vascular flora on some peaks of Porto Santo Island. III Simpósio Fauna e Flora das Ilhas Atlânticas, p. 224. Ponta Delgada.

JARDIM, R., S. FONTINHA & F. FERNANDES:

- 1998b. Pico Branco: A Peculiar Floristic Site on Porto Santo Island. *Boletim do Museu Municipal do Funchal (História Natural)*, **50** (285): 43-57.

LOUREIRO, J., A. CAPELO, G. BRITO, E. RODRIGUEZ, S. SILVA, G. PINTO & C. SANTOS:

2007. Micropropagation of *Juniperus phoenicea* from adult plant explants and analysis of ploidy stability using flow cytometry. *Biologia Plantarum*, **51** (1): 7-14.

LUÍS, A. & F. LEÃO:

2003. Estudo da riqueza faunística da Ilha de Porto Santo: uma aplicação às aves. I Simpósio de Biodiversidade em Ecossistemas Insulares: o exemplo de Porto Santo, p. 19. Porto Santo.
2007. Estudo da riqueza faunística da Ilha de Porto Santo: uma aplicação às aves. *Boletim do Museu Municipal do Funchal (História Natural)*, supl. n.º 12: 53-60.

MOREIRA, H.:

2006. Caracterização físico-química e microbiológica de águas e solos da Ilha de Porto Santo. Tese de Mestrado, Universidade de Aveiro.

MOREIRA, H., S. MENDO, A. COSTA & C. SANTOS:

2003. Estudos preliminares sobre a diversidade microbiana em solo e águas de Porto Santo. I Simpósio de Biodiversidade em Ecossistemas Insulares: o exemplo de Porto Santo, p. 16. Porto Santo.

PINHO, R., F. LEÃO, A. COSTA & L. LOPES:

2003. Biodiversidade Vegetal na Ilha do Porto Santo: um estudo das plantas superiores existentes em 2002. I Simpósio de Biodiversidade em Ecossistemas Insulares: o exemplo de Porto Santo, p. 9. Porto Santo.

REBOLEIRA, A., P. RESENDE & M. J. PEREIRA:

2003. Biodiversidade na Ilha de Porto Santo – um estudo da riqueza algológica. I Simpósio de Biodiversidade em Ecossistemas Insulares: o exemplo de Porto Santo, p. 12. Porto Santo.

RIVAS-MARTÍNEZ, S., T. E. DÍAZ, F. FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ, J. IZCO, J. LOIDI,
M. LOUSÃ & A. PENAS:

2002. Vascular plant communities of Spain and Portugal - Addenda to the syntaxonomical checklist of 2001. *Itinera Geobotanica*, 15: 5-922.

RIVAS-MARTÍNEZ, S., W. WILDPRET & P. L. P. PAZ:

1993. Datos sobre *Juniperus phoenicea* aggr. (*Cupressaceae*). – *Itinera Geobotanica*, 7: 509-512.

SANTOS, C.:

2005. Relatório Final de Actividades: Reflorestação da Ilha de Porto Santo usando plantas autóctones regeneradas *in vitro* e adaptadas a stress hídrico (Março de 2001 a Março de 2005). Relatório de Actividades do Projecto REI – PNAT/1999/AGR/15011/99. Universidade de Aveiro.

SANTOS, C., G. BRITO, G. PINTO & H. FONSECA:

2003. In vitro plantlet regeneration of *Olea europaea* ssp. *maderensis*. *Scientia Horticulturae*, **97**: 83-87.

VARGAS, P., G. F. MUÑOZ, J. HESS & J. W. KADEREIT:

2001. *Olea europaea* subsp. *guanchica* and subsp. *maroccana* (Oleaceae) two new names for olive tree relatives. *Anales del Jardín Botánico de Madrid*, **58**: 360-361.