

**GEOGRAFIA FÍSICA
EM REGIÕES DE MONTANHA
A ILHA DA MADEIRA E AS SERRAS DA
ARRÁBIDA E DA ESTRELA**
Homenagem a Orlando Ribeiro

Mora C (ed.) (2014) Geografia Física em Regiões de Montanha: A Ilha da Madeira e as Serras da Arrábida e da Estrela. Homenagem a Orlando Ribeiro. ULisboa, Centro de Estudos Geográficos, Grupo de Investigação em Alterações Climáticas e Sistemas Ambientais (ZEPHYRUS).



FICHA TÉCNICA

Título: Mora C (ed.) (2014) Geografia Física em Regiões de Montanha: A Ilha da Madeira e as Serras da Arrábida e da Estrela. Homenagem a Orlando Ribeiro. ULisboa, Centro de Estudos Geográficos, Grupo de Investigação Alterações Climáticas e Sistemas Ambientais- *Zephyrus*

Autores: Maria João Alcoforado, Jan Jansen, Marcelo Fragoso, António Lopes, Sérgio Lopes, Carla Mora e Gonçalo Vieira

Capa: Carla Mora; fotografias de Orlando Ribeiro: Arrábida (canto inferior esquerdo) e Serra da Estrela (topo) de 1945, Madeira (canto inferior direito) de 1947. CEG/IGOT/ULisboa.

Unidade de investigação: Grupo de Investigação Alterações Climáticas e Sistemas Ambientais- *Zephyrus*,

Edição e distribuição: Centro de Estudos Geográficos, ULisboa

Impressão: David Barreira

Tiragem: 100 exemplares

ISBN: 978-972-636-248-7

Índice:

Prefácio..... 5

O clima e a vegetação da Arrábida e da Madeira, duas ‘ilhas’ caras a Orlando Ribeiro..... 11

Unidades de paisagem do Covão Cimeiro (Serra da Estrela). Uma abordagem da Geografia Física naturalista..... 51

PREFÁCIO

Comemorou-se, em 2011, o 100º aniversário do nascimento de Orlando Ribeiro.

Depois de uma reestruturação dos agora denominados *Grupos de Investigação* do Centro de Estudos Geográficos (CEG), o grupo *Zephyrus* - “Alterações Climáticas e Sistemas Ambientais”, resolveu divulgar dois textos em memória do Professor Orlando Ribeiro, numa colecção que agora se inicia. Directa ou indirectamente, os autores dos textos aqui editados sofreram influência dos trabalhos, das reflexões e da personalidade de Orlando Ribeiro. No entanto, de entre as pessoas do grupo, fui eu quem mais conviveu com Orlando Ribeiro que, embora não tenha sido meu Professor, orientou o meu trabalho de fim de curso sobre a Arrábida e acompanhou-me em numerosas excursões. A relação de amizade com o “Professor Orlando” e com a “Professora Suzana”, que se foi cimentando ao longo dos anos e que ainda hoje perdura com Suzanne Daveau, foi (e continua a ser) fonte de grande enriquecimento pessoal e intelectual para mim.

Nestes dois últimos anos, o nosso grupo foi reorganizado. No início de 2013, faleceu o nosso Colega Henrique Andrade, grande Geógrafo e Amigo dedicado, quando eu tinha acabado de me aposentar. Retirei-me também da liderança do núcleo “Clima e Mudanças Ambientais” (CLIMA), depois de mais de 20 anos de serviço de coordenação dos grupos de Geo-Ecologia e, depois, CLiMA do CEG; nessa altura, os investigadores seniores do CLiMA, Carlos Neto (com preferência por temas de biogeografia e conservação da natureza), Marcelo Fragoso (climatologia sinóptica e histórica) e António Lopes (climatologia urbana e ordenamento do território) decidiram que este ficaria a liderar o grupo, tarefa que cumpriu com eficácia e generosidade. Na sequência da reestruturação da investigação do CEG no final de 2013, formou-se o Grupo de Investigação *Zephyrus*, resultante da fusão dos núcleos CLIMA e AntECC (“Ambientes Antárticos e Alterações Climáticas”, então coordenado por Gonçalo Vieira, um dos pioneiros nacionais da investigação antártica). Os temas preferenciais do *Zephyrus* são biogeografia, climatologia e geocriologia (<http://zephyrus.ulisboa.pt>). Integra 14 investigadores efectivos (um professor

catedrático, 2 associados, 6 auxiliares) e 20 investigadores associados - entre os quais 2 post-docs - de várias universidades Portuguesas (ULisboa, UÉvora, UAlgarve e UTAD). Inclui ainda 18 jovens, 13 dos quais estudantes de doutoramento. É um grupo interdisciplinar, liderado por António Lopes, constituído por geógrafos, físicos, engenheiros geógrafos, florestais e biofísicos e uma investigadora licenciada em Estudos Europeus. A pesquisa em curso (projectos e publicações) encontra-se disponível na internet e é feita, não raro, em colaboração com arquitectos, biólogos, engenheiros, físicos, geólogos, historiadores, meteorologistas e pedólogos de diversas nacionalidades. O presente livro é composto por dois textos, partindo de alguns trabalhos de Orlando Ribeiro e mostram como o *Zephyrus* tem estudado os temas seleccionados.

O primeiro trata do clima e da vegetação da Arrábida e da Madeira, embora estes não sejam temas centrais na obra de Orlando Ribeiro. O. Ribeiro dedicou-se primeiro à investigação sobre a Arrábida, tema da sua tese de doutoramento em 1935 e estudou a Madeira em 1947 e 1948, quando preparava o livro-guia de uma das excursões do XVIº Congresso Internacional de Geografia, que o CEG de Lisboa organizou em 1949, sob a sua orientação.

A Arrábida era um destino e objecto de estudo de eleição de O. Ribeiro, não só pelo seu interesse geológico e geográfico, mas também pela sua beleza, que também revivia nos escritos de Sebastião da Gama e Frei Agostinho da Cruz. Lembro, em particular, uma conversa no vale da Ribeira do Alcube (a SW de Palmela), sob um guarda-chuva (apesar de o Mestre nos ir repetindo que “um geógrafo não se dissolve”), que entusiasmou a estudante, que eu era na altura, com divagações filosóficas, trazidas à sua memória pelo sortilégio daquele local.

Apesar da escassez de dados meteorológicos e de bibliografia pré-existente (se exceptuarmos textos que louvavam o “excelente” clima da Arrábida, juntamente com o da “Costa do Estoril” e da Madeira, alguns escritos em inglês, tendo em conta a clientela de turistas a que se destinavam), ele descreve os principais factores geográficos que condicionam o clima destas duas “ilhas” e divulga as estatísticas climáticas existentes. No caso da Arrábida, refere ainda as características mais continentais de alguns vales encaixados paralelos ao litoral (fruto da sua observação de campo, que nós viríamos a documentar) e a importância do abrigo das vertentes meridionais da Serra, proporcionando um

clima local e espécies vegetais “que só no Algarve têm o seu paralelo”. No caso da Madeira, integra, na monografia sobre a Ilha, as características gerais do clima e as particularidades da vegetação. Sem dados, mas baseado na sua atenta observação de campo, descreve as brisas do mar da vertente Sul e mais particularmente do Funchal, que foram recentemente documentadas por nós. Alude também às terríveis “aluviões”, que infelizmente ainda continuam a causar vítimas e danos materiais e que têm sido alvo de estudo pelo *Zephyrus*. A diferenciação climática reflecte-se na distribuição da vegetação e na flora característica de regiões mais quentes, havendo mais espécies endémicas na Madeira, isolada desde a abertura do Oceano Atlântico, temas que também têm vindo a ser retomados e são apresentados no capítulo inicial.

O segundo texto refere parte de uma investigação, feita na sequência do Projecto ESTRELA, liderado pelo Professor António de Brum Ferreira, falecido em 2013, que lembramos com saudade e admiração, e que muito contribuiu para o conhecimento da Geografia Física de Portugal, em particular no campo da Geomorfologia. Apresenta-se um estudo de unidades de paisagem, em que se investigam as interacções entre o clima, a dinâmica geomorfológica e as comunidades vegetais no circo glaciário do Covão Cimeiro, na Serra da Estrela, cuja glaciação quaternária foi inicialmente estudada por E. Fleury e H. Lautensach e, posteriormente, por Suzanne Daveau. O trabalho é feito a uma escala muito detalhada, com o objectivo de delimitar unidades de paisagem, adaptadas ao sistema de classificação de habitats Natura2000. A metodologia pode ser extrapolada e permite aplicação no ordenamento e na gestão do território. A ligação com o trabalho de Orlando Ribeiro tem aqui a ver com a selecção da metodologia (seguindo-se uma perspectiva de Geografia naturalista, focada nas inter-relações entre os elementos físicos e biofísicos da paisagem) e com os trabalhos que desenvolveu na Cordilheira Central, onde guiou excursões de numerosas gerações de geógrafos.

Os dois textos mostram que, apesar da evolução dos conceitos em torno da paisagem, os trabalhos de Orlando Ribeiro são muito inovadores para a época, apresentando já a paisagem como um conceito dinâmico, resultado das relações entre geomorfologia, clima e vegetação e incluindo a marca do Homem. Por outro lado, verificámos que muitos alicerces dos nossos estudos já tinham sido lançados

por Orlando Ribeiro, por vezes numa abordagem que mantém grande actualidade e que só o menor desenvolvimento da tecnologia e a escassez de dados de base não permitiu aprofundar mais. Mesmo em domínios que não desenvolveu particularmente, admira-se a justeza de certas reflexões e mostra-se como as hipóteses que ele punha, vieram a ser provadas a partir de novos dados e investigação recente.

Serve este prefácio também para passar o testemunho aos jovens colegas, com os quais continuo aliás a colaborar, com muito gosto, em projectos, artigos e orientação de dois doutorandos e um bolseiro. É muito gratificante passar as responsabilidades para um grupo de investigadores dinâmicos, trabalhadores, inovadores e inteligentes. No GI *Zephyrus* é dada primazia à pesquisa de grupo, interdisciplinar e internacional, à publicação em revistas internacionais de elevado factor de impacto, à formação de jovens, à divulgação em diversos fóruns e à prestação de serviços à comunidade, tendo sido possível, com imaginação, a adaptação às dificuldades por que passa a investigação científica.

Resta-me desejar que as qualidades actuais deste grupo e da sua liderança permaneçam, que surjam novas oportunidades de promoção na carreira, que as apostas do grupo se vão concretizando e que permaneça o entusiasmo e o espírito de equipa. Continuarão, assim, a ser um Grupo de Investigação de referência e contribuirão, com os colegas do CEG, para perpetuar a herança de Orlando Ribeiro.

Maria João Alcoforado
21 de Junho de 2015

O CLIMA E A VEGETAÇÃO DA ARRÁBIDA E DA MADEIRA, DUAS ‘ILHAS’ CARAS A ORLANDO RIBEIRO

Maria João Alcoforado¹

Carlos Neto¹

António Lopes¹

Marcelo Fragoso¹

Carla Mora¹

Sérgio Lopes¹

Resumo

Apresentam-se, neste artigo, alguns estudos recentes sobre o clima e a vegetação da Arrábida e da Madeira, empreendidos na sequência de trabalhos de Orlando Ribeiro, de quem se celebra o centenário do nascimento. Nestes dois locais montanhosos de clima mediterrâneo existem grandes contrastes entre as vertentes Norte e Sul, que se espelham na vegetação, com a ocorrência de espécies esclerófilas e suculentas na base da vertente Sul da Madeira e na vertente Sul da Arrábida. No entanto, a posição da Madeira no Atlântico, a sua maior altitude e consequentes elevados totais pluviométricos e baixas temperaturas permitem a existência de laurissilva ou “floresta de nevoeiro” nos andares mais elevados, mesmo na vertente meridional. Ambos os locais apresentam grande diversidade florística e muito interesse para a protecção e conservação: a laurissilva está classificada como “Património da Humanidade” e a floresta mesófila, dominada por carvalho cerquinho, que se conserva apenas nalguns vales mais protegidos da Arrábida, está qualificada como *Mata de protecção integral*. Alguns recursos e riscos climáticos são analisados igualmente: de entre os primeiros, as brisas do mar no Funchal e na vertente sul da Arrábida e, incluídos nos segundos, as

¹ Investigadores do Centro de Estudos Geográficos, Instituto de Geografia e Ordenamento do Território, Universidade de Lisboa

precipitações muito intensas na Madeira, cujas consequências são as temidas *aluviões*.

Palavras-chave: Arrábida, Madeira, vegetação, conservação, laurissilva, brisas do mar, precipitação intensa, aluviões da Madeira, Orlando Ribeiro.

Abstract

The studies on the climate and vegetation of the *Arrábida* mountain and *Madeira* island which are presented in this article, were carried-out following the work of Orlando Ribeiro. In 2011 Ribeiro's 100th anniversary of birth was celebrated. The climate of these two mountainous areas is "Mediterranean". There is a great contrast between the Northern and Southern slopes, reflected in their vegetation of sclerophyll and succulent species growing on the bottom of the Southern slopes of both Madeira and Arrábida. However, the location of Madeira in the Atlantic, its greater altitude and therefore greater amount of rainfall and lower temperatures allow for the existence of *Laurissilva*, a laurel forest also known as the "fog forest", in the highest areas, even on the South facing slopes. Both locations offer a great diversity of flora that is of great interest for protection and conservation: *Laurissilva* is classified as a "World Heritage" and the semi-deciduous forest, largely dominated by the Portuguese Oak, which can only be found in some of the more protected valleys of Arrábida, is classified as a *Protected Forest*. Some climate resources and risks are also evaluated, respectively the sea breeze in Funchal (Madeira) and in the Southern slope of Arrábida and the very intense rains in Madeira and the dreadful floods that can follow.

Key words: Arrábida, Madeira, vegetation, conservation, laurissilva, sea breeze, intense precipitation, *aluviões* in Madeira, Orlando Ribeiro.

I. INTRODUÇÃO

Como praticamente todos os geógrafos portugueses, também os diversos membros do núcleo Alterações Climáticas e Sistemas Ambientais (ZEPHYRUS) do Centro de Estudos Geográficos (CEG) da Universidade de Lisboa foram (e são) influenciados pela obra de Orlando Ribeiro. A primeira autora teve ainda o privilégio de o conhecer pessoalmente, de participar em saídas de campo, de ouvir as suas conferências ou intervenções, por vezes provocadoras, nos célebres *Colóquios das quintas-feiras* do Centro de Estudos Geográficos ou, simplesmente, de conversar com Orlando Ribeiro.

Orlando Ribeiro investigava em “Geografia”, ou seja abarcava todos os agora denominados ramos ou especialidades da ciência geográfica. Alguns dos seus escritos incidem em temas de geografia física, particularmente em geomorfologia. Os membros do núcleo ZEPHYRUS trabalham sobretudo em climatologia e biogeografia, abrangendo vários tópicos como história do clima e da vegetação e suas inter-relações, fitogeografia, climatologia local e urbana, variabilidade do clima e extremos climáticos e climatologia aplicada ao turismo e à saúde. Na procura de um denominador comum temático entre a nossa investigação e a de Orlando Ribeiro, verificámos que, embora o Professor não tenha publicado livros ou artigos unicamente centrados em climatologia ou biogeografia, estes temas estão quase sempre presentes na descrição do “quadro natural” das monografias regionais que assina². Pretendemos mostrar, neste artigo, como os investigadores do núcleo ZEPHYRUS têm vindo a dar seguimento a estudos pioneiros de Orlando Ribeiro sobre o clima e a vegetação da Arrábida e da ilha da Madeira (fig.1).

Escolhemos estes locais por diversas razões: a) São dois locais-alvo de trabalhos importantes de Orlando Ribeiro, que foram reeditados; b) o Professor mantinha

² O estudo sistemático do clima de Portugal seria mais tarde iniciado por Suzanne Daveau e o da biogeografia por Maria Eugénia Moreira.

com eles uma relação de afecto, que transmitia aos seus discípulos, nas aulas, no campo e através dos seus escritos; c) Orlando Ribeiro, socorrendo-se de trabalhos

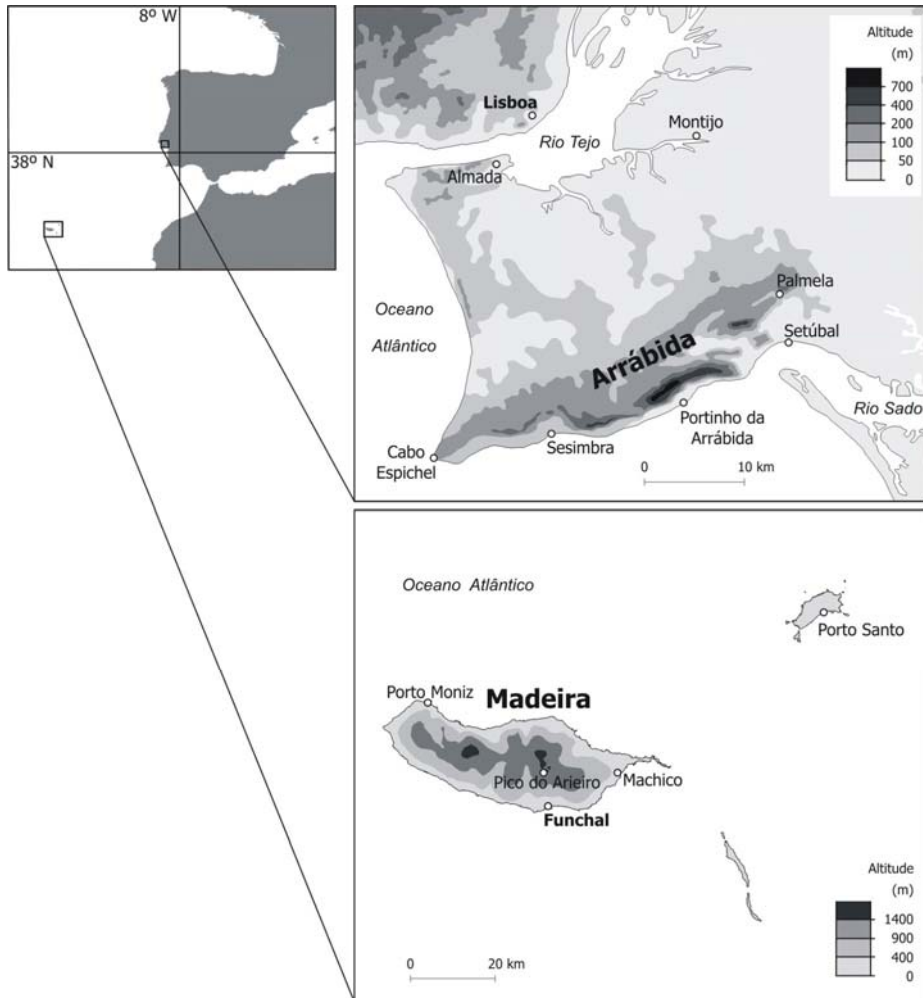


Fig. 1 - Localização das áreas de estudo.

Fig. 1 - Location of the study areas.

anteriores, da observação própria e dos dados estatísticos então disponíveis, lançou os alicerces da investigação que temos vindo a desenvolver nestes locais;

d) Por último, mas não menos importante para a nossa escolha, foi o interesse da comparação destes dois locais, que se erguem como “ilhas” grosseiramente orientadas Oeste-Este, a Madeira em pleno Oceano e a Arrábida, limitada também pelo Atlântico a Oeste e a Sul, e que sobressai como uma ilha no sul da Península de Setúbal (fig.1).

Ambas possuem clima dito mediterrâneo. No entanto, a posição da Madeira confere-lhe um carácter marítimo mais marcado do que a da Arrábida, que se reflecte na vegetação. Tanto na Madeira como na Arrábida ocorrem grandes contrastes, entre as extensas e íngremes vertentes Norte e Sul, que propiciam variados e interessantes microclimas. Orlando Ribeiro refere-se em particular aos do Funchal e das fajãs meridionais da Madeira, bem como ao do Portinho da Arrábida (Ribeiro, 1935; 1949), cujas características investigadores do ZEPHYRUS têm vindo a aprofundar. Alude também a acontecimentos meteorológicos extremos na Madeira (Ribeiro, 1949), nomeadamente à precipitação intensa e às consequentes “aluviões”, tema que foi retomado por membros deste núcleo. Tal como em diversos estudos de Orlando Ribeiro, será estabelecida a relação entre clima e vegetação nestas duas “ilhas”, e actualizada a informação com base em estudos recentes.

II. ÁREAS DE ESTUDO

A Arrábida foi tema da tese de doutoramento de Orlando Ribeiro, defendida em 1936, onde tratou de diversos aspectos da Geografia física e humana da Arrábida, valendo-se de intenso trabalho de campo e de alguns raros trabalhos anteriores, relacionados com aspectos de Geografia física tratados por Paul Choffat, Carlos Ribeiro, Hermann Lautensach e Jules Daveau, entre outros (Ribeiro, 1935, 1937). Ao longo da sua vida, Orlando Ribeiro continuou a interessar-se pela Arrábida (e a entusiasmar colegas e discípulos), e a dirigir inúmeras excursões; redigiu mesmo uma síntese e actualização da geomorfologia da Arrábida, como guia para uma excursão, realizada no quadro do “Primeiro Seminário Internacional de Geografia”, publicada na *Finisterra* (Ribeiro, 1968a).

Os dois trabalhos vieram a ser re-editados pela Câmara Municipal de Sesimbra, em 1986 e em 2004.

A Arrábida (situada a 38° 30' de latitude Norte) é uma cadeia montanhosa, de orientação geral ENE-WSW. Como lembra Orlando Ribeiro (1968), “foi Choffat quem estendeu o nome a toda a ‘cadeia’ montanhosa” num excelente estudo geológico, que data de 1908. A origem do nome terá sido a de um *ribat* muçulmano, retiro de oração e de preparação para a guerra santa” (Ribeiro, 1968, p.268). A cadeia da Arrábida é formada por dobras de direcção ENE-WSW, todas cavalgantes para SE (Ribeiro *et al.*, 1979). Os anticlinais da Arrábida foram constituídos no final do Miocénico e o seu núcleo é formado por calcário do Jurássico. No Sul da Península de Setúbal dominam fácies marinhos, a Oeste, e continentais, a Leste. A tectónica, a abrasão marinha e a erosão diferencial contribuíram para as formas tão expressivamente sugeridas no esboço morfológico, preparado por Orlando Ribeiro e Suzanne Daveau (Ribeiro, 1968, p.261). Centraremos o nosso estudo na elevação do Formosinho, que atinge a altitude máxima de 501m, sobranceira ao Portinho da Arrábida.

Embora já conhecesse a Madeira desde 1935, só mais tarde, Orlando Ribeiro se concentraria no estudo da Ilha, para preparar o livro-guia da excursão à Ilha, no âmbito do XVI Congresso Internacional de Geografia da União Geográfica Internacional, que ele organizou em Lisboa, em 1949 (Ribeiro, 1949). Esta excelente monografia, escrita em francês, seria traduzida para português e reeditada em 1985. Na excursão participaram numerosos colegas estrangeiros: “Em Abril de 1949, durante duas semanas, reuniu-se na Madeira um conjunto, talvez único, de grandes figuras da Ciência, pertencentes a sete países” (Ribeiro, 1949, ed. 1985, p.11), entre os quais Marguerite Lefèvre e Hermann Lautensach.

A Ilha da Madeira, de 63km de comprimento e 23km de largura máxima, está situada entre 30° e 33°07' de latitude Norte. A sua parte central é constituída por um grande maciço montanhoso vulcânico, que culmina a 1861m no Pico Ruivo (Ribeiro *et al.*, 1979). A ilha da Madeira e o seu soco constituem um arco montanhoso, orientado de Oeste para Este; a costa sul é mais extensa e de traçado convexo no seu conjunto, enquanto a costa setentrional apresenta concavidades orientadas para Norte (Ribeiro, 1949, p.10). A ilha é constituída por produtos de erupção, entre os quais tufos, cinzas, escórias, *lapilli* e lavas (*idem*).

III. O CLIMA DA ARRÁBIDA E DA MADEIRA.

Tanto a Arrábida como a Madeira têm clima dito mediterrâneo, com a estação seca no período quente do ano. As principais diferenças ocorrem no período frio e húmido, em que as temperaturas médias são bem mais baixas em Setúbal³ do que no Funchal (16°C em Dezembro no Funchal; 10°C em Setúbal, no mesmo mês) e as precipitações ligeiramente mais altas no continente (fig. 2), se bem que a intensidade das mesmas possa ser mais elevada no Funchal.

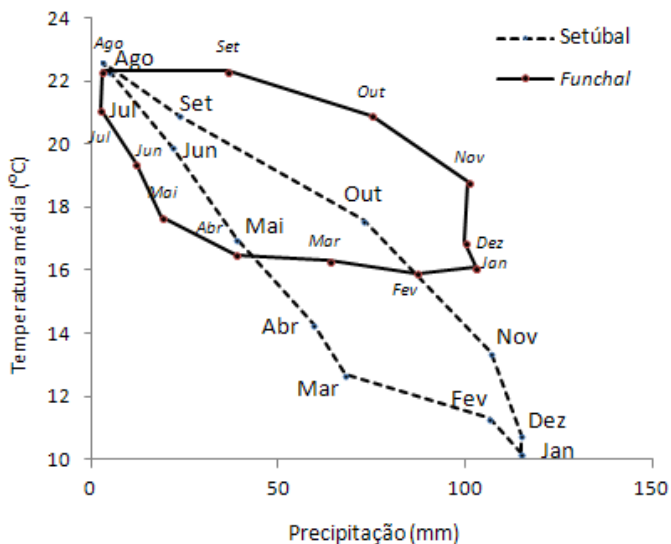


Fig. 2 - Climogramas do Funchal e de Setúbal.

Fig. 2 - Variation of monthly mean Temperature and precipitation in Funchal and Setúbal.

³ Embora a estação do Portinho da Arrábida, instalada por nós e de posição mais comparável ao Funchal, tenha funcionado mais de um ano, as lacunas devidas a problemas técnicos impedem de calcular valores médios anuais de temperatura e totais pluviométricos.

1. O clima da Arrábida

Apesar da grande escassez de dados meteorológicos, Orlando Ribeiro (1935) dedica três densas páginas ao clima da Arrábida, que descreve baseado na experiência de campo (incluindo a observação da vegetação da Arrábida e da ondulação ao largo), em inquéritos aos habitantes e em publicações anteriores; entre estas, refere os escritos de Dalgado (1914) e de Narciso (1933), que pretendiam publicitar as “excelentes” características climáticas de Portugal para a saúde humana, e ainda os de Silva Telles, o médico que introduziu o ensino universitário da Geografia em Portugal (Ribeiro, 1976).

A lista dos mais importantes factores climáticos é apresentada, destacando o relevo e sua orientação perpendicular ou oblíqua às massas de ar pluviogénicas, a exposição e a influência oceânica, que diminui de Oeste para Este. Distingue a área do Cabo Espichel, varrida pelos ventos dos quadrantes Norte a Oeste, com muito forte precipitação, o maciço da Serra da Arrábida [o Formosinho], onde considera ser máxima a precipitação, e a encosta meridional, abrigada dos ventos dominantes. Escreve Orlando Ribeiro: “A exposição ao Meio-dia e o abrigo do Norte pelas montanhas imprimem ao clima um aspecto francamente mediterrâneo, que só no Algarve tem o seu paralelo. A vegetação (...) é mais meridional do que a latitude da região faria supor” (Ribeiro, 1935, ed. 2004, p.67). Como exemplos de locais privilegiados por este tipo de clima Orlando Ribeiro cita Sesimbra, o Portinho da Arrábida, a “encosta do Convento” e o Outão. Distingue ainda a parte oriental da Arrábida, de cariz mais continental: “A Baixa de Palmela e os vales mais orientais têm temperaturas estivais elevadas e apreciável grau de secura” (Ribeiro, 1935, ed. 2004, p.68). Refere depois o frio de inverno, que também caracteriza o clima de Setúbal, citando Dalgado (1914) .

As condições climáticas mais “continentais” dos vales Oeste-Este do interior da cordilheira da Arrábida foram demonstradas por medições itinerantes e colocação de registadores fixos, primeiro num pequeno estudo levado a cabo em 1993 (Alcoforado *et al.*, 1993) e, posteriormente, na tese de mestrado de Carla Mora (1998, fig. 3). Os dois mapas da figura 3 (Mora, 1998), referentes a um dia de inverno (25.01.1997), foram o resultado de intensa campanha de medições

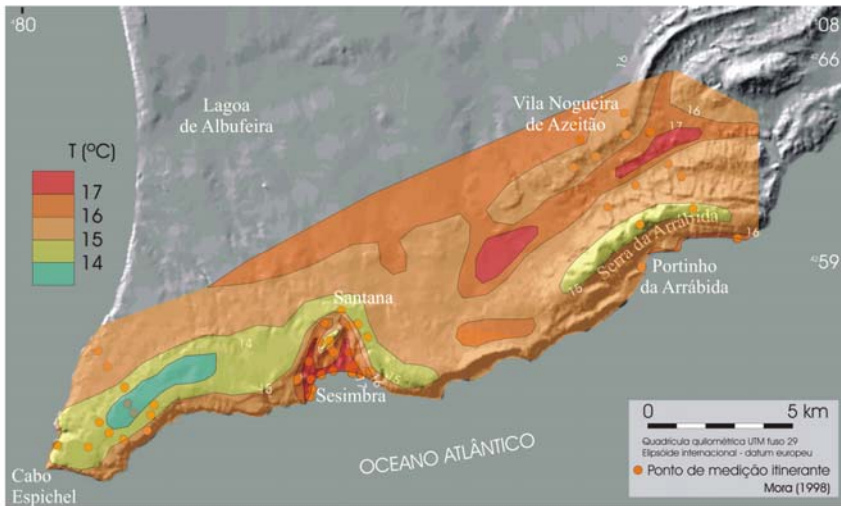
itinerantes com várias equipas, constituindo um exemplo, único até ao momento, da repartição das temperaturas mínimas e máximas na cadeia e nos vales da Arrábida até ao Cabo Espichel. As máximas mais elevadas ocorreram no interior dos vales orientais (abrigados) e na bacia de Sesimbra, onde a temperatura alcançou 17°C (exposição a Sul e influência da urbanização). As máximas mais baixas (inferiores a 14°C) ocorreram no topo da Serra da Arrábida e em parte da plataforma do Cabo.

Por sua vez, as temperaturas mínimas mais baixas tiveram lugar no fundo dos vales (cerca de 3°C), aumentando progressivamente em altitude e, mais ainda, nas arribas meridionais e ocidentais, onde atingiram 10°C. O efeito da urbanização é em Sesimbra muito eficaz no aumento de temperatura.

Verifica-se, assim, que os principais factores dos padrões térmicos nocturnos na Arrábida são a proximidade do oceano, responsável pelas temperaturas mais elevadas e a altitude, que provoca diminuição da temperatura; no entanto, a topografia acidentada é o factor que mais influencia o arrefecimento nocturno, devido à drenagem e à acumulação de ar frio em áreas topograficamente deprimidas e à formação de “lagos de ar frio”. Verifica-se, assim, que este fenómeno, típico de áreas continentais, pode ocorrer a poucos quilómetros do litoral: no fundo do vale da ribeiras do Alcube ou da Ajuda (a escassos 4km em linha recta do litoral) a temperatura estava 7°C mais baixa do que no Portinho da Arrábida). Este fenómeno ocorre em noites anticiclónicas, sem nuvens e com vento fraco, como foi também verificado por Alcoforado *et al.* (1993) e corresponde a cerca de 30% do total dos dias de inverno.

De dia, a altitude e a proximidade do oceano não permitem um aquecimento tão grande como o que se verifica nos vales da Arrábida (locais de maiores amplitudes térmicas) e na área de Sesimbra (exposição e efeito urbano).

a)



b)

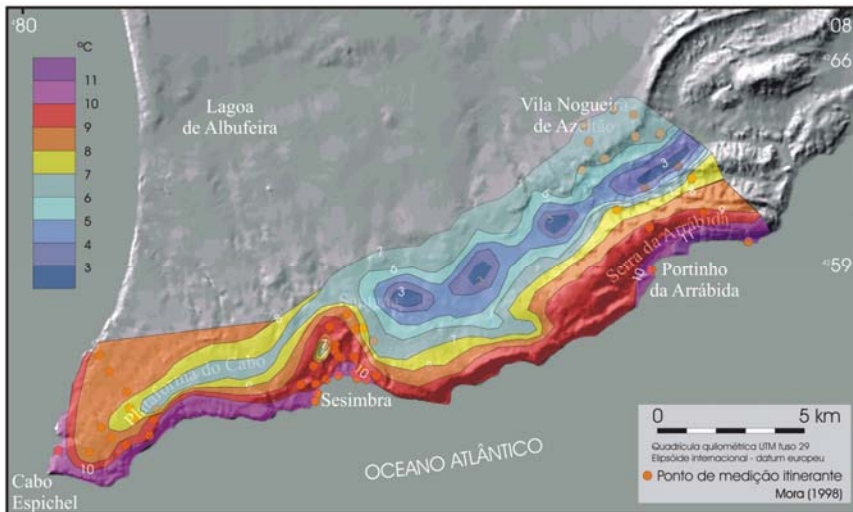


Fig. 3 - Temperaturas na Arrábida a 25.01.1997: 3a- máximas; 3b- mínimas.
(Fonte: Mora, 1998).

Fig. 3 - Temperatures in Arrábida 25.01.1997: 3a- maximum; 3b- minimum.
(Source: Mora, 1998).

2. O clima da Madeira

Ao longo de 23 páginas, Orlando Ribeiro analisa “O clima, as águas e a vegetação” da Madeira (Ribeiro, 1949). Descreve aí as condições gerais do clima, devido à sua posição no Atlântico, à latitude e à influência dos alíseos (que designa por ventos gerais), destacando também a notável influência de factores como a altitude e o relevo.

Apresenta gráficos de regimes térmicos em diversos locais, desde o Lugar de Baixo e Funchal (os mais quentes) ao Pico do Areeiro (onde as médias de Dezembro são 12°C mais baixas do que no Funchal e as de Agosto cerca de 10°C). A partir de diagramas climáticos de locais a diferentes altitudes, Orlando Ribeiro mostra a enorme diversidade dos totais pluviométricos entre Setembro e Maio e apresenta um mapa da precipitação média anual na Madeira; este mapa foi a única representação da repartição anual na Madeira durante muitos anos. Só em 1995 o Instituto de Meteorologia viria a publicar uma nova carta do total anual de precipitação na Madeira, com base nas normais climatológicas de 1961-1990, no âmbito do Atlas do Ambiente de Portugal. A representação espacial da precipitação anual na Madeira foi retomada por A. Lopes *et al.* (2011), com recurso a técnicas geostatísticas, com base numa série curta (2004/2005 a 2009/2010).

Verificou-se que as precipitações mais elevadas não coincidem exactamente com os mais altos cumes, mas estão para Norte dos mesmos, na vertente orientada ao vento dominante, correspondendo o “máximo pluviométrico” à altitude de 1400m, tal como referido por Orlando Ribeiro (1949, p.36).

Orlando Ribeiro (1949) trata igualmente do problema da água na Madeira, considerando o substracto como um reservatório de água, pois os materiais eruptivos, bastante permeáveis, armazenam reservas para o Verão. Refere igualmente que as águas colectadas na vertente Norte são derivadas para a vertente meridional, proporcionando a rega de numerosas culturas, a partir de um complexo sistema de levadas (Ribeiro, 1949, p.72).

IV. RECURSOS E RISCOS CLIMÁTICOS: AS BRISAS DO MAR E AS “ALUVIÕES”

Na impossibilidade de tratar todos os tópicos relacionados com o clima destas duas áreas, escolhemos dois, que foram referidos por Orlando Ribeiro: as brisas do mar no litoral Sul da Madeira e na Arrábida, que constituem um importante recurso climático tanto nas praias da Arrábida como no litoral sul da Madeira, e as precipitações intensas, factor de perigosidade bem documentado na Madeira e de consequências por vezes dramáticas: as tristemente famosas “aluviões”.

1. As brisas do mar na Arrábida e na Madeira

Orlando Ribeiro refere que, na vertente meridional da Arrábida, a “temperatura, regulada pelas brisas marítimas, é moderada no Verão e notavelmente alta no Inverno” (Ribeiro, 1935, ed. 2004, p.67). Por outro lado, no trabalho sobre a Madeira, escreve: “Os contrastes térmicos que se geram diariamente entre a terra e o mar provocam brisas bastante regulares, conhecidas por *terral* e *embate*. As brisas terrestres sopram durante a noite até às primeiras horas da manhã; em seguida a situação inverte-se”. Refere ainda que as brisas só se observam na vertente Sul da Ilha, visto que “na encosta norte, a regularidade do vento geral impede a sua manifestação. Ou são anuladas pelo vento dominante (brisas terrestres e de montanha) ou se sobrepõem à sua acção (brisas marítimas e de vale)” (Ribeiro, 1949, ed. 1985, p.28 e 29).

No âmbito do projecto “As arribas da Arrábidas e o sistema ambiental atmosfera-oceano”, liderado pela Professora Suzanne Daveau entre 1990 e 1994, foi possível instalar os primeiros registadores de temperatura e humidade no Portinho e na Serra a 360m de altitude (no local que passaria a ser denominado *Antenas*, por se situar num recinto de antenas de telecomunicações); um pouco mais tarde, no âmbito de acções integradas luso-alemãs entre as Universidades de Lisboa e de Marburg (Alcoforado e Endlicher, 1995), foram-nos oferecidas estações meteorológicas automáticas completas, colocadas nos mesmos locais (entre 1996 e 1997), antes de serem transferidas para a Serra da Estrela. Se, a partir das primeiras, já se tinha verificado a amenidade das temperaturas na

vertente meridional da Serra (Alcoforado *et al.*, 1993), com as segundas foi possível estabelecer a relação com o regime dos ventos na Primavera e no Verão (Mora, 1998). No Inverno, não foram detectadas brisas e, para o Outono, não foi possível obter informação simultânea nas duas estações, devido a problemas técnicos.

Mora (1998) tratou 124 dias a partir de uma análise em componentes principais, seguida de uma classificação hierárquica ascendente, tendo isolado os dias de brisa na vertente meridional da Serra, a altitude que atingiam, as suas consequências na temperatura do ar e as condições sinópticas em que ocorriam.

Do período estudado, Carla Mora seleccionou 22 dias de brisa no Portinho (18% do total) tendo em 7 destes dias a brisa do mar alcançado as *Antenas*. Ela principia entre as 8 e as 15h e termina entre as 19h e as 20h no Portinho da Arrábida. A velocidade média varia entre 0,6m/s e 1,6m/s, atingindo o valor máximo em média às 16h. Na Serra, a velocidade média da brisa do mar é menor, variando entre 0,8 e 1,1m/s. A velocidade observada é portanto menor do que os valores médios apresentados para a brisa do mar nos manuais de Oke (1996, 2 a 5m/s) e de Yoshino (1975, 4,5m/s). Alcoforado (1987) estudou as brisas na região de Lisboa e verificou que, em Cabo Ruivo, a velocidade média é superior à da Arrábida (até 2,4m/s).

A velocidade média da brisa do mar no Portinho é superior à do vento nas horas que a precedem e que a ela se sucedem, talvez devido ao relativo abrigo deste local em relação ao vento dominante (de NW e de N). Pelo contrário, na Serra, a velocidade da brisa do mar é inferior à do vento de gradiente dominante, tal como acontece na “Península” de Lisboa (Alcoforado, 1987). A brisa que alcança as *Antenas* sopra em direcção oposta ao vento forte de gradiente, resultando uma velocidade mais baixa. As brisas do mar ocorrem em condições de estabilidade na atmosfera, que se verificam normalmente em condições anticiclónicas, com céu limpo quando o fluxo de Norte é controlado por um gradiente de pressão fraco e, menos frequentemente, em condições depressionárias.

A título de exemplo, apresenta-se a evolução de 30 em 30 minutos do rumo e da velocidade do vento, da temperatura e da humidade relativa nas *Antenas* e no Portinho num dia de brisa (25.04.2006, fig. 4): o vento de gradiente

de NW vai temporariamente soprar dos quadrantes Sul e SW a meio da tarde nos dois locais. O vento vira de NW para SW às 10h no Portinho e só depois do meio-dia nas *Antenas*. A brisa sopra cerca de oito horas no litoral e apenas cerca de quatro na Serra, provocando, tanto num local como noutro, uma interrupção no ciclo diurno habitual da temperatura (com um máximo a meio do dia) e da humidade relativa (com um mínimo à mesma hora). Nota-se que, com a chegada da brisa no Portinho, a temperatura desce (de 20° para 18°C), só se atingindo a temperatura máxima de 25°C às 18h, depois de a circulação de Norte se ter restabelecido. A diminuição máxima de temperatura devida à brisa foi de 6°C no Portinho da Arrábida e de 2°C nas *Antenas*.

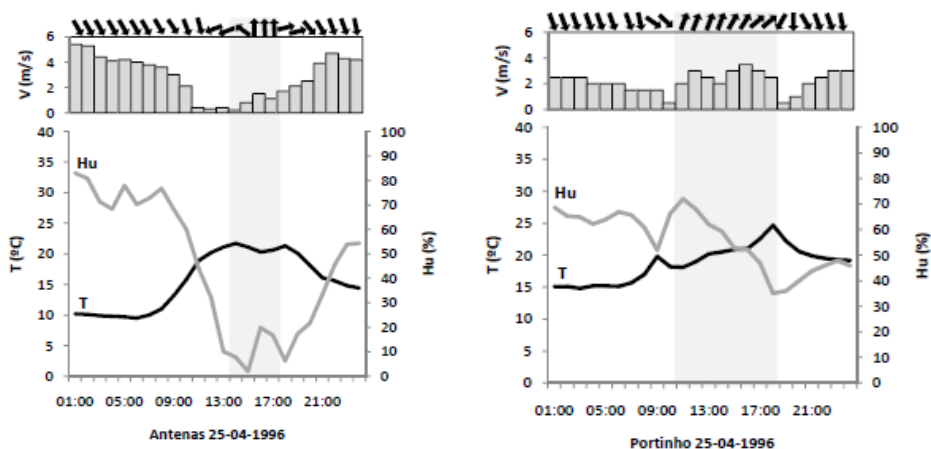


Fig. 4 - Rumo do vento (setas), velocidade do vento (barras, em m/s), temperatura do ar (linha mais grossa, °C) e humidade relativa do ar (%) no Portinho e na Serra da Arrábida (*Antenas*), a 25 de Abril de 1996. A cinzento, período em que sopra a brisa. Fonte: Mora (1998).

Fig. 4 - Wind direction (arrows), wind speed (bars, in m/s), air temperature (thicker line, °C) and relative humidity (%) in Portinho and Arrábida (Antenas) on 25 April 1996. Grey - period with sea breeze. Source: Mora (1998).

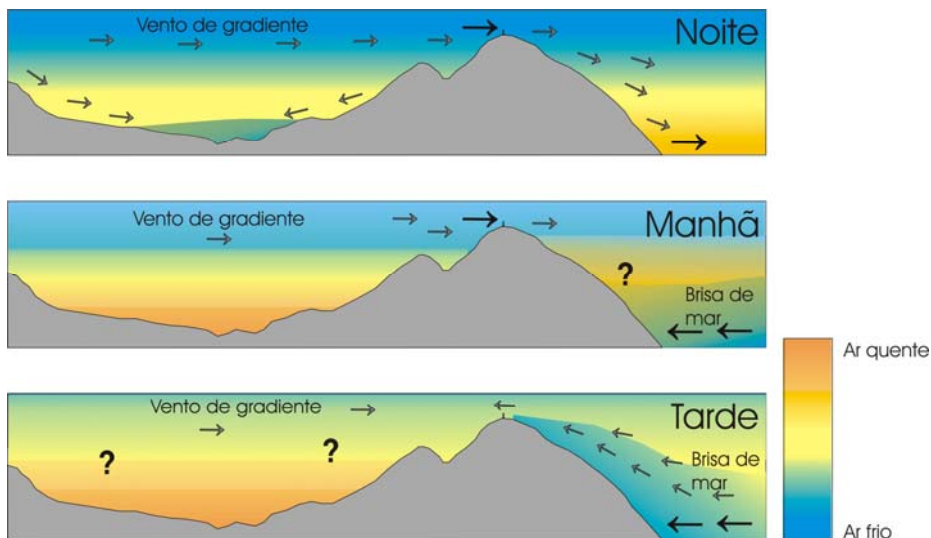


Fig. 5 - Interpretação da circulação do ar na Arrábida num dia de brisa estival

Fonte: Mora, 1998.

Fig. 5 - Interpretation of the air circulation in a day with summer breeze in Arrábida.

Source: Mora, 1998

O facto de a brisa soprar de SW no Portinho e de Sul na Serra pode ser explicada pelo desvio para a esquerda do fluxo, ao passar de uma superfície de menor atrito - o oceano - para outra de maior atrito - o continente - (Oke, 1996), tal como acontece com o vento dominante a barlavento da Serra de Sintra (Alcoforado, 1984a). Mora (1998) apresenta, na figura 5, a interpretação da circulação do ar na Arrábida, em ocasião de vento de gradiente fraco de norte. À noite, o vento do quadrante Norte (ou NW) sopra fraco, em altitude.

Ao mesmo tempo, nos vales interiores da Arrábida a brisa descendente de vertente (drenagem do ar frio pela acção da gravidade) desloca-se em direcção ao fundo do vale, onde as temperaturas nocturnas são muito baixas: é o “lago de ar frio”, tal como foi verificado por Alcoforado *et al.* (1993) e Mora (1998, fig.3). O vento N que se mostra no esquema atingindo o Portinho poderá ser uma brisa descendente de vertente, aliada ou não a uma brisa de terra, ou a subsidência do vento de gradiente a sotavento do relevo. De manhã, inicia-se a formação da brisa

do mar no Portinho da Arrábida, enquanto o vento N ou NW continua a soprar – fraco – sobre a montanha e os vales aquecem bastante. É possível que nos vales da Arrábida, ao fim da manhã e princípio da tarde, ocorra a brisa ascendente de vertente (não representada na figura 5). Às primeiras horas da tarde, a brisa do mar alcança o topo da Serra, estando a temperatura do ar na vertente Sul bastante mais baixa do que nas vertentes dos vales do interior da cadeia montanhosa.

No Funchal, tal como sugeriu Orlando Ribeiro (1949), as brisas do mar são muito frequentes: ocorrem em 84% dos dias de Verão do período estudado por S. Lopes (2008), entre Maio e Setembro de 2006. A brisa consiste numa circulação praticamente ininterrupta do vento de SW durante o período diurno, sendo o início e o fim caracterizados por uma transição rápida ou, mais raramente, por uma rotação mais gradual, que raramente excede uma hora (Lopes e Lopes, 2010). A brisa começa a soprar muito cedo, pelas 9h30 e termina cerca das 22h (fig. 6). A sua duração média é de 12h50 e a velocidade média 2,9 m/s (Lopes e Lopes, 2010; S. Lopes *et al.*, 2011), portanto mais próxima da velocidade referida por Alcoforado (1987) para a região de Lisboa, do que da velocidade média da brisa na Arrábida. Na Madeira, a brisa do mar desenvolve-se frequentemente até 400m (3 ou 4 km para o interior), tendo sido observado nos últimos trabalhos em curso valores da corrente de retorno à altitude de 700 m.

No Funchal, durante o período diurno, a brisa do mar é canalizada ao longo dos vales, reforçando os movimentos ascendentes do ar húmido, contribuindo assim para a formação do andar de nuvens característico da vertente meridional (Lopes, 2008).

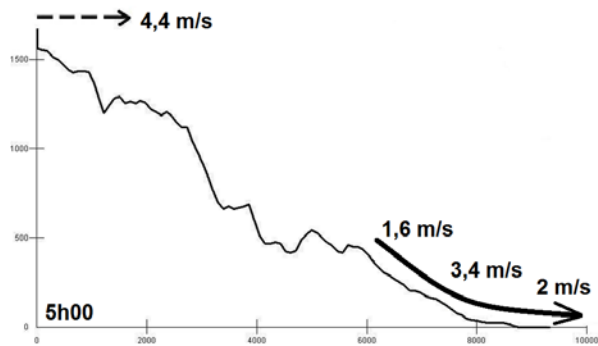
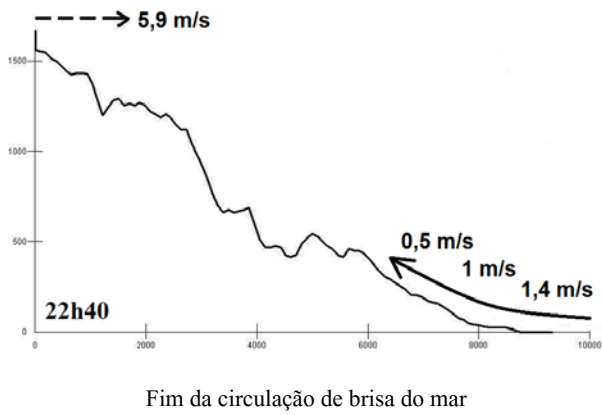
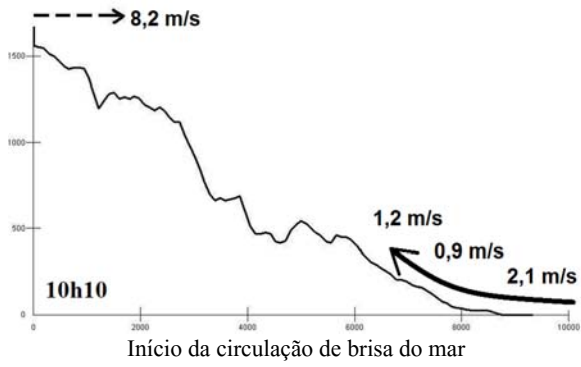
Apresentam-se, de seguida, exemplos de dois dias de brisa: o primeiro mostra os movimentos do ar ao longo do dia na vertente sul da ilha e o segundo ilustra os principais contrastes térmicos típicos destes dias, entre o cais do Funchal (Pontinha) e o interior da cidade. No dia 27.08.2006 (às 9h sopra uma brisa de Terra (e/ou descendente de vertente e/ou de montanha) com a velocidade de 0,7 m/s no Funchal (estação da Pontinha, no Cais), enquanto no Pico do Areeiro, a 1610 m de altitude, sopra vento de gradiente do quadrante Norte (7,4 m/s). A partir das 10h (Fig.6 a), apesar do vento de gradiente não diminuir de velocidade em altitude (8,2 m/s), desencadeia-se a brisa do mar, que aumenta de velocidade

no Funchal até às 13h (momento em que tem uma espessura de 400m, fig.6a e 6b). A brisa do mar (que poderá ligar-se a brisas ascendentes de vertente e à brisa do vale). continuará a soprar até às 22h40, até que a situação nocturna se reconstitui a partir das 24h (parte inferior da figura 6a).

Noutro exemplo, do dia 9 de Julho de 2007, para além das diferenças na direcção e na velocidade do vento, entre o topo da ilha e o Funchal, podem observar-se importantes contrastes térmicos entre o cais do Funchal (Pontinha) e o interior da cidade (Museu). Nesse dia o estado do tempo na Madeira era dominado por uma situação anticiclónica, com forte gradiente de pressão atmosférica ao nível do mar e um fluxo regular de NE nas áreas de maior altitude da Ilha (aproximadamente a 1500 metros de altitude). No Pico do Areeiro, o vento soprava forte e regular, como habitualmente, daquela direcção, ao passo que na base da vertente (Pontinha), prevalecia a circulação de brisa do mar regular de SW, aliás a direcção mais frequente na vertente sul da ilha. Neste dia, o início e o fim da circulação da brisa do mar ocorreram bruscamente (fig.7a), observando-se no Cais do Funchal (Pontinha) uma velocidade média de 5,2 m/s, entre as 12h e as 16h (fig. 7b). Cerca das 15h, o centro da cidade (Museu) registava 24 °C, ou seja mais 1,6°C do que a Pontinha e permaneceu mais quente do que a beira-mar entre as 9h30 e as 17h. De notar que, junto ao mar, o valor máximo de temperatura ocorreu mais tarde, às 18h10, e só atingiu 23 °C. No período nocturno, a chegada da brisa de montanha, fresca (fig.7a), remove o efeito de ilha de calor nos bairros que alcança.

A persistência das brisas de mar durante o dia e a alternância com as brisas de terra (o *terral*), que sopram durante a noite provenientes da montanha, deverão ser factores a ter em conta para o melhoramento do ambiente urbano, especialmente durante as vagas de calor, como a que ocorreu entre 3 e 6 de Setembro de 2006, quando foram registadas temperaturas mínimas superiores a 24°C e máximas acima de 34°C (A. Lopes *et al.*, 2011). Note-se que, no Funchal, a mediana das temperaturas máximas é de 21,9°C e o 9º decil de 26,1°C; o valor de 34°C foi ultrapassado em apenas 26 dias entre 1949 a 2010.

a)



Brisa de montanha e de terra

b)

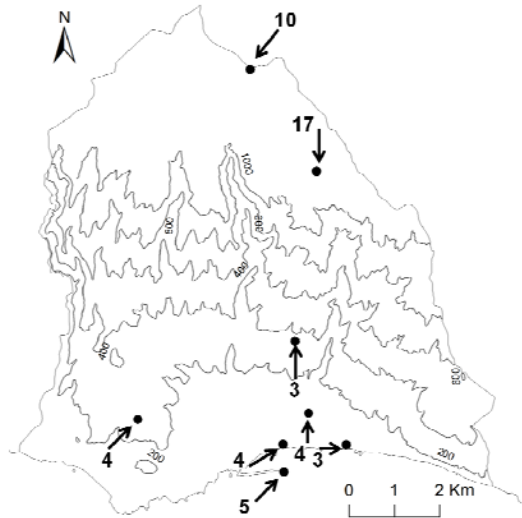


Fig. 6 - Brisas do mar e de terra e vento de gradiente a 27 de Agosto de 2006 na vertente Sul da Madeira. a - O vento ao longo do dia num perfil entre o Funchal e o Pico do Areeiro, b - O vento próximo do Funchal às 12h (hora em que a brisa atinge a intensidade máxima (os números representam a velocidade do vento em m/s). Fonte: S. Lopes (2008).

Fig. 6 - Sea breeze, land breeze and gradient wind on 27 August 2006 in the South slope of Madeira. a - The wind throughout the day on a profile between Funchal and Pico do Areeiro, b - The wind near Funchal at 12pm (time that the breeze reaches maximum intensity (the numbers represent the wind speed in m/s). Source: S. Lopes (2008).

Os dias muito quentes ocorrem uma vez em cada cinco anos, sobretudo entre Maio e Outubro, quando o anticiclone Atlântico se posiciona mais a Sul, de tal modo que o fluxo normalmente de NE passa a ter uma trajetória de E ou até de SE, trazendo massas de ar mais quentes do continente africano (A. Lopes *et al.*, 2011). Num estudo levado a cabo em dias de vagas de calor no Funchal, foi verificado que a Temperatura Fisiológica Equivalente [PET é um índice de

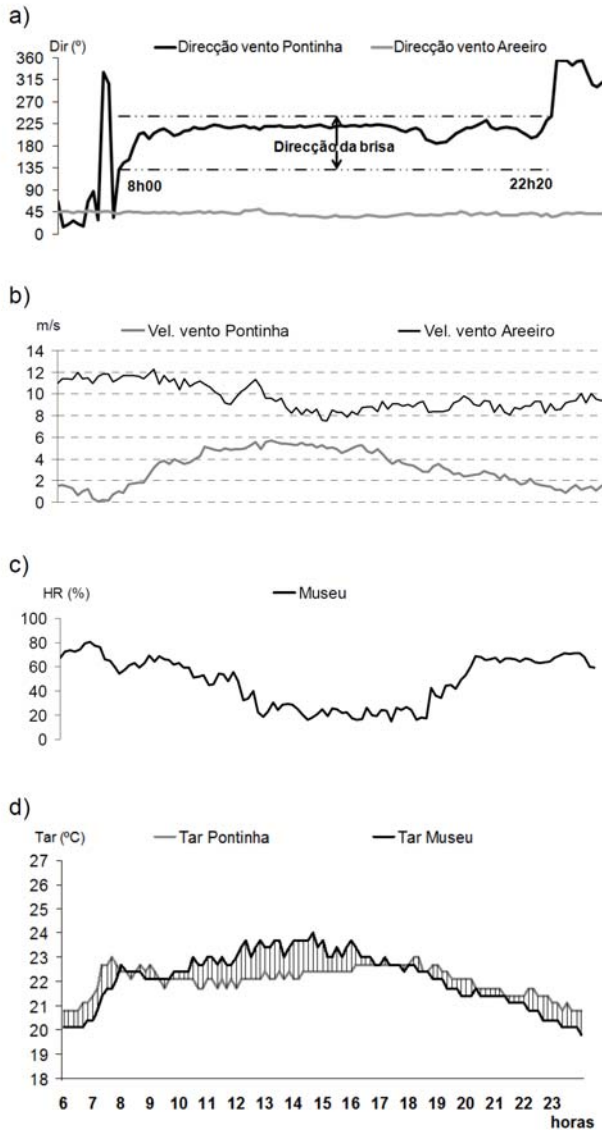


Fig. 7 - Brisa do mar a 9 de Julho de 2007 na vertente Sul da Madeira. a e b - Direcção e velocidade do vento no Funchal (Pontinha) e Pico do Areeiro; c - Humidade relativa no Funchal (Museu); d - Temperatura do ar em dois locais do Funchal (Pontinha e Museu)

Fig. 7 - Sea breeze on the 9 July 2007 at Madeira Southern slope. a and b - Direction and wind speed in Funchal (Pontinha) and Pico do Areeiro; c - Relative humidity in Funchal (Museum); d - Air temp. at two locations in Funchal (Pontinha and Museum).

conforto que entra em conta com numerosos parâmetros climáticos, o isolamento do vestuário e a produção de calor metabólico, e é expresso em °C, (Matzarakis *et al.*, 1999)], diminuiu cerca de 8°C no porto do Funchal a partir do momento em que a brisa do mar começou a soprar (A. Lopes *et al.*, 2011). No entanto, no interior da cidade, onde o edificado não deixa a brisa de mar penetrar com facilidade, o conforto térmico é menor (PET entre 35° e 40°C). Tal como o litoral, os bairros a maior altitude e mais arborizados são locais aprazíveis, com temperaturas fisiológicas (PET) normalmente mais baixas, atingindo até menos 7°C do que o interior da cidade (A. Lopes *et al.*, 2011).

Assim, no ordenamento da cidade deve ter-se em conta a manutenção de corredores de ventilação para o conveniente arejamento do núcleo urbano (Alcoforado *et al.*, 2009), o conseqüente aumento do conforto dos habitantes e a redução dos custos com a climatização dos edifícios (A. Lopes *et al.*, 2011).

Também o turismo terá a ganhar com a introdução da informação climática nas suas actividades de planeamento (Alcoforado *et al.*, 1999). Atendendo a que a maior parte dos turistas que visitam a ilha são *seniores*, provenientes de países do norte da Europa (actualmente 54% têm mais de 45 anos e 9% mais de 65,INE e Lopes *et al.*, 2011) e prevendo-se um possível aumento de situações de stress térmico nas próximas décadas, decorrentes da projecção do aumento das temperaturas (Casimiro e Lourenço, 2006), fará todo o sentido criar um sistema de alerta eficaz que possa prevenir situações de risco para a saúde dos visitantes.

Note-se que a existência de um sistema de alerta de ondas de calor (ou de outras situações que possam colocar a integridade física em risco) e de planos por parte dos operadores turísticos para fazer face a eventos extremos, proporcionará a sensação de segurança aos turistas e o desejo de voltar à Madeira.

2. As precipitações intensas e as “aluviões” na Madeira

Escreve Orlando Ribeiro que “cai aproximadamente a mesma quantidade de chuva no Funchal (640 mm) que em Lisboa (600 mm). É pois interessante comparar os dados relativos às duas estações. As chuvas são mais concentradas no

Funchal (65 dias de chuva, contra 99 em Lisboa) ” (Ribeiro, 1949, ed. 1985, p.33). Mais à frente, acrescenta: “No entanto, esta comparação dos valores médios evidencia, nas linhas gerais, um paralelismo que não faz realçar a extrema variedade própria do regime de precipitações da Madeira. Pode até cair ali num dia o dobro do que cai em Lisboa (191 mm, quase um terço da média anual). Estas chuvas excepcionais, no entanto, não são raras; no Outono e no princípio da Primavera caem de vez em quando aguaceiros diluviais, frequentemente desastrosos, que enchem as ribeiras, arrastam blocos com algumas centenas de quilos, destroem pontes, danificam casas, inundando a parte baixa das aglomerações situadas à beira-mar, e pondo em perigo bens e pessoas. Desde o século XVIII, conhecem-se treze inundações catastróficas, das quais sete tiveram lugar em Outubro ou em Novembro. A última em data (30 de Dezembro de 1939) demoliu uma parte da aldeia de Madalena do Mar, cobrindo os campos de bananeiras com enormes blocos, e fazendo numerosas vítimas. Na ilha dão-se-lhes o nome de aluviões.” (idem).

Em 1999, Raimundo Quintal apresentou uma lista das aluviões na Madeira nos séculos XIX e XX, as condições atmosféricas que as originaram e as características do solo que as favorecem. Estes fenómenos continuam a ter lugar. Na tentativa de melhor compreender as causas das aluviões, meteorológicas e devidas a um ineficaz ordenamento do território, e na sequência da catástrofe que atingiu a Madeira em 20 de Fevereiro de 2010, novos estudos têm sido empreendidos. Alguns investigadores do Zephyrus participaram num consórcio, em que foi levado a cabo o “Estudo de avaliação do Risco de Aluviões da Ilha da Madeira”, para a Secretaria Regional do Equipamento Social da Região Autónoma da Madeira (SRES, 2010), a seguir à aluvião que ocorreu naquela data; foi recentemente publicado um artigo que incide na excepcionalidade da precipitação e no contexto meteorológico que marcaram este evento extremo (Fragoso *et al.*, 2012). As consequências da aluvião de 20 de Fevereiro de 2010 foram devastadoras, figurando entre as 10 maiores catástrofes naturais ocorridas em território português – desde 1900 – referidas na base de dados de desastres EM-DAT (*The International Disaster Database* <http://www.emdat.be>); nessa hierarquia surge na 3^a posição no que se refere ao número de mortos (43), na 8^a relativamente ao total de pessoas afectadas (618 necessitaram de assistência

imediate no período de emergência) e na 3ª quanto aos custos económicos dos danos, estimados em 1 350 000 dólares. Os impactos, muito gravosos, fizeram-se sentir sobretudo na vertente meridional da ilha, tendo afectado particularmente os concelhos do Funchal e da Ribeira Brava, onde se verificou um grande número de deslizamentos e de cheias rápidas, cujo efeito destruidor decorreu do extraordinário aumento dos caudais de várias ribeiras (Ribeira de Tábua e Ribeira Brava, na área da Ribeira Brava, e ribeiras de João Gomes, São João e Santa Luzia, no Funchal), e do grande volume de carga sólida transportada e depositada nos seus sectores vestibulares.

Na figura 8 apresenta-se a distribuição da precipitação total do dia 20 de Fevereiro de 2010, ilustrativa da quantidade de precipitação desencadeada pela tempestade que assolou a ilha naquele dia. As áreas onde se concentraram as precipitações mais abundantes, com valores entre 250 e 370 mm, compreendem os sectores intermédios dos vales das cinco ribeiras mencionadas. A maior e excepcional abundância das chuvas na vertente meridional, especialmente entre a Ribeira Brava e Camacha, contrasta fortemente com o padrão da precipitação média anual, que é caracterizado por apresentar valores máximos no centro montanhoso da ilha e no sector superior e oriental da vertente Norte (S.Lopes *et al*, 2011).

No dia 20 de Fevereiro de 2010 foram registados 146,9mm no Funchal e 333,8mm no Pico do Areeiro, a que correspondem períodos de retorno estimados de 290 e 90 anos respectivamente (Fragoso *et al.*, 2012), significando que a “excepcionalidade” do fenómeno foi maior na capital costeira do que no topo da montanha.

O evento de 20 de Fevereiro de 2010 ocorreu no final de um Inverno muitíssimo chuvoso na ilha, incluindo outros episódios de precipitação intensa (tal como em 22.12.2009 e 02.02.2010). Ficou assinalado, não apenas pelo registo de valores notáveis à escala diária, mas também estacional e mensal: no Pico do Areeiro, a precipitação no período Outubro-Fevereiro foi de 4055mm, superando mais do dobro da mediana; a precipitação mensal de Fevereiro de 2010 no Funchal foi a máxima registada desde o início do funcionamento da estação, em 1865.

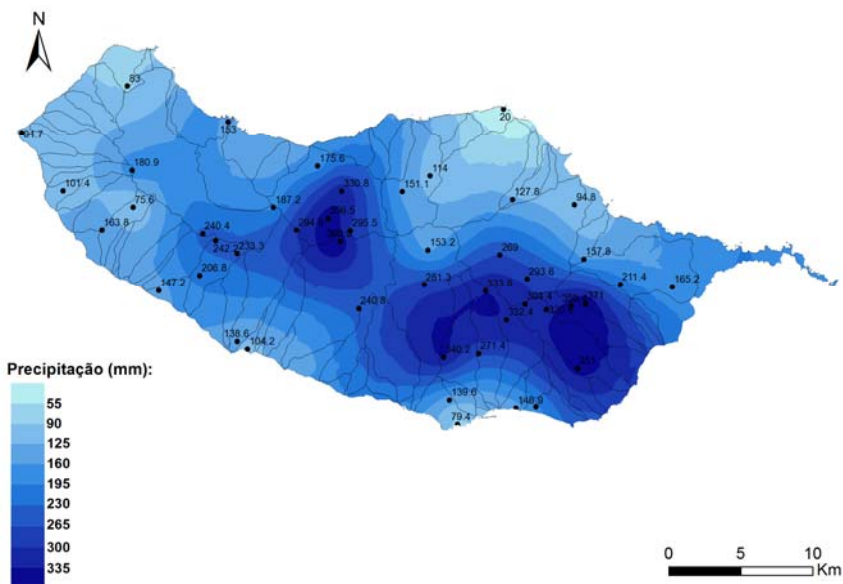


Fig.8 - Precipitação total em 20 de Fevereiro de 2010 na ilha da Madeira
Fig. 8 - Total precipitation on 20 February 2010 in Madeira.

Este carácter muito chuvoso do Inverno 2009-2010 no arquipélago da Madeira esteve em consonância com o que sucedeu em Portugal Continental, tendo-se também confirmado a relação existente nesta região, em oposição de fase, entre a precipitação invernal e o índice da Oscilação do Atlântico Norte (NAO) (Tildes-Gomes, 2011). Assim, a forte anomalia positiva de precipitação invernal observada em 2009-2010, tanto em Portugal Continental como na Madeira, coincidiu com o mais baixo valor do índice invernal da NAO (Dezembro-Janeiro-Fevereiro) desde o ano hidrológico 1824-1825 (Osborn, 2011).

A situação sinóptica que esteve associada ao evento extremo de 20 de Fevereiro de 2010 foi marcada pela passagem de uma depressão frontal muito activa, que atingiu a ilha da Madeira através do seu ponto triplo. Ao alcançar o arquipélago, na noite de 19 para 20 de Fevereiro, a depressão intensificou-se, evolução que terá sido induzida pela presença, na troposfera superior, de uma

forte divergência na extremidade da corrente de jacto polar. Simultaneamente, a forte convergência de humidade registada abaixo dos 700 hPa e o aumento da instabilidade termodinâmica (Fragoso *et al.*, 2012), favoreceram os movimentos ascensionais do ar, de que resultaria a formação de nuvens de grande desenvolvimento vertical e o desencadeamento de chuvas muito intensas, mecanismos que terão sido também incrementados pelo forçamento orográfico.

VI. A VEGETAÇÃO NA ARRÁBIDA E NA MADEIRA

Na Arrábida, Orlando Ribeiro analisou essencialmente a relação entre o mosaico de comunidades vegetais, a litologia (afloramentos calcários versus areias e arenitos) e as condições topoclimáticas. Discute a diferenciação da flora e da vegetação entre, por um lado, as vertentes meridionais e setentrionais, e, por outro, os topos de interflúvios e os vales profundos e abrigados. Orlando Ribeiro baseia as suas análises da flora e vegetação na observação directa, efectuada no campo, mas também em trabalhos anteriores do final do século XIX e princípio do século XX (Ribeiro e Delgado 1868, Daveau 1885, 1886, 1889, 1899, 1897, 1902, 1904-1905, Chodat 1909, Barros 1927).

Na Madeira, Orlando Ribeiro explica o mosaico de comunidades vegetais e a sucessão altitudinal da vegetação (andares de vegetação), com base numa visão integradora entre a acção humana, a geologia e, principalmente, o clima. Na visita que fez em 1947 e 1948 à Madeira, Orlando Ribeiro dispensa especial atenção à profunda acção do homem na substituição das paisagens naturais primitivas. “A cobertura vegetal foi profundamente transformada pela acção do homem. Na encosta meridional a vegetação primitiva desapareceu, expulsa pelas culturas, até uma altitude de 600-700m” (Ribeiro, 1949, ed. de 1985, 37). A acção dos carvoeiros e os rebanhos de carneiros e cabras destruíram grande parte da vegetação arbórea nos sectores mais elevados. Refere ainda que “exceptuando algumas urzes isoladas ou alguns tufos de loureiros, os cumes estão hoje completamente desnudados” (idem, p.37). Nas últimas décadas a recuperação da vegetação natural é evidente, não só pelo abandono das actividades referidas por

Orlando Ribeiro, mas também como consequência das políticas de protecção e conservação, com a criação de áreas protegidas a partir de 1982.

Os andares de vegetação e a sua diferenciação entre as vertentes meridionais e setentrionais da ilha, assim como os limites altitudinais a que se verifica a condensação da humidade do ar ao subir a serra e a relação deste fenómeno com a presença das florestas de nevoeiro são também analisados por Orlando Ribeiro. Se, na Madeira, a altitude e a orientação do relevo em relação às massas de ar pluviogénicas permitem o seu funcionamento como importante barreira de condensação e a presença de florestas de nevoeiros, consideradas em 1999 como património da humanidade pela UNESCO, na Arrábida, a vegetação dominante apresenta um carácter esclerófilo. Apenas em alguns vales abrigados ocorrem bosques mesófilos, semicaducifólios, que Orlando Ribeiro considera serem "reliquias de florestas pré-glaciares", em equilíbrio com um clima "mais rico de calor e humidade" (Ribeiro 1935, ed. 2004, p. 73). Na Arrábida, assim como na Madeira, a posição meridional e a proximidade do mar justificam que ambas se tenham mantido numa posição marginal face às glaciações, o que permitiu a sobrevivência de alguns elementos florísticos de carácter Terciário (Lousã *et al.*, 1999; Neto e Afonso 2011).

1. Significado paleobiogeográfico

Há um inequívoco paralelismo no significado paleobiogeográfico entre as florestas da Arrábida e a Floresta Laurissilva da Madeira, no que respeita à origem a partir da vegetação que cobriria o Continente no Terciário e que as glaciações Quaternárias eliminaram quase totalmente (Takhtajan, 1969; Bramwell, 1985; Sunding, 1979; Nicolás *et al.*, 1989; Bramwell e Caujapé-Castells, 2011). Na Madeira, parte desta vegetação continental terciária sobreviveu, afastada das influências mais intensas das flutuações climáticas Quaternárias (Moreira e Neto, 2005).

A Laurissilva Madeirense teria sido formada com base numa parte da flora boreo-terciária de carácter lauroide, que se acantonou nas ilhas atlânticas no andar dos nevoeiros. Aí encontrou um clima semelhante ao do continente europeu durante o Terciário. A instabilidade climática que caracteriza a parte terminal deste período, nomeadamente as fases de *secura* com chuvas torrenciais e, mais

tarde, as glaciações Quaternárias, fizeram desaparecer quase totalmente as espécies arbóreas lauroides no continente europeu (Moreira e Neto, 2005), onde os representantes da flora terciária de tipo lauroide se resumem a poucas espécies dos géneros *Laurus* (loureiro), *Myrica* (samouco), *Ilex* (azevinho) e a vários fetos. A primeira ocorre nas matas mesófilas da Serra da Arrábida e a segunda nas suas proximidades (arriba fóssil da Caparica, Neto, 2002).

2. Arrábida

A totalidade da Serra da Arrábida possui clima mediterrâneo com marcada secura estival. Esta circunstância encontra-se bem assinalada no equilíbrio entre a vegetação e o fogo que, periodicamente, assola as regiões mediterrâneas, com uma presença esmagadora de espécies mediterrâneas de carácter esclerófilo e termófilo nos matos da Arrábida (maquis e garrigues), que se desenvolvem entre cada ciclo de fogo (Neto, 1993; Lousã *et al.*, 1999).

As florestas mesófilas, dominadas por carvalho cerquinho (*Quercus broteroi*), cuja raridade actual justificou a sua classificação como *matas de protecção integral*, apenas existem nas vertentes expostas a norte e em alguns vales mais pronunciados (Paiva-Ferreira, 2002; Neto e Afonso, 2011). Acabaram sempre por escapar aos incêndios (Alcoforado e Almeida, 1993), devido às características topoclimáticas, ao tipo de solo e à estrutura e composição florística destas matas (fig. 9).

Da base para o topo da vertente umbria observa-se uma sucessão de comunidades vegetais, que acompanham a diminuição da humidade no solo e no ar e, portanto, um aumento da xericidade das comunidades vegetais. As condições topoclimáticas modificam-se com a altitude e o vento forte, que caracteriza as áreas de maior altitude (Alcoforado, 1984b), que é um factor ecológico limitante para os vegetais de maior porte. A catena de solos acompanha o mosaico de comunidades vegetais, verificando-se uma diminuição da espessura e da riqueza em nutrientes do solo, desde o fundo do vale até ao sector mais elevado do Solitário.

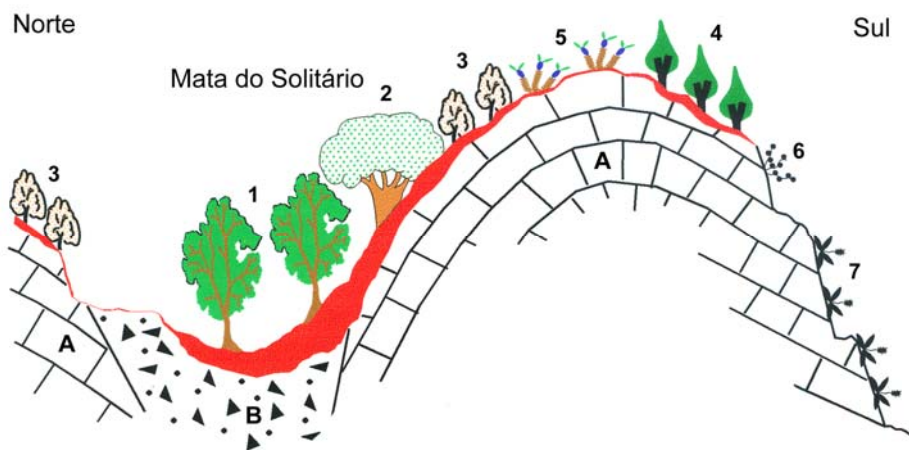


Fig. 9 - Sucessão de comunidades vegetais no vale do Solitário, Arrábida (Neto e Afonso 2011 modificado). Vegetação: 1 – carvalho de *Quercus broteroi*; 2 – Carrascal arbóreo (*Quercus rivis-martinezii*); 3 - medronhal (*Arbutus unedo*); 4 - carrascal (*Quercus coccifera/zimbral* (*Juniperus turbinata*); 5 – mato baixo (garrigue) dominado por cistáceas; 6 - vegetação rupícola; 7 – vegetação rupícola (aero-halófito). Solos: 1 e 2 - solo castanho florestal mediterrânico associado às situações florestais; 3 e 4 - solo vermelho mediterrâneo associado ao maquis; 5 - rendizinas (com elevada pedregosidade superficial) associados às formações arbustivas baixas (garrigue); 6 e 7 - litossolos associados à vegetação rupícola. Geologia: A - calcários Jurássicos (J_{3Az} Calcários e Dolomitos da Azóia, J_{3A} margas, mrgilas, malcários com calhaus negros e monglomerados de Arrábida, J_{2Pc} Formação de Pedreiras); B - materiais detríticos (J_{3Cm} monglomerados de Comenda, J_{3VR} argilas, grés, conglomerados e calcários do Vale da Rasca).

Fig. 9 - Succession of plant communities in the vale do Solitário, Arrábida (Afonso and Neto, 2011 modified).

O carácter algo esclerófilo presente em muitas das espécies arbóreas das florestas mesófilas colocará, segundo Capelo *et al.* (2004), a sua origem Terciária numa realidade climática mais xérica do que a referida por Orlando Ribeiro em 1935; este mencionava que a vegetação das matas da Arrábida (Solitário, Vidais e Coberta) se relacionava com um clima mais quente e húmido do que o actual.

Nos locais mais elevados da Arrábida, onde a incidência do vento é particularmente elevada, os arbustos têm crescimento lento e apresentam-se frequentemente deformados segundo o rumo dominante do vento (Alcoforado, 1984b). São maioritariamente carrascos, aroeiras, adernos, medronheiros, zambujeiros, e mesmo algumas azinheiras de folhas particularmente pequenas (micrófilas), que nunca desenvolvem o porte arbóreo (forma anã) devido às condições topoclimáticas e ao excesso de magnésio no solo. Existem, no entanto, mesmo no topo do Formosinho, exemplares de pinheiros de muito pequena estatura, e fortemente deformados pelo vento do quadrante Norte (Alcoforado, 1984b, p.678 e 679).

As vertentes meridionais apresentam um carácter semiárido (condições edafoxerófitas), caracterizado pela presença de matas de zambujeiro e alfarrobeiras (no Portinho), de matos de zimbros (nas rechãs das arribas) e a presença da *Euphorbia pedroi* e *Convolvulus fernandezii* (de Sesimbra até ao Forte da Baralha). Esta *Euphorbia* de grande porte (arbustivo) constitui uma das originalidades da Arrábida Ocidental, pois estas espécies só são abundantes na África do Norte, principalmente na “Macaronésia” (Canárias, Cabo Verde e Madeira). De facto, as espécies carnudas e arbustivas do género *Euphorbia* ocorrem nos andares mais secos das ilhas da “Macaronésia”, assim como na África do Norte. A *Euphorbia pedroi* coloniza as vertentes secas meridionais da Arrábida, onde o frio dos períodos glaciários não se fez sentir tão fortemente como nos pontos mais elevados da Serra, onde existem depósitos periglaciários (Maria Eugénia Moreira, comunicação oral). A *Euphorbia pedroi* arbustiva tem ligações filogenéticas com a *Euphorbia dendroides* do mediterrâneo e com a *Euphorbia piscatoria* do andar semiárido da vertente sul da ilha da Madeira, como se verá no ponto seguinte. Todas elas estão associadas à *Rand Flora* Sul Africana, que tem as suas origens na África Oriental (corno de África) e coloniza as áreas de climas mais seco do continente africano.

3. Madeira

Como foi referido, a forma, a posição e a altitude da Madeira tem como consequência o seu funcionamento muito eficaz como barreira de condensação. Os valores de precipitação que aqui se registam são muitíssimo superiores aos que

caracterizam a Serra da Arrábida⁴; contudo, observa-se grande variação altitudinal da precipitação (Ribeiro, 1949, ed. de 1985, fig. 11 e S. Lopes *et al.*, 2011), com as áreas mais baixas da vertente sul a apresentarem um clima xérico (segundo o mapa de O. Ribeiro os totais anuais não ultrapassam aí 750mm, confirmado pela recente investigação de S. Lopes *et al.* 2011). Este andar não está representado na vertente Norte. A subida em altitude é acompanhada por um aumento da precipitação (mais de 3000mm nos pontos mais altos, segundo Ribeiro) e diminuição das temperaturas.

Assim, um clima de características francamente mediterrâneas (fig.2) passa a temperado, a partir de 1500m na vertente sul, e de 600m na vertente norte (Sequeira *et al.*, 2000).

O escalonamento altitudinal da precipitação e da temperatura comanda o posicionamento dos diferentes andares de vegetação. Desta forma, a vegetação mediterrânea esclerófila (de folha dura, coriácea) e termófila (matos de suculentas dominadas por *Euphorbia piscatória* e zambujais de *Olea madeirensis*) encontra-se bem representada no andar basal da vertente Sul e só de forma muito escassa na vertente Norte. Entre 200 e 300 m na vertente sul e até 80 m na vertente Norte, dá lugar a matagais arborescentes de marmulano (*Sideroxylum marmulano*) de carácter meso-xerofítico (Capelo *et al.*, 2004).

O aumento da precipitação e a diminuição da temperatura em altitude permite a substituição da vegetação de carácter mais xerofítico pelas laurissilvas (florestas dominadas por espécies da família dos loureiros, *Lauraceae*). As laurissilvas, também designadas por florestas de nevoeiros, ocorrem nas áreas onde a condensação do vapor de água se verifica à superfície e, portanto, a presença de nevoeiros é mais ou menos constante, fornecendo uma quantidade apreciável de água ao ecossistema (Prada *et al.*, 2000). A condensação, segundo Ribeiro (1949), inicia-se por volta dos 300m ou 400m do lado norte e dos 600 m na vertente sul, embora varie consoante a situação atmosférica. A floresta de nevoeiros, considerada como uma unidade de carácter temperado, por Orlando Ribeiro e pelos investigadores contemporâneos, foi recentemente separada em

⁴ Problemas técnicos na estação automática, que funcionou apenas durante um ano nas *Antenas* (Serra da Arrábida), não permitiram efectuar uma comparação quantitativa.

dois tipos de laurissilva; uma de carácter mediterrâneo e outra de carácter temperado (Capelo *et al.*, 2004). A primeira corresponde à laurissilva mediterrânea do barbusano (*Apollonias barbujana*) e ocorre entre 300 m e 800 m de altitude na vertente sul e os 50 a 300 m na encosta norte, ainda no andar de clima mediterrâneo, embora submetida, esporadicamente, à influência de nevoeiros, e a segunda corresponde à laurissilva temperada do til (*Ocotea foetens*), já no andar de clima temperado e coincidindo com a maior influência da zona de nevoeiros (800m a 1450m na vertente sul e 300m a 1400m na vertente norte, Capelo *et al.*, 2004) (fig. 10).

Os elevados valores de precipitação que caracterizam a ilha da Madeira, os fortes declives e os solos derivados de materiais vulcânicos de grande capacidade de retenção, são responsáveis pela grande frequência de deslizamentos. Estes estão na origem de um dos tipos mais originais de vegetação da Madeira, com elevada presença de endemismos Madeirenses e Macaronésios. Trata-se de plantas que colonizaram a Ilha a partir de antepassados continentais de porte herbáceo, mas que especiaram no ambiente insular e adquiriram, nalguns casos, porte arbustivo alto, quase arbóreo, na busca da luz. Caracterizam-se frequentemente por um caule, por vezes com mais de dois metros de altura, com uma roseta de folhas terminal (caulirosulados), fisionomia esta só possível numa ilha em que os herbívoros de médio a grande porte estiveram ausentes durante os milhões de anos de evolução destas plantas. Assim se justifica o afastamento morfológico dos seus antepassados herbáceos continentais, cuja convivência com herbívoros de médio a elevado porte impôs que a roseta de folhas permanecesse colada ao solo, ou quase colada, e portanto praticamente acuale. Assim, nos biótopos abertos pelos fenómenos de deslizamentos, evolui uma das mais originais formações vegetais madeirenses.

O carácter torrencial do regime das ribeiras está marcado visivelmente no seu sector jusante, pela enorme quantidade de blocos basálticos, por vezes de grandes dimensões, com matriz de sedimentos muito heterométrica, acompanhados por uma vegetação muito empobrecida, dominada por *Salix canariensis*, espécie bem adaptada e que suporta as grandes flutuações de caudal. No Continente, este salgueiro é substituído pelo *Salix salvifolia*, com idêntica posição catenal nos rios do sul de Portugal, também com carácter torrencial.

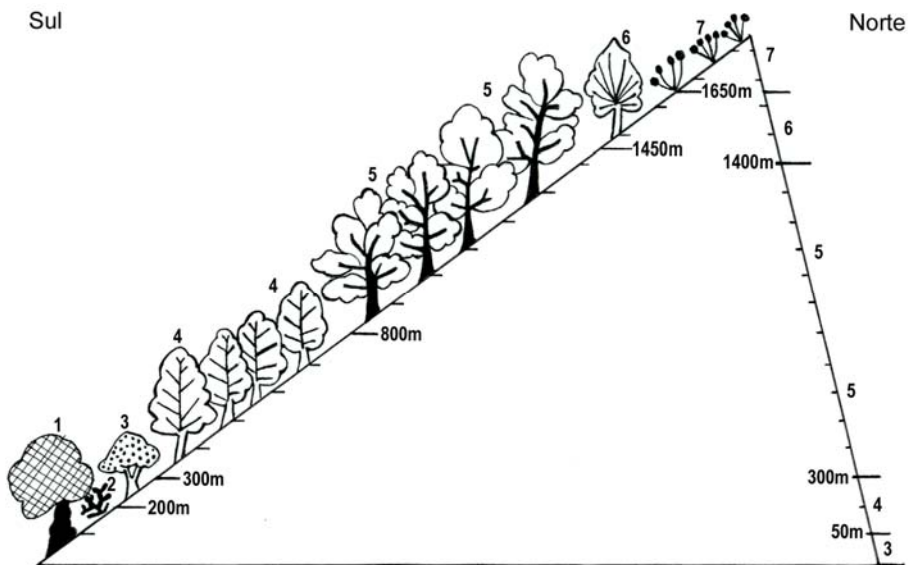


Fig. 10 - Esquema do escalonamento vertical das comunidades vegetais na Madeira.

Fig. 10 - Altitudinal zonation of plant communities in Madeira.

1 - Zambujal Madeirense de *Olea maderensis*; 2 - Matagal de suculentas - *Euphorbia piscatoria* (figueira-do-inferno); 3 - Matagal arborescente de marmulano (*Sideroxylum marmulano*); 4 - Laurissilva mediterrânica do barbusano (*Apollonia barbusana*); 5 - Laurissilva temperada do til (*Ocotea foetens*); 6 - Urzal de altitude (*Erica arborea* e *Erica maderincola*); 7 - Mato rasteiro de altitude dominado por *Armeria maderensis*, *Aeonium glandulosum* e *Thymus micans*.

Assim, na Madeira existe a laurissilva, também designada por “floresta de nevoeiro”, nas áreas onde a condensação do vapor de água se verifica à superfície (a partir de 800m na vertente Sul e de 300m na vertente Norte). Na figura 10 sintetizam-se os limites entre os vários andares de vegetação na Madeira. Verifica-se que os limiares estão situados a altitudes diferentes nas vertentes Norte e Sul, acompanhando a diferenciação topoclimática entre as duas vertentes.

VII. CONCLUSÃO

No término desta digressão pelos escritos de Orlando Ribeiro e sua comparação com trabalhos mais recentes sobre a Arrábida e a Madeira, sistematizam-se as semelhanças e diferenças mais significativas entre os dois locais de estudo.

Ambas possuem clima mediterrâneo, com estação seca no período mais quente do ano e escalonamento vertical do clima e da vegetação em andares. Em ambos os locais existem grandes contrastes de precipitação e de temperatura entre as vertentes Sul e Norte, com consequente diferenciação da vegetação. Na base das vertentes Sul, tanto na Arrábida, como na Madeira, existem microclimas que poderiam corresponder a climas de latitudes mais baixas (Funchal, Portinho). Como consequência das características expostas, ocorre, tanto na Arrábida como na Madeira, um andar semiárido na base da vertente Sul, ausente das vertentes expostas a norte. Este andar semiárido estabelece uma associação original entre o andar mais seco da vertente sul da Madeira e as arribas meridionais da Arrábida, ambas com clima mediterrâneo xérico, com ocorrência de espécies esclerófilas e espécies suculentas do género *Euphorbia*. Existe também claro paralelismo no que respeita à presença das espécies mediterrâneas de carácter esclerófilo e termófilo, dominantes nos maquis da Arrábida, com a presença dos mesmos géneros (*Olea*, *Maytenus*, *Myrtus*, *Rhamnus*, *Asparagus*) na base da vertente sul da Madeira, no andar de clima mediterrâneo.

As brisas do mar caracterizam tanto o clima da Arrábida como o da vertente Sul da Madeira. Alcançam cerca de 400m de altitude nos dois locais e refrescam a temperatura durante o dia, constituindo desta forma um importante recurso para o turismo (banhar na Arrábida e turismo de natureza na Madeira).

Por razões biogeográficas, topoclimáticas e consequentemente edafológicas, os dois locais apresentam grande originalidade florística e, portanto, elevado interesse para protecção e conservação; a floresta de neveiros (laurissilva) foi considerada *Património da Humanidade* e o Parque Natural da Arrábida é candidato à mesma classificação. Além disso, as florestas mesófilas, dominadas por carvalho cerquinho, conservadas em vales mais pronunciados,

onde escaparam aos frequentes incêndios característicos do actual tipo de clima da Arrábida, estão classificadas como *Matas de Protecção Integral*.

No entanto, a posição no Atlântico e a altitude na Madeira conferem-lhe um clima “temperado” em altitude, com totais de precipitação muito elevados (total anual até 3000mm) e temperaturas bastante mais baixas do que na base da vertente Sul. Para a Arrábida não se dispõe de valores médios anuais, mas no mapa de S. Daveau (1977) é sugerido um total anual de 700 mm para o topo do Formosinho

Por outro lado, na Madeira, ocorrem frequentemente precipitações muito intensas, cujas consequências são as temidas “aluviões”.

Apesar de existir, nos dois locais, escalonamento altitudinal da vegetação em andares, a Arrábida não atinge altitude suficiente para alcançar o andar de clima temperado e, portanto, a sua vegetação apresenta carácter esclerófilo e termófilo, mesmo nos pontos mais elevados, ao passo que, na Madeira, a Laurissilva ou “floresta de nevoeiro” existe a partir de 800m na vertente Sul e de 300m na vertente Norte

BIBLIOGRAFIA

- Aguiar C, Capelo J, Costa JC, Fontinha S, Espírito-Santo D, Jardim R, Lousã M, Rivas-Martínez S, Mesquita S, Sequeira M, Sousa J (2004) Guia da Excursão Geobotânica dos V Encontros ALFA 2004 à Ilha da Madeira. *Quercetea*, 6:1-5.
- Alcoforado MJ (1984a) A vegetação como indicador climático. *Anais do Instituto Superior de Agronomia*, XLIV(2): 667-681.
- Alcoforado M.J (1984b) Representação cartográfica das árvores deformadas. Ventos dominantes em torno da Serra de Sintra. *Finisterra - Revista Portuguesa de Geografia*, XIX (38): 137-169.
- Alcoforado MJ (1987) Brisas estivais do Tejo e do Oceano na região de Lisboa. *Finisterra – Revista Portuguesa de Geografia*, XXII(43):71-112.
- Alcoforado MJ, Almeida A.F (1993) Incêndios no Parque Natural da Arrábida. Dados estatísticos. *Finisterra - Revista Portuguesa de Geografia*, XXVIII(55-56):229-242.
- Alcoforado MJ, Andrade E, Neves M, Vieira G (1993) Climas locais da Arrábida no Inverno. *Finisterra - Revista Portuguesa de Geografia*, XXVIII(55-56):215-228.
- Alcoforado MJ, Andrade H, Lopes A, Vasconcelos J (2009) Application of climatic guidelines to urban planning. The example of Lisbon (Portugal). *Landscape and Urban Planning*, 90(1-2):56-65.
- Alcoforado MJ, Dias A., Gomes V. (1999) Bioclimatologia e turismo, exemplo de aplicação ao Funchal, Isencha, 25: 29-37.
- Alcoforado M J; Endlicher W (1995) Progrès des connaissances sur la géo-écologie de la *Serra da Arrábida*: le sol, le climat et l'utilisation du sol. Un projet intégré germano-portugais. *Finisterra - Revista Portuguesa de Geografia*, XXX(59-60):213-215.
- Barros J J (1927) *Sociologia Botânica*. Imprensa da Universidade, Coimbra.
- Bramwell D, Bramwell Z (1990) *Flores silvestres de las Islas Canárias*. Editorial Rueda. 435 pp.
- Bramwell D, Caujapé-Castells J (2011) *The Biology of Island Floras*. Cambridge University Press. New York.

- Capelo J, Costa J C, Jardim R, Sequeira M, Aguiar C, Lousã M (2003) The vegetation of Madeira II – woody caulirosetted communities of evergreen forest clearings: Euphorbion melliferae all. nova. *Notas do Herbário da Estação Florestal Nacional (LISFA)*: fasc. XVII. *Silva Lusitana* 11 (1): 111 – 113.
- Capelo J, Costa J C, Jardim R, Sequeira M, Aguiar C, Lousã M (2003) The vegetation of Madeira III – Diplazio caudati-Perseetum indici ass. nov and Rhamno glandulosae-Sambucetum lanceolati ass.nova : two new hygrophillic forest associations from Madeira Island. *Notas do Herbário da Estação Florestal Nacional (LISFA)*: fasc. XVII. *Silva Lusitana* 11 (1): 113 – 116.
- Capelo J, Costa J C, Jardim R, Sequeira M, Rivas-Martínez S (2003) The vegetation of Madeira VIII: Advances on the phytosociological survey of non-nitrophyllous vegetation of the Madeira Archipelago. *Notas do Herbário da Estação Florestal Nacional (LISFA)*: fasc. XVIII. *Silva Lusitana* 11(2): 256 – 253.
- Capelo J, Costa J C, Lousã M, Fontinha S, Jardim R, Sequeira M, Rivas-Martínez S. (1999) Vegetação da Madeira (Portugal) I: - aproximação à tipologia fitossociológica. *Notas do Herbário da Estação Florestal Nacional (LISFA)*: fasc. X. *Silva Lusitana* 7 (2): 257 – 282.
- Casimiro E, Lourenço T (2006) Turismo. In Santos, F D e R Aguiar (ed) - Impactos e Medidas de Adaptação às Alterações Climáticas no Arquipélago da Madeira, Projecto CLIMAAT II, DRAM, Funchal.
- Chodat R (1909) *Excursions botaniques en Espagne et au Portugal*, Genève.
- Choffat P (1908) *Essai sur la tectonique de la chaîne de l'Arrábida*, Lisboa,
- Costa JC, Capelo J H, Lousã M, Aguiar C, Neto C (1998) *Biogeografia de Portugal Continental, Quercetea*, 0:1-56.
- Dalgado D G (1914) *The Climate of Portugal and notes on its health resorts*. Coimbra, University Press.
- Daveau J (1885) Le Palmier Nain - son existence dans la Péninsule de Setúbal. *Revista Científica* publicada pelo Ateneu do Porto, n.º 2.
- Daveau J (1886) Cistinées du Portugal. *Boletim da Sociedade Broteriana*, IV, Coimbra.

- Daveau J (1889) Promenades botaniques aux environs de Lisbonne. Bul. de l'Herbier Boissier.
- Daveau J (1899) *Le Palmier nain et le Caroubier en Portugal*. Soe. d'horticulture de Montpellier.
- Daveau J (1897) La Flore littorale du Portugal. *Boletim da Sociedade Broteriana*, XIV: 3-54.
- Daveau J (1902) Géographie Botanique du Portugal. II La flore des plaines et collines voisines du littoral, Bol. Soc. Brot. 19: 3-140.
- Daveau J. (1904-1905) Géographie Botanique du Portugal. III Les stations de la zone des plaines et collines. *Bol. Soc. Brot. Sér. 1* 21: 16-85.
- Daveau S (1977) Répartition et rythme des précipitations au Portugal. Memórias do Centro de Estudo Geográfico, 3, CEG, Lisboa, 192p.
- Ferreira A de Brum (1981) Manifestações periglaciárias de altitude na ilha da Madeira. *Finisterra - Revista Portuguesa de Geografia*, XVI(32):213-229
- Fragoso M, Trigo RM, Pinto JG, Lopes S, Lopes A, Ulbrich S, Magro C (2012) The 20 February 2010 Madeira Flash-floods: Synoptic analysis and extreme rainfall assessment. *Natural Hazards Earth System Sciences*, 12, 715–730 .
- Lopes A, Lopes S (2010) Brisas marítimas estivais e sua influência nos padrões térmicos e no conforto humano no Funchal (Madeira). In Figueiredo et al (ed), Actas do II Workshop Clima e Recursos Naturais, IPB, Bragança: 317-325.
- Lopes A, Lopes S, Matzarakis A, Alcoforado MJ (2011) Summer sea breeze influence on human comfort during hot periods in Funchal (Madeira Island). *Meteorologische Zeitschrift*, 20(5): 553-564.
- Lopes S (2008) *Regimes dos ventos estivais no Funchal e sua influência nos padrões térmicos*. Dissertação de Mestrado, UL, Lisboa.
- Lopes S, Lopes A, Fragoso M (2011) Métodos geostatísticos de interpolação da precipitação anual na ilha da Madeira. Actas do VIII Congresso da Geografia Portuguesa. APG/IGOT-UL, Lisboa (6p., publ. em CD-Rom).
- Lousã M, Costa JC, Capelo J, Gomes, CP, Neto C (1999) *The vegetation of the stretch between Faro and Évora*. In S. Rivas-Martínez, Loidi Arregui, J., Costa Talens, M.; Díaz González, T. E. & Penas Merino (ed.) – Iter

- Ibaricum A.D. MIM. (Excursus geobotanicus per Hispaniam et Lusitaniam, ante XLII Syposium Societatis Internationalis Scientiae Vegetationis Bilbao mense Iulio celebrandu dicti Anni). *Itinera Geobotanica* 13:149-168.
- Matzarakis A, Mayer H, Iziomon M (1999) Applications of a universal thermal index: physiological equivalent temperature. *International Journal of Biometeorology*, 43:76-84.
- Mesquita S, Capelo J, Sousa J (2004) Bioclimatologia da ilha da Madeira. Abordagem numérica. *Quercetea* 6:5-47.
- Mora C (1998) *Aspectos do clima local da Arrábida*. Dissertação de mestrado, Universidade de Lisboa, Lisboa.
- Moreira M E, Neto C (2005) *Parte VI – Vegetação*, in C.A.Medeiros (dir.), Geografia de Portugal, Vol. I – Ambiente Físico. Círculo dos Leitores, Lisboa, pp. 417-482.
- Narciso A (1933) *Microclimas de Portugal, A Terra*, 8: 16-23.
- Neto C (1993) Notas sobre a flora e a vegetação do Cabo Espichel. *Finisterra - Revista Portuguesa de Geografia*, XXVIII(55-56):201-214.
- Neto C (2002) A Flora e a Vegetação do Superdistrito Sadense (Portugal). *Guineana* 8: 269.
- Neto C Afonso J (2011) *Guia da Excursão à Península de Setúbal e Estuário do Sado*. VIII Congresso da Geografia Portuguesa. IGOTE, Universidade de Lisboa (CD).
- Nicolás J P, Fernandez-Palacios F, Nieto E (1989) Inter-Island similarities in the Macanonesian Region. *Vegetatio* 84: 117-125.
- Oke T (1996) *Boundary Layer Climates*. Routledge, London.
- Osborn TJ (2011) Winter 2009/2010 temperatures and a record-breaking North Atlantic Oscillation Index, *Weather*, 66:1, 19-21
- Paiva-Ferreira R, Mendes S, Neto C (2002) La végétation du centre et du sud du Portugal (Itinéraire 6: Tróia – Lisboa). *Le Journal de Botanique de la Société Botanique de France*, 17:50-57.
- Prada S, Sequeira M, Figueira C, Silva M (2009) Fog precipitation and rainfall interception in the natural forests of Madeira Island (Portugal). *Agricultural and Forest Meteorology*. 149:1179–1187.

- Quintal R (1999) Aluviões da Madeira. Séculos XIX e XX". *Territorium*, 6:31-48
- Ribeiro A, Antunes, M T, Ferreira M P, Rocha R B, Soares A F, Zbyszewski G, Moitinho de Almeida F, Carvalho D, Monteiro J H (1979) *Introduction à la géologie générale du Portugal*. Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa, 114p.
- Ribeiro C, Delgado N (1868) *Relatório acerca da arborizaãa geral do paiz*. Lisboa.
- Ribeiro O (1935) *A Arrábida. Esboço Geográfico*. Revista da Faculdade de Letras da Universidade de Lisboa. Separata. 94p.
- Ribeiro O (1937) *A Arrábida. Esboço Geográfico*. Revista da Faculdade de Letras da Universidade de Lisboa, IV (1-2):21-131.
- Ribeiro O (1949) *L'île de Madère. Étude Géographique*. Congrès international de Géographie, Lisbonne 1949, CEG, Lisbonne.
- Ribeiro O (1968a) Primeiro seminário internacional de Geografia, *Finisterra - Revista Portuguesa de Geografia*, III(6):135-146.
- Ribeiro O (1968b) Excursão à Arrábida. *Finisterra - Revista Portuguesa de Geografia*, III(6): 257-273.
- Ribeiro O (1976) Silva Telles Introdutor do ensino da geografia em Portugal. *Finisterra - Revista Portuguesa de Geografia*, XI(21):12-36.
- Ribeiro O (1985) *A Ilha da Madeira até meados do séc. XX*. Instituto de Cultura e Língua Portuguesa, Ministério da Educação, Lisboa (tradução da edição de 1949).
- Ribeiro O (1986) *A Arrábida. Esboço Geográfico*. 2ª Edição. Câmara Municipal de Sesimbra r Liga para a Protecção da Natureza, 103p.
- Ribeiro O (2004) *A Arrábida. Esboço Geográfico*. 3ª Edição. Fundação Oriente e Câmara Municipal de Sesimbra, 143p.
- Sequeira M, Jardim R, Capelo J, Costa J C, Lousã M, Rivas-Martínez S, Fontinha S (2000) Estudo fitossociológico da Madeira – Implicações no ordenamento. *II Jornadas Florestais Insulares*: pp. 58. Funchal.
- SRES (2010) Estudo de Avaliação do Risco de Aluviões da Ilha da Madeira – Relatório Síntese, Instituto Superior Técnico, a Universidade da Madeira e o Laboratório Regional de Engenharia Civil.

- Sunding P (1979) *Origins of the Macaronesian Flora*. In: Bramwel, D. (ed.) *Plants and islands*, pp. 13-40, Wiley, London.
- Takhtajan A (1986) *Floristic regions of the world* transl. by J. Crovello and edited by A. Cronquist. Univ. of California.
- Tildes Gomes P (2011) Interannual oscillations in winter rainfall over Europe. Iberia study case. *Finisterra - Revista Portuguesa de Geografia*, XLVI(91): 27-45.
- Yoshino M M (1975) *The climate of a small area. An introduction to local climatology*. University of Tokyo Press. Tokyo.

**UNIDADES DE PAISAGEM DO COVÃO CIMEIRO
(SERRA DA ESTRELA)
UMA ABORDAGEM DA GEOGRAFIA FÍSICA NATURALISTA**

Carla Mora¹
Gonçalo Vieira¹
Jan Jansen²
Maria João Alcoforado¹

Resumo

Apresenta-se um estudo interdisciplinar das interações entre o clima, a dinâmica geomorfológica e as comunidades vegetais no circo glaciário do Covão Cimeiro (Planalto Superior da Serra da Estrela). O trabalho apoiou-se no levantamento de campo detalhado das unidades geomorfológicas e das comunidades vegetais. As características dos climas locais foram identificadas a partir de monitorização e modelação espacial, tendo sido mapeados os climatopos. Os resultados foram integrados e analisados em ambiente SIG, com o objetivo de identificar unidades homogéneas de paisagem. A análise foi efetuada a uma escala de grande detalhe, evidenciando o controlo da topografia complexa do circo sobre clima e, conseqüentemente, sobre a vegetação. Identificaram-se assim 13 unidades de paisagem principais: superfícies rochosas dos planaltos, superfícies arenosas dos planaltos, superfícies arrelvadas dos planaltos, cristas e picos, vertentes rochosas úmbrias, vertentes rochosas soalheiras, taludes detríticos úmbrios, taludes detríticos soalheiros, acumulações de blocos, barrancos, corredores, convexidades rochosas e bacias colmatadas. O comportamento singular de cada uma destas

¹Investigadores do Centro de Estudos Geográficos, Instituto de Geografia e Ordenamento do Território, Universidade de Lisboa

² Investigador do Experimental Plant Ecology, Universidade de Radboud, Nijmegen, Holanda

unidades e a adaptação ao sistema de classificação de habitats Natura2000 permite a fácil aplicação na gestão do território. O resultado ilustra a complexa segmentação da paisagem dos andares orosubmediterrâneo e submediterrâneo supratemperado, e refletem a geo e a biodiversidade das áreas altas da serra da Estrela. As comunidades vegetais refletem uma forte especialização em meios circunscritos e muitas vezes contrastados, evidenciando uma forte ligação com a dinâmica geomorfológica e com as condições topo e microclimáticas. A complexidade dos mosaicos à microescala e o carácter extremado das condições edafo-climáticas em locais mais frios, resultam no aparecimento de elementos de origem crio-orosubmediterrânea.

Palavras-chave: unidades de paisagem, Covão Cimeiro, serra da Estrela, geomorfologia, fitossociologia, climatologia.

Abstract

An interdisciplinary study of the interactions between climate, the geomorphological dynamics and the vegetation in Covão Cimeiro, a glacier cirque in the Serra da Estrela plateau margin is presented. The study is based on detailed fieldwork of the geomorphological units and vegetation. The characteristics of the local climate were identified from mapping and modelling and the climatopes were also mapped. The results were integrated and analysed using a GIS with the aim of identifying landscape units. The analysis evidenced the influence of the complex topography of the cirque on the climate and therefore on the vegetation. Thirteen landscape units were identified: plateau rocky surfaces, plateau sandy surfaces, plateau grasslands, crests and peaks, shady rock slopes, sunny rock slopes, shady debris slopes, sunny debris slopes, boulder accumulations, gullies, couloirs, convex rock outcrops and infilled basins. The unique behaviour of each of these units and the adaptation to the Natura 2000 habitat classification system allows for an easy application in management. The result illustrates the complex segmentation of the landscape of the oro-submediterranean and supra-submediterranean belt and reflect the geo- and biodiversity of the elevated regions of Serra da Estrela. The vegetation is well adjusted to the enclosed and often contrasting regions in which it grows, evidencing a strong link to the

geomorphological dynamics and the topo- and microclimatic conditions. The complexity of the mosaics at the micro scale and the extreme character of the soil-climate conditions in the colder regions result in the appearance of cryoro-submediterranean elements.

Key words: landscape units covão cimeiro, serra da estrela, geomorphology, fitossociology, climatology.

I. INTRODUÇÃO

O conceito de paisagem tem múltiplas definições, consoante a disciplina de que é objeto. Rougerie (1969) identifica a geografia como a ciência que se dedica ao estudo das paisagens. Ferreira et al. (2002) referem que na geografia física a paisagem surge como um conceito real, pois são os seus aspectos concretos e, muitas vezes, quantificáveis, que são privilegiados. Também a geocologia de Troll (1971) se dedicou ao estudo da paisagem, em particular focando-se nas inter-relações entre os seus elementos físicos e biofísicos. Esta perspetiva da ecologia da paisagem, que se confunde com uma geografia física naturalista, foi também desenvolvida por Orlando Ribeiro. Mais recentemente, Huggett (1995) fala em geocossistema com o objetivo de repor a importância dos componentes abióticos da paisagem, pois os ecologistas tendem a privilegiar os aspectos bióticos. Com base na definição apresentada por Forman e Godron (1986), para o termo “paisagem”, o geocossistema é considerado como uma porção de espaço heterogéneo, constituído por vários ecossistemas que interagem entre si. Os elementos do geocossistema, ou unidades de paisagem, integram “as relações entre geologia, solos e vegetação” e podem ser definidos como “a mais pequena unidade homogénea visível na paisagem” (Huggett, 1995, p.16). Na verdade, apesar da diversidade de conceitos e da teorização em torno da paisagem, os trabalhos de Orlando Ribeiro na Arrábida e na Madeira (1935, 1949) apresentavam já a paisagem como um conceito dinâmico, resultado das relações entre geomorfologia, clima e vegetação, mas também do homem.

As paisagens atuais do planalto superior da Serra da Estrela e dos vales periféricos que dele divergem, apresentam um forte cunho dos processos relacionados com climas frios do Plistocénico, quer sejam os processos glaciários, quer sejam periglaciários, estes últimos mais visíveis no sector oriental da serra (Daveau, 1971; Vieira, 2004). Tratando-se da mais alta montanha de Portugal Continental, com altitudes superiores a 1800 metros no Planalto Superior, e com um relevo marcado por entalhes escarpados e circunscritos, como os circos glaciários, a Estrela é a única montanha do país onde se pode dizer que o frio modela atualmente a paisagem. A sua localização no interface entre um Portugal mais Mediterrâneo, a sul, e mais Atlântico, a norte, conjugada com um relevo vigoroso, gera um complexo mosaico de comunidades vegetais que ocupam nichos estreitamente ligados à geomorfologia, aos efeitos do clima e ao impacto antrópico. Surgem assim, em áreas muito restritas, diferentes comunidades vegetais na transição entre os andares oro e crio-orosubmediterrâneo, onde os efeitos do stresse climático são muito evidentes. Pela sua raridade no oeste ibérico, estas comunidades de montanha são de elevado valor ecológico, constituindo peças fundamentais em habitats Natura 2000 (N2000). Um valor especial da área de estudo é, efetivamente, a sua inclusão na Reserva Biogenética do Planalto Central e na rede N2000. A identificação das relações entre as comunidades de vegetação, clima e geomorfologia é, portanto, um contributo importante para a melhor conservação e gestão dos espaços de montanha. Além disso, os contrastes morfológicos em áreas relativamente restritas permitem estudar em grande detalhe a paisagem a uma escala raramente tratada na montanha portuguesa.

Retomam-se neste artigo, os resultados inéditos do projeto Estrela, desenvolvido entre 1998 e 2001, mas que permanecem atuais, da mesma forma que a perspetiva naturalista na geografia física. Analisam-se as unidades de paisagem do circo glaciário do Covão Cimeiro, um dos mais bem desenvolvidos da Serra da Estrela e localizado na cabeceira do vale do Zêzere entre 1615 m e 1920 m de altitude (fig. 1). Através de um levantamento de campo detalhado e interdisciplinar, apoiado em deteção remota e modelação espacial em SIG. Salienta-se que as unidades de paisagem identificadas não resultaram de um simples cruzamento de variáveis. Aliás, como refere Tricart (1994), a

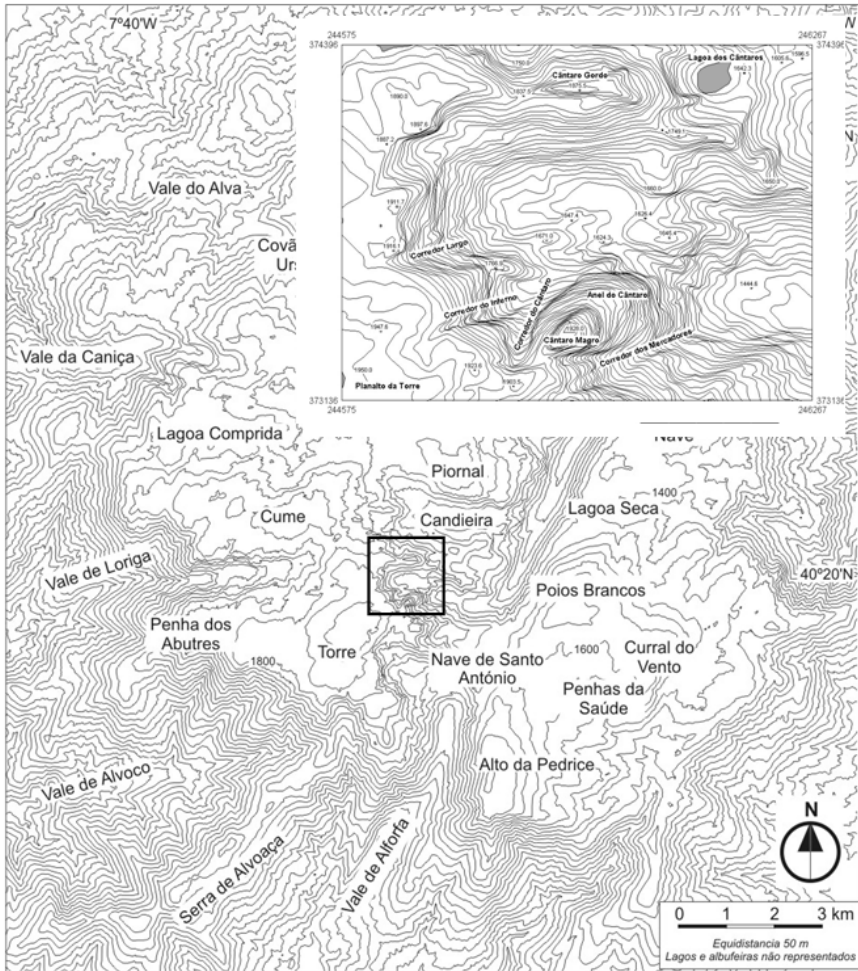


Fig. 1 - Localização do circo glaciário do Covão Cimeiro na serra da Estrela.

Fig. 1 - Location of Covão Cimeiro glacial cirque in Serra da Estrela.

complexidade do estudo da paisagem resulta da não coincidência de unidades espaciais de diferentes variáveis. Por isso, a utilização de níveis de informação e a sua análise quantitativa tem que ter uma ligação à paisagem real, e é aí que entra o

conhecimento do campo, marca indelével nos trabalhos clássicos de Orlando Ribeiro e que transpomos neste trabalho que lhe presta singela homenagem.

II. METODOLOGIA

As características geomorfológicas e climáticas do circo glaciário do Covão Cimeiro foram estudadas por dois dos autores deste trabalho nas suas dissertações de doutoramento (Vieira, 2004 e Mora, 2006), tendo alguns resultados sido apresentados em vários artigos (Mora *et al.*, 2001; Vieira *et al.* 2003; Vieira 2008; Mora 2010). Esses trabalhos basearam-se numa cartografia geomorfológica detalhada, na monitorização das temperaturas do ar e da rocha, bem como na elaboração de cartografia topoclimática, o que permitiu caracterizar a geomorfologia e o clima da área de estudo. Por outro lado, outro dos autores, Jansen, trabalhou exaustivamente sobre a vegetação da serra da Estrela (Jansen, 1997, 2002, 2011), pelo que o seu conhecimento permitiu adicionar à informação geomorfológica e climática, uma componente fitossociológica e de cartografia da vegetação ímpar. A análise estatística apoiada em ferramentas SIG permitiu-nos desenvolver uma abordagem integrada às unidades de paisagem.

A cartografia geomorfológica de pormenor foi efetuada no terreno à escala 1:5000 e corrigida com recurso ao ortofotomapa digital de falsa cor com resolução espacial de 1 m (IgeoE). A legenda adotada visou caracterizar as unidades geomorfológicas em função do modo como estas controlam o desenvolvimento da vegetação. Privilegiou-se uma classificação de base morfológica, seguida de uma divisão em função da disponibilidade de solo para o desenvolvimento do sistema radicular. Deste modo, traduziram-se as condições hidrológicas a uma escala de grande pormenor.

Na análise climática, desenvolveram-se modelos de balanço radiativo de Verão e Inverno, a partir da utilização de imagens Landsat 5 TM (27/6/98 e 3/2/92) e do modelo digital de elevações gerado com base no mapa topográfico 1:25.000 (IgeoE), com uma dimensão do pixel de 10 m. Os cálculos foram efetuados para a hora de passagem do satélite (10.30h) e para as 12.00h, usando a metodologia proposta por Waters *et al.* (2002). Os modelos de insolação potencial e de sombreamento para os solstícios de Verão e Inverno foram gerados usando o

algoritmo desenvolvido por Vieira (2000). Os resultados foram usados para caracterizar as condições radiativas das vertentes, associando-as às comunidades vegetais. Os ensinamentos obtidos a partir da monitorização térmica e da cartografia topoclimática (Mora 2006, 2010), conjuntamente com os resultados dos modelos radiativos, foram usados na identificação e caracterização das unidades climáticas de pormenor.

Ao nível da vegetação, não existe ainda uma lista completa dos *syntaxa* da Estrela, uma vez que muitas das associações estão escassamente estudadas (Jansen, 2002, 2011). Este fato dificulta a elaboração de um mapa da vegetação baseado nos *syntaxa* definidos e aceites pela comunidade científica. Por essa razão, algumas unidades de vegetação mapeadas são aqui apresentadas com uma classificação preliminar, como é o caso da *Festuca sp.* (secção *Festuca*), vegetação de *Agrostis castellana*, vegetação de *Agrostis truncatula*, aliança *Trisetum-Agrostion*, vegetação *Dianthus lusitanicus*, etc.

A *Agrostis truncatula* é apresentada num sentido amplo, incluindo as sub-espécies *truncatula* e *duriaei* (Franco e Afonso, 1998). Romero García et al. (1988) consideram estas últimas como sinónimo da *Agrostis truncatula subsp. commista*. Na verdade, a sua identificação é dificultada pelo fato de as condições ecológicas poderem modificar fortemente a aparência dos indivíduos. Para mitigar este aspeto, usamos de forma provisória o conceito de *Agrostis truncatula s.l.* (no tipo 14 e em *Trisetum-Agrostion*: tipos 1 e 30).

As espécies do género *Festuca* (secção *Festuca*) são morfologicamente semelhantes e a especiação é influenciada por hibridação e poliploidização (Nova et al. 2006). Pelo menos duas espécies foram identificadas: a *Festuca summilusitana* (mais frequente) e a *Festuca indigesta* (menos frequente). Outras espécies de *Festuca* dentro da mesma secção podem ocorrer em condições semelhantes no Sistema Central em Espanha (N2000 habitat-tipo 6160), mas como referem Ortúñez e Fuente (1997), são espécies de características próximas e difíceis de distinguir. Por isso, numa primeira aproximação, optou-se por distinguir a vegetação dominada por indivíduos de *Festuca* (sect. *Festuca*), designando-a por *Festuca sp.* (tipos 14, 16, 27), especialmente porque podem ser convenientemente incluídos na classe *Festucetea indigestae*, com ampla presença no Covão Cimeiro. A intenção original era renomear estes tipos quando pudessem

ser associados a um *syntaxon*, no quadro de um projeto de estudo sintaxonómico da *Festucetea indigestae*. Contudo, esse projeto não foi concluído, por falta de financiamento, e optou-se por incluir o tipo *Festuca sp.* dentro do *Jasiono-Minuartietum sensu lato*, de forma a poder incluí-lo na classificação da N2000. O mesmo sucedeu para os tipos 16 (Veg. *Festuca sp.* + *Silene elegans*) e 27 (*Festuca sp.* + *Plantago sp.*), ambos incluídos no *Jasiono-Minuartietum sensu lato*. O primeiro parece ter sido sujeito a pisoteio e ocorre em solos ligeiramente mais espessos que o *Jasiono-Minuartietum sensu stricto*.

O tipo *Plantago sp.* inclui *Plantago alpina* e *Plantago holosteum*. Ambas as espécies são da secção *Coronopus*, mas são frequentemente difíceis de distinguir devido ao reduzido tamanho dos indivíduos em condições de altitude (Pedrol 2009).

A cartografia da vegetação foi efetuada no campo à escala 1:10 000, processo antecedido por levantamentos fitossociológicos (*relevés*) efetuados nos locais mais característicos do circo glaciário, que permitiram identificar associações a cartografar. As manchas de vegetação identificadas no terreno foram depois corrigidas em ambiente SIG com auxílio do ortofotomapa digital de falsa cor, com dimensão de pixel de 1 m. Para a definição das unidades de vegetação, usaram-se os critérios de Rivas-Martinez *et al.* (2000) e Jansen (1997, 2000, 2002). Verificou-se durante o trabalho de campo que se tratam de unidades homogéneas quando a sua delimitação é possível macroscopicamente a uma distância de cerca de 500 m, com recurso a binóculos e depois de terem sido feitos levantamentos de pormenor *in situ*. Neste sentido, unidades de vegetação de micro-escala não puderam ser mapeadas.

De modo a tornar a informação sintaxonómica de maior utilidade para a gestão do Covão Cimeiro, no quadro da N2000, ligaram-se os habitats tipo, como definidos pela ALFA (2004), às respetivas unidades fitossociológicas. Este processo permitiu a produção de um mapa das unidades fitossociológicas do Covão Cimeiro.

A classificação final em unidades de paisagem resultou de uma comparação entre as unidades espaciais de base geomorfológica e a vegetação, bem como entre as unidades topoclimáticas e a vegetação. No primeiro caso, analisou-se o modo como as comunidades se distribuem em função da

geomorfologia. No segundo, analisaram-se os parâmetros climáticos em função das comunidades vegetais. A análise hierárquica ascendente foi usada para identificar os controles geográficos nas comunidades vegetais. Os resultados são apresentados sob a forma de uma tabela de síntese, que permite compreender a interação entre os vários elementos da paisagem. A tabela inclui observações ao nível dos mosaicos de vegetação de microescala, bem como indicações acerca dos habitats N2000 preferenciais dentro de cada unidade de paisagem.

III. RESULTADOS

1. Geomorfologia

O circo glaciário do Covão Cimeiro é um dos circos mais desenvolvidos da serra da Estrela, do ponto de vista morfológico (fig. 1). Localiza-se na cabeceira do vale do Zêzere entre 1615 m e 1920 m de altitude, constituindo um circo de cabeceira de vale glaciário. Este é talhado em granito da Covilhã (duas micas porfiróide de grão médio) e da Estrela (moscovítico de grão médio a grosseiro, de tendência porfiróide e essencialmente alcalino) no setor setentrional (Ferreira e Vieira, 1999). O seu comprimento é de 1020 m, a largura é de 1040 m e o comando da parede é de 290 m. A orientação do eixo médio do circo (Evans e Cox, 1995) é de 103° (ESE). As paredes do circo são, de um modo geral, de declive acentuado, com um máximo no MDT de 77°. Como se pode observar na figura 4, as vertentes norte e sul do circo são dissimétricas quanto ao declive, forma e comando.

A vertente sul apresenta declives mais acentuados, uma forma geral convexo-côncava e vários entalhes, que designamos por corredores. Predominam os afloramentos de rocha nua, em larga medida de origem glaciária (fig. 2). Por outro lado, a vertente norte apresenta declives menos acentuados, uma forma mais simples, sem barrancos significativos e um perfil geral rectilíneo-côncavo. Os afloramentos de rocha nua são escassos. Esta assimetria está relacionada com diferentes dinâmicas durante a glaciação que se refletiram na evolução pós-glaciária. As características da vertente sul deverão estar relacionadas com processos de desalojamento (*quarrying*) particularmente intensos no máximo

glaciário, pois era de sudoeste que a maior parte da alimentação de gelo provinha. Por outro lado, a vertente norte, não parece ter sofrido uma erosão glaciária tão significativa, devendo mesmo na secção superior, ter estado sempre exposta a uma dinâmica sub-aérea, pois aí não se encontram quaisquer marcas glaciárias. A sua evolução terá sido pois periglaciária, o que terá contribuído para o recuo mais homogêneo da vertente, e para a sua regularização através de um talude. Na base deste, encontra-se um depósito de material arenoso, mais recente que é o resultado da lavagem hídrica da matriz do talude, que se acumula, formando um pequeno glacis.

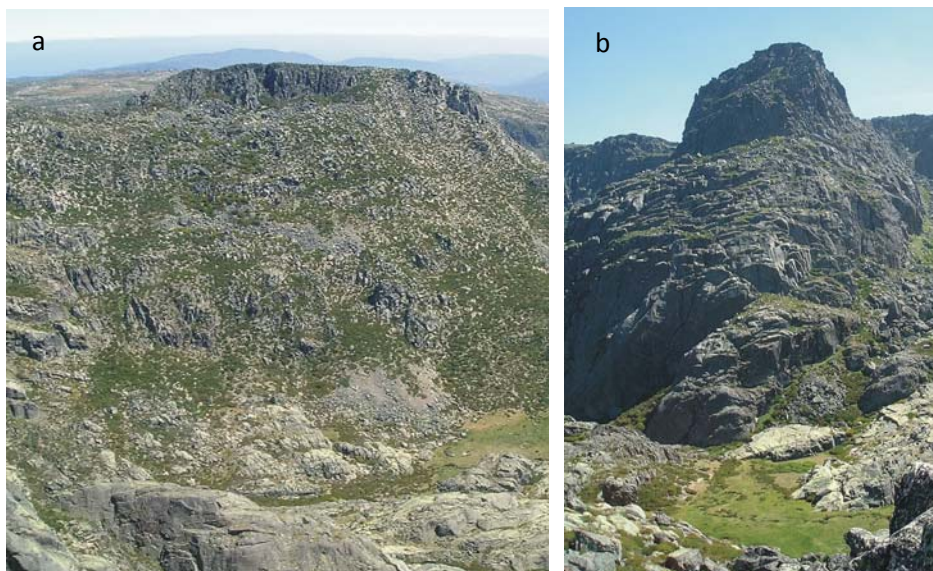


Fig. 2 - Circo glaciário do Covão Cimeiro. a) Vertente sul do Cântaro Gordo. O Fundo do Circo é visível do lado direito, no sector inferior da fotografia. b) Face Norte do Cântaro Magro e base do Circo do Covão Cimeiro.

Fig. 2 - Covão Cimeiro glacial cirque. a) Southern slope of the pitcher Gordo. The cirque overdeepening is visible on the right side, in the lower sector of the photo. b) North face of the Cântaro Magro and the cirque overdeepening.

O fundo do circo é alongado na direcção W-E, variando entre cerca de 1700 e 1615 m de altitude. Tem cerca de 660 m de comprimento, por 365 m de largura e apresenta uma bacia colmatada, surgindo à superfície uma turfeira onde se desenvolvem vários charcos perenes. A bacia desenvolve-se a norte de um alinhamento de afloramentos rochosos polidos, dos quais, o mais oriental constitui um imponente ferrolho com um comando de cerca de 20 m em relação à superfície da turfeira (fig. 2).

Considerando a morfologia e o substrato, em especial o modo como este condiciona a hidrologia e a fixação da vegetação (solo versus rocha nua), identificaram-se 15 unidades de paisagem de base geomorfológica (fig. 3): acumulação de blocos, talude de detritos, glaciais arenoso, cobertura arenosa pelicular, bacia colmatada, superfície arrelvada, mosaico de superfícies rochosas e arenosas, convexidade rochosa, superfície de rocha nua, vertente escarpada, vertente de rocha nua, crista ou portela, pico, corredor e canal.

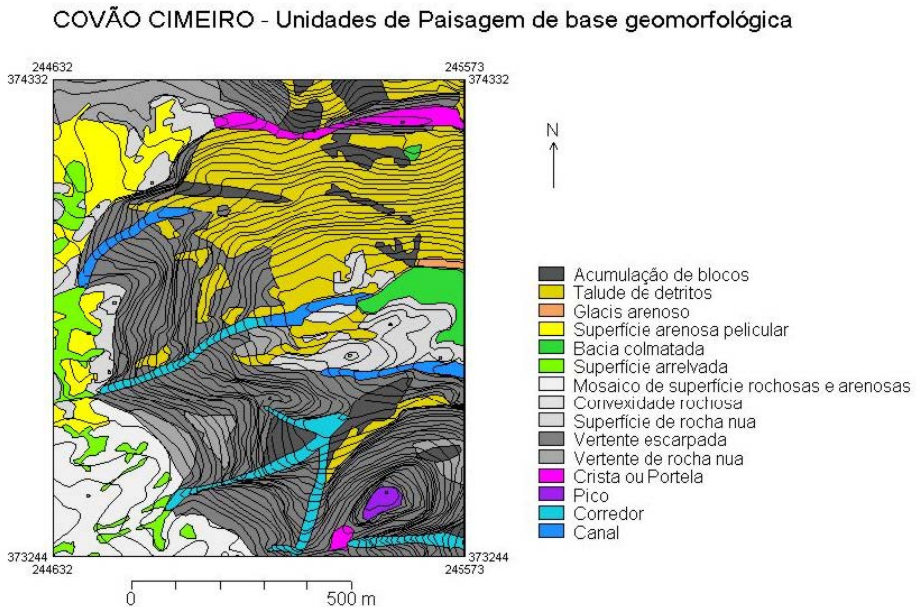


Fig. 3 - Unidades da paisagem de base geomorfológica do Covão Cimeiro.

Fig. 3 - Landscape units based on the geomorphology of Covão Cimeiro.

2. Clima

Mora (2006) estudou o clima da serra da Estrela, tendo dedicado especial atenção ao Covão Cimeiro. A morfologia escarpada das vertentes do circo, a sua forma em anfiteatro, com abertura a leste, com fundo aplanado, mas com um ferrolho glaciário que dificulta a drenagem, são as características morfológicas determinantes para o clima do Covão Cimeiro. Esta reentrância no lado oriental do planalto superior, em posição abrigada dos ventos de oeste, tem condições ótimas para desenvolver, numa pequena área, condições topo e microclimáticas muito contrastadas.

As temperaturas médias anuais do ar variam entre cerca de 8°C no fundo do circo e 6°C no planalto, com valores de precipitação anual estimados em cerca de 2400 a 2600 mm. Os verões são curtos e relativamente secos e os invernos são húmidos, chuvosos e com frequentes episódios de queda de neve. Esta pode manter-se no solo durante várias semanas, em particular nas vertentes expostas a norte. Nas vertentes expostas a sul, a cobertura de neve é muito mais escassa e de curta duração. Aliás, o regime nival é marcado pela irregularidade interanual e intermensal, como referem Andrade *et al.* (1992), Vieira *et al.* (2003), Mora (2006).

Apesar das temperaturas médias anuais relativamente moderadas, foram medidas temperaturas do ar de -17°C no Covão Cimeiro em 25 de Janeiro de 2000 por Mora *et al.* (2001), o que revela o carácter extremo das condições meteorológicas, em particular em episódios de estabilidade atmosférica.

2.1 Temperatura

Verificaram-se dois padrões contrastados de temperatura ao nível local no Covão Cimeiro, em função das condições atmosféricas (Mora *et al.*, 2001).

Em situações de instabilidade, com vento e nebulosidade, a temperatura varia em função da altitude, tendo-se estimado um gradiente médio de -0,23°C/100 m. As temperaturas mais elevadas ocorrem no fundo do circo e as mais baixas nos interflúvios, como é o caso dos cântaros Gordo e Magro. Nestes dias, as temperaturas são relativamente homogêneas, pois o gradiente altitudinal é fraco e deve ser o vento, o principal limitante ecológico.

Em situações de estabilidade atmosférica, os padrões térmicos das máximas e das mínimas são opostos. Verificaram-se, nestes episódios, fortes inversões térmicas durante a noite e madrugada e em alguns dias de Inverno, as inversões prevaleceram durante todo o dia, em particular nos setores à sombra do fundo do circo (Mora, 2010). Este aspeto favorece a manutenção da neve e a congelação da água no lado sul do fundo do covão, o que é particularmente significativo para os ecossistemas. Considerando este importante efeito da topografia, as unidades topoclimáticas agrupam-se da seguinte forma:

- a) Topos, caracterizados por temperaturas baixas;
- b) Fundo do circo, com temperaturas muito baixas devido à acumulação do ar frio;
- c) Vertentes, com temperatura variável, mas com uma cintura intermédia de temperaturas mais elevadas.

Durante o dia, o ar no fundo do circo aquece, interrompendo-se a acumulação de ar frio. As temperaturas máximas vão ser aí mais elevadas e é especialmente notória a influência da exposição e declive, originando grandes diferenças de temperatura entre vertentes soalheiras e umbrias. As áreas elevadas, como a cristas e os planaltos, apresentam geralmente, pela sua altitude, temperaturas mais baixas.

2.2 Insolação

As diferenças na insolação resultam dos efeitos da exposição e de sombra causada pelo relevo. O circo glaciário do Covão Cimeiro é uma forma muito profunda e em anfiteatro quase fechado, pelo que estes efeitos vão causar diferenças muito significativas entre as vertentes. No solstício de Verão, todo o circo recebe radiação solar directa e as diferenças na insolação são mais reduzidas. Contudo, no solstício de Inverno as diferenças espaciais são enormes e a metade sudoeste do Covão Cimeiro não recebe qualquer radiação solar direta, devido ao ocultamento causado pelas vertentes meridionais do circo e pelo Cântaro Magro.

2.3 Vento

Em dias de estabilidade atmosférica, as diferenças térmicas entre os setores mais altos e mais baixos do circo podem levar à formação de ventos catabáticos e anabáticos. Além desses ventos de origem térmica, a exposição ao vento regional, nos dias de instabilidade, contribui também para a individualização das unidades climáticas. O vento faz-se sentir de diferente forma nos 3 tipos de relevo:

- Planaltos e cristas, expostos aos ventos regionais e fontes de ar frio;
- Vertentes (e formas de vertente), afectadas pelas brisas de vale e de montanha, podendo estar abrigadas ou não (dependendo da exposição) do vento regional;
- Fundo do circo, abrigado do vento regional e das brisas de vale, graças ao efeito de abrigo causado pelo ferrolho, e onde se acumula o ar frio durante situações de estabilidade.

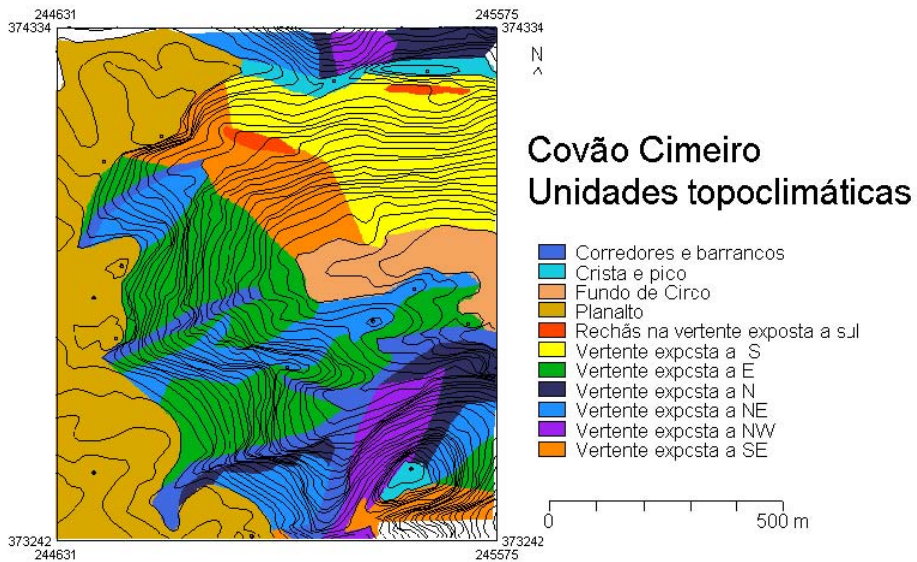


Fig. 4 - Unidades topoclimáticas do Covão Cimeiro.

Fig. 4 - Topoclimatic units of Covão Cimeiro.

2.4 Unidades climáticas

A análise empírica dos modelos de insolação potencial, temperaturas e sua comparação com as unidades morfológicas, levou à individualização de 11 classes topoclimáticas (fig. 4), cujas características são apresentadas no Quadro 1: Planalto, Crista, Fundo do circo, Rechãs na vertente exposta a sul, Corredores e barrancos, Vertentes expostas a sul, Vertentes expostas a sudeste, Vertentes a este, Vertentes expostas a nordeste, Vertentes expostas a norte, e Vertentes expostas a noroeste.

3. Vegetação

O Covão Cimeiro contém vegetação de mais de 20 classes sintaxonómicas, das quais *Pino-Juniperetea*, *Festucetea indigestae* e *Nardetea*, ocupam a maior área (quadro I). *Oxycocco-Sphagnetea*, *Scheuchzerio-Caricetea*, *Helianthemetea*, *Calluno-Ulicetea* e *Cytisetea scopario-striati*, ocupam áreas significativamente mais reduzidas, mas são ainda significativas. Merecem referência também, pela sua frequência de ocorrência, embora ocupando áreas reduzidas: *Asplenietea trichomanis*, *Thlaspietea rotundifolii* e *Sedo-Scleranthetea*.

Nos últimos 20 anos, várias novas espécies para a flora portuguesa foram identificadas na área de estudo. Além dessas, algumas espécies portuguesas raras têm a sua ocorrência ótima no Covão Cimeiro, o que realça a importância do local para a conservação da natureza. A notável ocorrência destas espécies deverá estar relacionada com as características geomorfológicas únicas do circo, profundamente entalhado e circunscrito, com uma exposição nascente, constituindo um *hinterland* de altitude. Um exemplo muito significativo é a ocorrência no circo e nas suas imediações de duas espécies estritamente endémicas estrelenses, a *Silene x montistellensis* (Jansen, 1997; Ladero *et al.*, 1999; Jansen 2011) e a *Festuca henriquesii*. Esta última encontra o seu ótimo na *Campanulo-Festucetum*, enquanto a anterior na *Campanulo-Festucetum leontodontetosum cantabricsi*.

Quadro I - Principais características das unidades de paisagem do Covão Cimeiro.

Table I - Main Characteristics of the landscape units of Covão Cimeiro.

| Unidades Paisagem | Dinâmica geomorfológica | Comunidades de vegetação características | Características climáticas gerais |
|--------------------------------------|--|---|---|
| Superfícies rochosas dos planaltos | Microgelifracção, dessecação-humidificação, lavagem pluvio-nival, rainsplash-saltação, deflaccção, corrasão nivo-eólica. | <i>Jasiono – Minuartietum.</i> | Insolação forte, exposição ao vento regional (forte e frequente), temperaturas máximas moderadas, temp. mínimas baixas, formação frequente de sincelos. |
| Superfícies arenosas dos planaltos | Rainsplash-saltação, lavagem pluvio-nival, deflaccção, crio-expulsão. | <i>Lycopodio – Juniperetum typicum, Jasiono – Minuartietum + Galio – Nardetum, Festuca + Agrostis + Jasiono – Minuartietum.</i> | Insolação forte, exposição ao vento regional (forte e frequente), temperaturas máximas moderadas, temp. mínimas baixas, formação frequente de sincelos. |
| Superfícies arrelvadas dos planaltos | Lavagem pluvio-nival, acumulação de sedimentos hídricos e eólicos, solifluxão. | <i>Campanulo – Festucetum + Galio – Nardetum, Campanulo – Festucetum, Lycopodio – Juniperetum typicum.</i> | Insolação forte, exposição moderada ao vento regional (moderado e frequente), temperaturas máximas moderadas, temp. mínimas baixas. |
| Cristas e Picos | Microgelifracção, dessecação-humidificação, lavagem pluvio-nival, rainsplash-saltação, deflaccção. | <i>Lycopodio – Juniperetum cytisetosum.</i> | Insolação forte, exposição ao vento regional (muito forte e frequente), temperaturas máximas moderadas, temp. mínimas baixas, formação frequente de sincelos. |
| Vertentes rochosas umbrias | Microgelifracção, desabamentos, lavagem pluvio-nival. | <i>Saxifrago-Murbeckielletum herminii</i> | Insolação fraca, exposição aos ventos de NW a NE, temp. mínimas e máximas baixas, possibilidade de formação de cascatas de gelo. |
| Vertentes rochosas soalheiras | Dessecação-humidificação, microtermoclastia, desabamentos, lavagem pluvio-nival. | <i>Teucro – Echinospartetum</i> | Insolação muito forte, exposição aos ventos de SW a SE, temperaturas máximas muito altas, temp. mín. baixas. |
| Taludes detriticos | Solifluxão, lavagem pluvio-nival, acumulação | <i>Lycopodio – Juniperetum saxifragetosum, Sileno –</i> | Insolação fraca, exposição aos ventos de NW a NE, |

| | | | |
|-------------------------------|--|---|---|
| umbrios | de sedimentos das vertentes rochosas. | <i>Luzuletum</i> , <i>Campanulo</i> – <i>Festucetum</i> , <i>Festuca</i> + <i>Silene</i> veg., <i>Festuca</i> + <i>Plantago</i> veg. | temp. mínimas e máximas baixas, manutenção da neve no Inverno, possibilidade de formação de cascatas de gelo. |
| Taludes detriticos soalheiros | Lavagem pluvio-nival, pisoteio, acumulação de sedimentos das vertentes rochosas. | <i>Lycopodio</i> – <i>Juniperetum cytisetosum</i> , BC <i>Cytision oromediterraneus</i> (pós-incêndio) | Insolação muito forte, exposição aos ventos de SW a SE, temperaturas máximas muito altas, temp. mín. baixas. |
| Acumulações de blocos | Lavagem pluvio-nival, microgelifracção, microtermoclastia, dessecação-humidificação. | <i>Lycopodio</i> – <i>Juniperetum saxifragetosum</i> , <i>Lycopodio</i> – <i>Juniperetum cytisetosum</i> , <i>Genista florida</i> veg., BC <i>Cytision oromediterraneus</i> . | Condições térmicas dependentes da insolação. |
| Barrancos | Lavagem pluvio-nival, acumulação de sedimentos das vertentes rochosas e planaltos. | <i>Lycopodio</i> – <i>Juniperetum saxifragetosum</i> (umbrio), <i>Lycopodio</i> – <i>Juniperetum cytisetosum</i> (soalheiro), <i>Potentillo-Callunetum</i> . | Insolação variável, canalização dos ventos do planalto, brisas de vale e montanha, temperaturas dependem da insolação, em alguns locais manutenção prolongada da neve. |
| Corredores | Lavagem pluvio-nival, solifluxão, movimentos de vertente (?), acumulação de sedimentos das vertentes rochosas e planaltos. | <i>Leontodonto</i> – <i>Dryopteridetum</i> , <i>Lycopodio</i> - <i>Juniperetum saxifragetosum</i> (umbrio), <i>Lycopodio</i> – <i>Juniperetum cytisetosum</i> (soalheiro), <i>Campanulo</i> – <i>Festucetum</i> . | Insolação fraca, exposição aos ventos de NW a NE, canalização dos ventos do planalto, brisas de vale e montanha, temp. mínimas e máximas baixas, possibilidade de formação de cascatas de gelo. |
| Convexidades rochosas | Microgelifracção, dessecação-humidificação, lavagem pluvio-nival, rainsplash-saltação, deflaccção. | <i>Lycopodio</i> – <i>Juniperetum cytisetosum</i> , <i>Lycopodio</i> - <i>Juniperetum saxifragetosum</i> , <i>Potentillo</i> – <i>Callunetum</i> . | Condições térmicas dependentes da insolação. |
| Bacia colmatada | Lavagem pluvio-nival, acumulação de sedimentos hídricos e eólicos. | Complexo de turfeiras, <i>Potentillo</i> – <i>Callunetum</i> . | Insolação variável, relativamente abrigada do vento, temperaturas mínimas extremas, temp. máximas altas. |

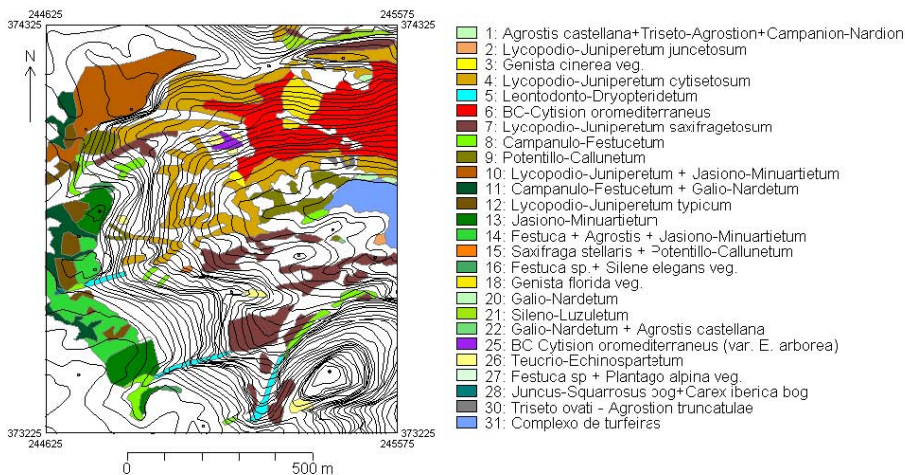


Fig. 5 - Comunidades de vegetação do Covão Cimeiro (Julho 2001).

Fig. 5 - Vegetation communities in Covão Cimeiro (July 2001).

A partir do conhecimento disponível no momento em que foi efetuado o levantamento de campo (Rivas-Martínez *et al.*, 2000; Jansen 1997, 2002), é possível afirmar que a maior parte das comunidades do setor mais elevado da serra da Estrela se encontram representadas no Covão Cimeiro.

Foram cartografadas 31 comunidades de vegetação usando uma abordagem de base fitossociológica, das quais 26 se identificam na figura 5. Os tipos 17, 19, 23, 24 e 29 não são apresentados devido à sua reduzida área.

O tipo 31 (complexo de turfeiras) é um mosaico de duas comunidades de cervunal (*Galio-Nardetum* e *Campanulo-Festucetum*), duas comunidades turfófilas (*Juncus-Sphagnetum* e *Caricetum carpetanae*), e uma comunidade anfibia lacustre (*Fontinali-Ranunculetum*)

IV. DISCUSSÃO

1. As unidades geomorfológicas e a vegetação

A comparação entre as unidades geomorfológicas e as comunidades vegetais, permitiu identificar os seguintes 13 agrupamentos:

a) Superfícies de rocha nua – São setores do planalto onde dominam os afloramentos de rocha nua de cariz aplanado, pelo que a vegetação que neles se desenvolve é escassa, e está limitada a manchas esparsas, ao longo de fraturas, ou onde surge material arenoso, onde podem ocorrer comunidades descritas no ponto

b) A vegetação não é cartografável à escala a que foi desenvolvido este estudo, tratando-se essencialmente de *Jasiono-Minuartietum*, *Sedetum brevifolio-pyrenaici* ou vegetação com *Agrostis truncatula s.l.*

c) Coberturas arenosas peliculares – Estas unidades, típicas das áreas planálticas, por isso com temperaturas baixas fora dos meses secos, elevada precipitação e muito expostas ao vento, são dominadas por mosaicos de matos de *Juniperus alpina* (*Lycopodio-Juniperetum typicum*) e de prados cuminais psicroxerofíticos (*Jasiono-Minuartietum*). Em alguns sectores, já na transição para solos mais orgânicos, surgem prados em mosaico de *Festuca sp.* + *Agrostis truncatula s.l.* + *Jasiono-Minuartietum*. As superfícies arenosas peliculares são as áreas onde os processos erosivos são mais ativos (Vieira *et al.*, 2003).

d) Acumulações de blocos – São unidades com grandes blocos, entre os quais pode existir material cascalhento e arenoso. As associações dominantes são arbustivas (matos) e normalmente descontínuas, especialmente localizadas nas margens das acumulações. Domina *Lycopodio-Juniperetum saxifragetosum*, em especial nas acumulações de blocos nas vertentes umbrias; nos locais soalheiros, *BC Cytius oromediterraneus*-[*Cytision oromediterranei*] (em particular em áreas áridas), vegetação de *Genista florida* (com alguns indivíduos jovens de *Betula sp.*) e *Lycopodio-Juniperetum cytisetosum*. Ocorrem também pequenas manchas de *Sileno-Luzuletum*, *Saxifrago-Murbeckiellatum* e *Sedetum brevifolio-pyrenaici*.

e) Bacias colmatadas – Correspondem, essencialmente, à bacia de sobrexcavação glaciária do fundo do Covão Cimeiro. É uma área mal drenada que poderá ter sido preenchida por um lago no final da glaciação, entretanto

colmatado. A vegetação está associada à pobre drenagem, dominando um complexo de turfeiras (*Junco-Sphagnetum* e *Caricetum carpetanae*), também com outras comunidades, como uma comunidade anfibia lacustre (*Fontinali-Ranunculetum*) e comunidades de cervunal *Galio-Nardetum* e *Campanulo-Festucetum* no sector montante, em áreas mais elevada e com menos insolação.

f) Canais – São entalhes com escoamento hídrico sazonal a montante e perene a jusante, embora reduzido no Verão. Há geralmente água disponível para a vegetação, favorecida também pelo efeito de sombra. Dominam os matos (geralmente densos), e as associações *Lycopodio-Juniperetum saxifragetosum* (nos setores úmbrios), *Lycopodio-Juniperetum cytisetosum* (nos setores soalheiros) e *Potentillo-Callunetum* onde o solo é mais húmido e desenvolvido. *Campanulo-Festucetum* ocorre também nas margens de barrancos, especialmente nos sectores mais elevados e sombrios. Este é também um ambiente onde herbáceas altas são pioneiras (por ex.: *Angelica major*) e matos ripícolas (*Salix atrocinerea*), ambos não cartografáveis à escala de estudo.

g) Convexidades rochosas – correspondem a afloramentos modelados pela erosão subglaciária e situam-se no fundo da depressão ou na área que a envolve. A vegetação ocupa pequenas manchas formando estádios pioneiros de diferentes tipos, dependendo da exposição e da fracturação no substrato, que propicia o desenvolvimento vegetal.

h) Corredores – São barrancos cujo perfil longitudinal tem declive acentuado e que terão evoluído por processos geomorfológicos diversos, não exclusivamente fluviais, com uma importante componente de movimentos de vertente. Os principais agentes morfogenéticos estão associados ao escoamento hídrico, embora em alguns sectores ocorram movimentos de tipo solifluxão. As comunidades vegetais mais características são *Lycopodio-Juniperetum saxifragetosum* (nos sectores inferiores com fraca insolação), *Lycopodio-Juniperetum cytisetosum* (em especial nos sectores inferiores com elevada insolação), *Leontodonto-Dryopteridetum* (nos sectores superiores, em particular com fraca insolação) e *Campanulo-Festucetum* (nos sectores superiores, já no contato com o planalto) e *Potentillo-Callunetum* onde o solo é mais húmido e desenvolvido.

i) Cristas e Portelas – sectores acima de 1800 m de altitude, marcados por ventos fortes, temperaturas muito baixas, em especial no semestre frio e forte insolação. Tratam-se de condições ambientais extremas, que no Inverno são frias e húmidas (embora bem drenadas) e no Verão são quentes e secas (sem alimentação de água de escorrência). Dominam os matos de zimbro de porte em almofada, correspondendo a comunidades de *Lycopodio-Juniperetum cytisetosum* (em especial no Cântaro Gordo), *Lycopodio-Juniperetum saxifragetosum* (menos insolação – vertente norte do Cântaro Gordo) e *Teucrio-Echinospartetum*, nas diaclases, mesmo em sectores muito declivosos (portela do Cântaro Magro). Em alguns sectores onde exista mais material desagregado, surgem mosaicos de *Lycopodio-Juniperetum*, *Sileno-Luzuletum* e *Jasiono-Minuartietum*.

j) Glacis arenoso – Corresponde a uma área muito restrita na base do talude de detritos da vertente sul do Cântaro Gordo, resultado da lavagem da fração fina do talude, que se acumula no contato com a bacia colmatada. É um setor mais seco que o fundo da bacia mas que, fora da estação seca, apresenta humidade devido ao escoamento desde o talude. É constituído por material arenosiltoso, em contraste com o sedimento muito mais rico em matéria orgânica do fundo do Covão Cimeiro, o que favorece o desenvolvimento de um prado de vegetação de *Agrostis castellana*, *Trisetum-Agrostion* e *Campanion-Nardion*. A presença de terófitas características de *Trisetum-Agrostion* deverá estar associada à colonização nos locais onde a lavagem e o remeximento do solo consequente são mais intensos, enquanto os sectores com comunidades vivazes de *Campanion-Nardion* são mais estáveis.

k) Superfícies arrelvadas – São áreas relativamente estáveis, por se localizarem em posições topográficas côncavas e com uma cobertura contínua de herbáceas. As comunidades dominantes constituem mosaicos de *Campanulo-Festucetum* e *Galio-Nardetum*, e de *Lycopodio-Juniperetum typicum* e *Campanulo-Festucetum*. Nos casos de degradação da cobertura vegetal, podem ocorrer manchas com vegetação com *Agrostis truncatula s.l.*, similares à situação do tipo b.

l) Taludes detríticos – São locais de declive moderado a acentuado, com muito material não coerente (a espessura pode ser de vários metros), favoráveis ao desenvolvimento de vegetação, em particular, de formações arbustivas. A

comunidade dominante nos sectores soalheiros é BC *Cytisus oromediterraneus*–[*Cytisium oromediterraneus*] (resultado de um incêndio), seguindo-se *Lycopodio-Juniperetum cytisetosum*. Outros tipos de vegetação não cartografável, que surgem nos taludes detríticos, são: BC *Trisetaria hispida*–[*Linario saxatilis-Senecionion carpetani*] e *Arrhenatherum carpetanum*–[*Linario saxatilis-Senecionion carpetani*], ambas em condições pós-fogo; *Violetum langeanae*; e, em alguns locais com fornecimento temporário de água, *Holco-Bryetum*. Na base dos taludes, a ocorrência de *Halimium lasianthum subsp. alyssoides* marca a transição para *Junipero-Ericetum cytisetosum*. Nos sectores umbrios, surgem *Lycopodio-Juniperetum saxifragetosum*, *Campanulo-Festucetum*, *Sileno-Luzuletum*, *Festuca sp.*+ *Silene elegans* veg., *Festuca sp.* + *Plantago sp.* veg. Os fatores que controlam estas associações parecem fortemente associados à insolação. Os principais processos geomorfológicos são de origem hídrica, especialmente o escoamento superficial, que contribui para a lavagem do material fino (e nutrientes) da superfície do talude.

m) Vertentes de rocha nua – têm declive inferior a 30°, com limitada contribuição dos desabamentos para a sua evolução, pelo que o material desagregado é mobilizado pelo escoamento e vento. A vegetação é escassa, embora possam surgir setores com acumulações de detritos que permitem o desenvolvimento de *Lycopodio-Juniperetum saxifragetosum* e *Lycopodio-Juniperetum cytisetosum* e, nos sectores mais elevados, de *Lycopodio-Juniperetum* e *Jasiono-Minuartietum*. Ocupando machas de pequena dimensão, surgem principalmente *Saxifrago-Murbeckiellum herminii*, *Campanulo-Festucetum leontodontetosum cantabricsi*, *Sileno-Luzuletum* e *Sedetum brevifolio-pyrenaici*.

n) Vertentes escarpadas – apresentam vegetação em pequenos patamares e ao longo de diaclases. As comunidades vegetais representadas na figura 4 são especialmente pouco significativas e ocupam pequenos nichos ecológicos, correspondendo a *Saxifrago-Murbeckiellum herminii*, *Campanulo-Festucetum leontodontetosum cantabricsi*, *Sileno-Luzuletum*, *Sedetum brevifolio-pyrenaici*, *Stellario-Saxifragetum*.

2. As unidades climáticas e a vegetação

Com o objetivo de analisar o controlo dos fatores ligados ao clima sobre a distribuição das comunidades vegetais, e também com o objetivo de inferir o potencial destas para fornecer indicações climáticas, procedeu-se à análise espacial de diversas variáveis na área de pormenor do Covão Cimeiro. Usaram-se as comunidades de vegetação (fig. 5) como variáveis dependentes e, como variáveis independentes associadas ao clima, a insolação potencial nos solstícios de Verão e Inverno, a altitude e a exposição (fig. 7). Estas variáveis permitem obter uma boa discriminação no que se refere aos fatores gerais que condicionam a distribuição das comunidades de vegetação (quadro II).

Para classificar as comunidades de vegetação com base no modo como são influenciadas pelo clima, foi efetuada uma classificação hierárquica ascendente usando o método de Ward e a distância euclidiana. Usaram-se a insolação potencial em Dezembro e Junho, como variáveis representativas das condições de secura e de temperatura; e a altitude, pela influência na temperatura, mas também, para as altitudes mais elevadas, pela exposição ao vento e

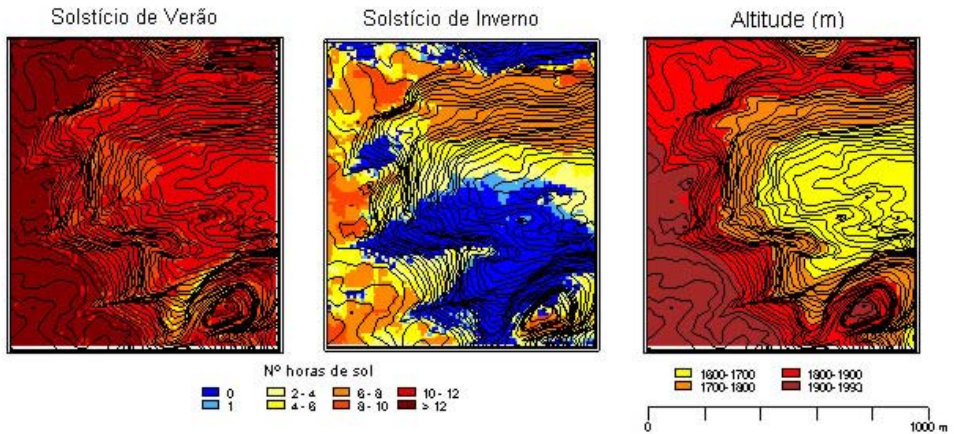


Fig. 7 - Distribuição espacial no Covão Cimeiro das variáveis usadas para a análise da relação entre o clima e as comunidades de vegetação.

Fig. 7 - Spatial distribution of variables used to analyze the relation between climate and vegetation communities in Covão Cimeiro.

Quadro II – Comunidades vegetais do Covão Cimeiro e condições climáticas.

Table II - Vegetation communities and climatic conditions in Covão Cimeiro.

| | Exposição | Altitude (m) | Insolação no Solstício de Dezembro (horas) | Insolação no Solstício de Junho (horas) |
|---|------------------|--------------|--|---|
| BC <i>Cytision oromediterraneus</i> (var. <i>E. arborea</i>) | S e SE | 1700-1800 | 6-8 | 10-12 |
| BC- <i>Cytision oromediterraneus</i> | S e SE | <1800 | 6-8 | >8 |
| <i>Juncus squarrosus</i> - <i>Sphagnum bog</i> , <i>Carex iberica bog</i> | - | >1900 | 4-6 | >12 |
| <i>Campanulo-Festucetum</i> | NW e NE | Todas | <8 | >10, mas todas |
| <i>Campanulo-Festucetum</i> + <i>Galio-Nardetum</i> | N e NE | >1800 | >4 | >12 |
| Complexo de turfeiras | | | 2-6 | 10-12 |
| <i>Festuca</i> + <i>Agrostis</i> + <i>Jasiono-Minuartietum</i> | N e NE | >1900 | >2 | >12 |
| <i>Festuca sp.</i> + <i>Plantago alpina</i> veg. | NE e E | >1900 | 4-8 | >12 |
| <i>Festuca sp.</i> + <i>Silene elegans</i> veg. | N e NE | >1800 | <8 | >10 |
| <i>Agrostis castellana</i> + <i>Trisetum-Agrostion</i> + <i>Campanion-Nardion</i> | S e SW | 1600-1700 | 4-6 | 8-12 |
| <i>Galio-Nardetum</i> | S | 1800-1900 | >6 | >10 |
| <i>Genista cinerea</i> veg. | S e SE | 1600-1700 | 2-6 | 8-12 |
| <i>Genista florida</i> veg. | S e SW | 1700-1900 | 6-8 | 10-12 |
| <i>Jasiono-Minuartietum</i> | SE, E e outras | >1900 | >4 | >10 |
| <i>Leontodonto-Dryopteridetum</i> | NW a E | 1700-1900 | 0 | 6-12 |
| <i>Lycopodio-Juniperetum cyttetosum</i> | S a E | 1600-1900 | Todas | 8-12 |
| <i>Lycopodio-Juniperetum junctetosum</i> | E e SE | 1600-1700 | 2-4 | 10-12 |
| <i>Lycopodio-Juniperetum saxifragetosum</i> | NW a NE | 1600-1900 | 0 | >6 |
| <i>Lycopodio-Juniperetum typicum</i> | NE a NW e outras | >1800 | >2 | >12 |
| <i>Lycopodio-Juniperetum</i> + <i>Jasiono-Minuartietum</i> | Variável | 1800-1900 | >4 | >10 |
| <i>Galio-Nardetum</i> + <i>Agrostis castellana</i> veg. | E | 1600-1700 | 0-1 | 10-12 |
| <i>Potentillo-Callunetum</i> | E a S | Variável | <8 | 10-12 |
| <i>Saxifraga stellaris</i> veg. + <i>Potentillo-Callunetum</i> | N | 1700-1800 | 0 | 6-12 |
| <i>Sileno-Luculetum</i> | N a NW | 1700-1900 | 0 | >8 |
| <i>Teucrio-Echinospartetum</i> | S a E | 1700-1900 | 2-8 | 8-12 |
| <i>Trisetum-Agrostion</i> | S | 1600-1700 | 4-8 | 10-12 |

consequentemente a secura. Optou-se por não usar a exposição, pois a insolação potencial representa melhor as condições ligadas a efeitos locais de sombra. Procedeu-se a um corte no dendrograma a uma distância de ligação de 300, o que individualizou 4 grupos de comunidades (fig. 8).

A cartografia dos agrupamentos ilustra a existência de uma relação entre a distribuição espacial das comunidades e os fatores considerados, em particular no que se refere ao efeito da insolação (fig. 9). A análise do mapa permite atribuir designações com significado fitogeográfico às 4 classes obtidas:

a) Comunidades de planalto – Desenvolvem-se em áreas de declive suave, acima de 1900m, recebendo elevada insolação e sofrendo forte exposição ao vento. Apresentam formações de porte herbáceo ou arbustivo baixo, como resposta às condições ambientais extremas. Incluem-se os tipos 12, 13, 14, 11, 27, correspondendo respetivamente a *Lycopodio-Juniperetum typicum*, *Jasiono-Minuartietum*, *Campanulo-Festucetum* + *Galio-Nardetum*, *Festuca sp.* + *Agrostis truncatula s.l.* + *Jasiono-Minuartietum*, *Festuca sp.* + Veg. *Plantago sp.*

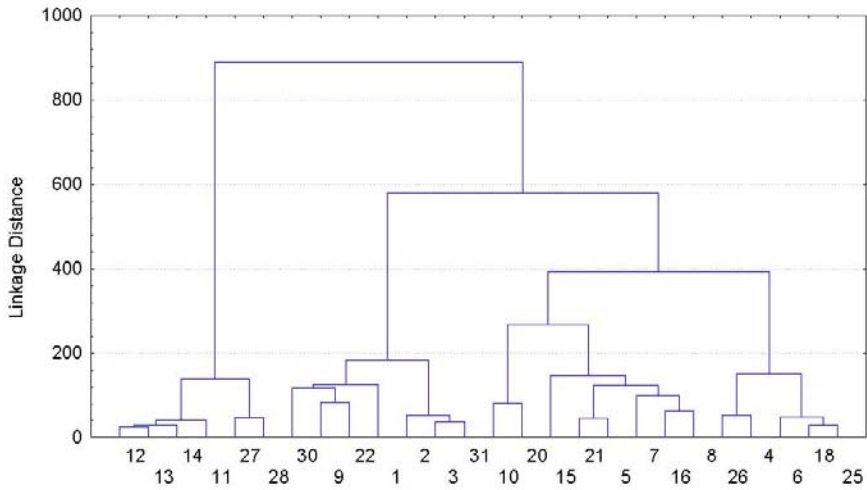


Fig. 8 - Dendrograma resultante da análise das variáveis climáticas e comunidades de vegetação. 1 - *Agrostis castellana* + *Trisetum-Agrostion truncatulae* + *Campanulo-Nardion*; 2 - *Lycopodium-Juniperetum juncetosum*; 3 - *Genista cinerea* veg.; 4 - *Lycopodium-Juniperetum cytisetosum*; 5 - *Leontodonto-Dryopteridetum*; 6 - *BC Cytisus oromediterraneus*-[*Cytisus oromediterraneus* (var. *typicum*)]; 7 - *Lycopodium-Juniperetum saxifragetosum*; 8 - *Campanulo-Festucetum*; 9 - *Potentillo-Callunetum*; 10 - *Lycopodium-Juniperetum* + *Jasiono-Minuartietum*; 11 - *Campanulo-Festucetum* + *Galio-Nardetum*; 12 - *Lycopodium-Juniperetum typicum*; 13 - *Jasiono-Minuartietum*; 14 - *Festuca* sp. (sect. *Festuca*) + *Agrostis* (*truncatula* s.l.) + *Jasiono-Minuartietum*; 15 - *Saxifraga stellaris* veg. + *Potentillo-Callunetum*; 16 - *Festuca* sp. (sect. *Festuca*) + *Silene elegans* veg.; 18 - *Genista florida* veg.; 20 - *Galio-Nardetum*; 21 - *Sileno-Luzuletum*; 22 - *Galio-Nardetum* + *Agrostis castellana* veg.; 25 - *BC Cytisus oromediterraneus*-[*Cytisus oromediterraneus* (var. *E. arborea*)]; 26 - *Teucrio-Echinospartetum*; 27 - *Festuca* sp. (sect. *Festuca*) + *Plantago alpina* veg.; 28 - *Juncus squarrosus-Sphagnum* bog, *Carex iberica* bog; 30 - *Trisetum-Agrostion truncatulae*; 31 - Complexo de turfeiras.

Fig 8 - Dendrogram of the analysis of climatic variables and vegetation communities.

b) Comunidades de vertente sombria – restringem-se às vertentes mais sombrias, variando a sua exposição entre oeste e nordeste. A distribuição destas comunidades em áreas de sombra, deve relacionar-se com uma maior disponibilidade hídrica ao nível do solo, bem como com o manto nival Este grupo

inclui os tipos 10, 20, 15, 21, 5, 7 e 16: *Lycopodio-Juniperetum* + *Jasiono-Minuartietum*, *Galio-Nardetum*, *Saxifraga stellaris* + *Potentillo-Callunetum*, *Sileno-Luzuletum*, *Leontodonto-Dryopteridetum*, *Lycopodio-Juniperetum saxifragetosum*, *Festuca sp.* + Veg. *Silene elegans*. Destes, os tipos 15, 21, 5 e 7, não recebem insolação no solstício de Inverno o que se traduz numa cobertura de neve mais prolongada, em particular quando as condições de vento são favoráveis.

c) Comunidades de vertente soalheira – São comunidades de vegetação que ocorrem em áreas com elevada insolação, em posição mais abrigada do vento que os planaltos, e com temperaturas máximas mais elevadas. Além desta classe englobar comunidades de vegetação semi-natural, incorpora dois tipos de comunidades basais, que representam uma situação de recuperação pós-incêndio. Estão incluídas as comunidades de tipo 25, 18, 6, 4 e 26: BC *Cytisus oromediterraneus*-[*Cytisium oromediterranei* (var. *E. arborea*)], *Genista florida* veg, BC *Cytisus oromediterraneus*-[*Cytisium oromediterranei* (var. *typicum*)], *Lycopodio-Juniperetum cytisetosum*, *Teucrio-Echinopartum*.

d) Outras comunidades – Este grupo representa comunidades cuja distribuição espacial não pode ser explicada diretamente pelas variáveis analisadas, dependendo de outros fatores condicionantes (por ex.: condições edáficas, hídricas, etc.). Incluem-se neste grupo diversas comunidades, destacando-se *Trisetum-Agrostion truncatulae*, *Potentillo-Callunetum*, *Galio-Nardetum* + Veg. *Agrostis castellana*, Veg. *Agrostis castellana* + *Trisetum-Agrostion truncatulae* + *Campanulo-Nardion*, *Lycopodio-Juniperetum juncetosum*, Veg. *Genista cinérea*, *Campanulo-Festucetum*, o complexo de turfeiras de *Juncus squarrosus-Sphagnum* e *Carex ibérica*, bem como o complexo de turfeiras *Junco-Sphagnetum* e *Caricetum carpetanae*, associado a duas comunidades de cervunal (*Galio-Nardetum* e *Campanulo-Festucetum*) e a uma comunidade anfíbia lacustre (*Fontinali-Ranunculetum*).

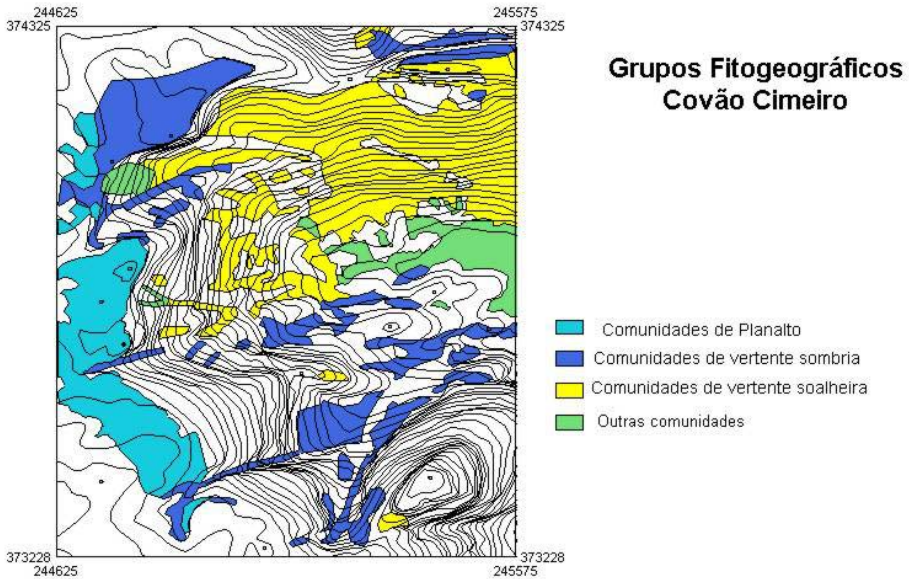


Fig. 9 - Agrupamentos de comunidades de vegetação obtidos com base na classificação hierárquica ascendente das variáveis climáticas.

Fig. 9 - Grouping of vegetation communities obtained on the ascending hierarchical classification of climate variables.

3. As unidades de paisagem do Covão Cimeiro

Com base nos contributos da geomorfologia, da climatologia e da análise da vegetação, as unidades de paisagem do Covão Cimeiro foram classificadas em 12 tipos, de modo a incorporar a estrutura e a dinâmica da paisagem, e organizadas iniciando-se no planalto, passando pelas vertentes, até ao fundo do circo (ver também quadro I).

a) Superfícies rochosas dos planaltos – São superfícies aplanadas, sem solo, onde ocorrem processos como a microgelifração, humedificação-dessecação, lavagem pluvio-nival, rainsplash-saltação, deflação e a corrasão nivo-eólica. A vegetação característica é a associação *Jasiono-Minuartietum*. Surgem ainda manchas não cartografáveis de *Sedetum brevifolio-pyrenaiici* e vegetação com

Agrostis truncatula s.l. O clima é marcado por insolação forte, exposição ao vento regional (forte e frequente), temperaturas máximas moderadas, temperaturas mínimas baixas e formação frequente de sincelos.

b) Superfícies arenosas dos planaltos – Dominam as acumulações de areias graníticas, ocorrendo processos como o rainsplash-saltação, lavagem pluvio-nival, deflaccão e a crio-expulsão. A vegetação é dominada por *Lycopodium-Juniperetum typicum*, *Jasione-Minuartietum* + *Galio-Nardetum*, *Festuca sp.* (sect. *Festuca*) + *Agrostis truncatula s.l.* + *Jasiono-Minuartietum*. A insolação é forte, e as superfícies têm frequente exposição ao vento regional, temperaturas máximas moderadas, temperaturas mínimas baixas e formação frequente de sincelos.

c) Superfícies arrelvadas dos planaltos – Presentes em setores com maior acumulação detrítica, geralmente côncavos, desenvolvendo-se processos morfo-genéticos como a lavagem pluvio-nival, acumulação de sedimentos hídricos e eólicos e a solifluxão. A vegetação típica é *Campanulo-Festucetum* + *Galio-Nardetum*, *Campanulo-Festucetum* e *Lycopodio-Juniperetum typicum*, vegetação com *Agrostis truncatula s.l.*, surgindo ainda *Juncetum nanae* (não cartografável). A insolação é forte, há exposição moderada ao vento regional (moderado e frequente), temperaturas máximas moderadas e temperaturas mínimas baixas. A neve pode permanecer no solo durante várias semanas.

d) Cristas e picos – Dominam processos como a microgelifracção, humidificação-dessecação, lavagem pluvio-nival, rainsplash-saltação e a deflaccão. As formações são dominadas por *Lycopodio-Juniperetum cytisetosum*. Ao nível das manchas não cartografáveis, surge *Lycopodio-Juniperetum saxifragetosum*, *Teucrio-Echinospartetum*, *Sileno-Luzuletum*, *Jasiono-Minuartietum*. São unidades de paisagem com forte insolação, exposição ao vento regional (muito forte e frequente), temperaturas máximas moderadas, temperaturas mínimas baixas e formação frequente de sincelos.

e) Vertentes rochosas umbrias – Vertentes do circo expostas a norte. Dominam a microgelifracção, desabamentos e a lavagem pluvio-nival. A comunidade mais comum é *Saxifrago-Murbeckiellium herminii*, mas não é cartografável. O mesmo sucede com *Sedetum brevifolio-pyrenaici*, *Campanulo-Festucetum leontodontetosum cantabricsi*, *Stellario-Saxifragetum*. A insolação é

fraca e há exposição aos ventos de NW a NE. As temperaturas mínimas e máximas são baixas, com possibilidade de formação de cascatas de gelo e de se desenvolver solo gelado sazonal.

f) Vertentes rochosas soalheiras – Dominam processos como a humificação-dessecação, microtermoclastia, desabamentos e a lavagem pluvio-nival. A associação típica é a *Teucrio-Echinopartetum* e vegetação com *Dianthus lusitanicus* (não cartografável). Setores com fornecimento de água sazonal podem dar origem a *Holco-Bryetum* (não cartografável). A insolação é muito forte, e há exposição aos ventos de SW a SE. As temperaturas máximas são muito altas e as temperaturas mínimas são baixas.

g) Taludes detríticos umbrios – A disponibilidade de sedimentos permite o desenvolvimento de processos como a solifluxão, lavagem pluvio-nival, ocorrendo ainda o transporte e acumulação de detritos provenientes das vertentes rochosas. As principais comunidades são *Lycopodio-Juniperetum saxifragetosum*, *Sileno-Luzuletum*, *Campanulo-Festucetum leontodontetosum cantabricsi*, Veg. *Festuca sp.* + *Silene elegans*, Veg. *Festuca sp.* + *Plantago sp.* São caracterizados pela insolação fraca, exposição aos ventos de NW a NE, temperaturas mínimas e máximas baixas, manutenção da neve no Inverno, com possibilidade de formação de cascatas de gelo.

h) Taludes detríticos soalheiros – Dominam processos de lavagem pluvio-nival, pisoteio associado a passagem de gado, acumulando-se também detritos das vertentes rochosas a montante. A vegetação é dominada por *Lycopodio-Juniperetum cytisetosum* e BC *Cytisus oromediterraneus*-[*Cytisium oromediterranei*] (pós-fogo). A insolação é muito forte e são áreas expostas aos ventos de SW a SE. As temperaturas máximas são muito altas e as temperaturas mínimas baixas. Ao nível das manchas não cartografáveis, ocorre vegetação *Trisetaria hispida* e *Arrhenatherum carpetanum*, ambas pós-fogo, *Violetum langeanae* e *Holco-Bryetum*.

i) Acumulações de blocos – Dominam processos de lavagem pluvio-nival, microgelifracção, microtermoclastia, humificação-dessecação. As comunidades mais frequentes são *Lycopodio-Juniperetum saxifragetosum*, *Lycopodio-Juniperetum cytisetosum*, Veg. *Genista florida* e BC *Cytisus oromediterraneus*-[*Cytisium oromediterranei*]. As condições térmicas dependem

da insolação do local. Ao nível das pequenas manchas de vegetação, surge *Sileno-Luzuletum*, *Saxifrago-Murbeckiellum*, *Sedetum brevifolio-pyrenaiici*, *Cryptogrammo-Dryopteridetum oreadis*.

j) Canais – Dominam processos de lavagem pluvio-nival, bem como o transporte e acumulação de detritos provenientes das vertentes rochosas e planaltos a montante. As comunidades dominantes são *Lycopodio-Juniperetum saxifragetosum* (setores umbrios), *Lycopodio-Juniperetum cytisetosum* (setores soalheiros), *Potentillo-Callunetum* e *Campanulo-Festucetum*. A insolação é variável, mas são setores preferenciais para a canalização dos ventos do planalto, brisas de vale e montanha. A temperatura vai depender da exposição solar do barranco, podendo haver em alguns locais condições para a manutenção prolongada da neve no solo.

k) Corredores - Dominam os processos de lavagem pluvio-nival, solifluxão, movimentos de vertente esporádicos e o transporte e acumulação de sedimentos das vertentes rochosas e planaltos a montante. As comunidades mais frequentes são *Leontodonto-Dryopteridetum*, *Lycopodio-Juniperetum saxifragetosum*, *Lycopodio-Juniperetum cytisetosum*, *Potentillo-Callunetum* e *Campanulo-Festucetum*. A insolação é geralmente fraca, com exposição mais frequente aos ventos de NW a NE. São unidades favoráveis à canalização dos ventos do planalto, brisas de vale e montanha. As temperaturas mínimas e máximas são baixas e há a possibilidade de formação de cascatas de gelo.

l) Convexidades rochosas – Domina a microgelificação, humificação-dessecação, lavagem pluvio-nival, *rainsplash*-saltação e a deflação. A vegetação não é cartografável à escala a que foi desenvolvido este estudo, mas caracteriza-se por pequenas manchas de estádios pioneiros de diferentes espécies, dependendo da exposição e da ocorrência de diaclases. As condições térmicas vão depender essencialmente da exposição solar.

m) Bacias colmatadas – Dominam processos de lavagem pluvio-nival, essencialmente ao longo de canais, com acumulação de sedimentos hídricos e eólicos. A vegetação é dominada pelo complexo de *Junco-Sphagnetum*, *Caricetum carpetanae* e *Fontinali-Ranunculetum*, *Potentillo-Callunetum*, *Galio-Nardetum*, *Campanulo-Festucetum*. A insolação é variável, mas são áreas

relativamente abrigadas do vento, com temperaturas mínimas muito baixas e máximas elevadas.

Como referido, a escala de análise não permitiu mapear as manchas de vegetação de menor dimensão, em particular formações pontuais ou com padrões de ocupação lineares e estreitos. Incluem-se os seguintes *syntaxa*: *Saxifraga spathularis*-*Murbeckielletum herminii*, *Sedetum brevifolio-pyrenaici*, *Holco-Bryetum*, *Juncetum nanae*, *Stellario-Saxifragetum*, *Myosotidetum stoloniferae*, *Dianthus lusitanicus vegetation*, Vegetação pós-fogo *Trisetaria hispida* e *Arrhenatherum carpetanum*, *Cryptogrammo-Dryopteridetum oreadis*, vegetação de *Pteridium aquilinum*, BC *Halimium lasianthum subsp. alyssoides* -[*Ericion umbellatae*] e *Junipero-Ericetum cytisetosum purgantis*. Todos estes *syntaxa* podem ser considerados associações que noutras condições ocupariam extensões amplas, mais dominadas pelo clima regional, do que pelos climas locais, microclimas e pelas condições geomorfológicas, hidrológicas, edáficas e de uso do solo locais.

Em contraste com as anteriores, as comunidades de vegetação especializadas dependem geralmente de fatores condicionantes de carácter local, traduzindo as interações no interface entre a escala local e o clima regional, tanto no que respeita às condições ombro-, como termoclimáticas. De acordo com Mesquita e Sousa (2009), que usaram o modelo macroclimático 'Worldwide Bioclimatic Classification System' (Rivas-Martínez, 2005, 2007), baseando-se em dados climáticos de 1961-1990, a área do Covão Cimeiro integra-se no termotipo orotemperado inferior e no ombrotipo ultrahiperhumido. Meireles *et al.* (2012) indicam que as séries climatófilas para este bioclima são a *Lycopodio clavati-Junipereto nani* sigmetum. Neste trabalho, se assumirmos que a *Festuca sp.* (sect. *Festuca*) corresponde ao *Arenario querioidis-Festucetum lusitanicae* e a *Agrostis truncatula s.l.*, se refere à comunidade *Agrostis truncatula subsp. commista* (Meireles 2010), podemos confirmar a presença de todos os *syntaxa* caraterísticos deste sigmetum no Covão Cimeiro. Isto, porque obviamente, é o mesmo tipo de vegetação anteriormente descrita por Braun-Blanquet *et al.* (1952) como *Arenario-Cerastietum* variante com *Agrostis truncatula* (ver Jansen, 1997, p. 14: *Agrostis truncatula vegetation*).

Teoricamente, as áreas mais baixas do Covão Cimeiro pertencem ao termotipo supratemperado superior ao ombrotipo ultrahiperhumido. A série climatófila correspondente seria a *Saxifraga spathularis-Betuleto celtibericae* sigmetum (Meireles *et al.*, 2012). Na verdade, alguns elementos encontrados apontam nessa direcção, como os casos da vegetação de *Genista florida* (incluindo alguns indivíduos jovens de *Betula sp.*), *Genista cinerea*, bem como BC *Halimium lasianthum subsp. alyssoides*-[*Ericion umbellatae*], *Junipero-Ericetum cytisetosum purgantis*.

Merece especial realce a associação *Sileno-Luzuletum* de grande especialização, onde espécies como a *Luzula caespitosa* e a *Teesdaliopsis conferta* encontram o seu ótimo ecológico. Estas espécies endémicas têm a sua distribuição no noroeste peninsular, tanto em territórios Eurosiberianos, como Mediterrâneos (Pulgar e Izo, 2007). A sua distribuição é geralmente associada ao andar crio-oromediterrâneo, ao passo que *Pilosella vahli*, que também encontra o seu ótimo na *Sileno-Luzuletum*, está associada aos andares oro- e crio-oromediterrâneos (Gavilán *et al.* 2002). Na *Sileno-Luzuletum*, foram recentemente identificadas novas espécies para Portugal de líquenes encrustantes (*Caloplaca nivalis* e *Caloplaca tirolensis*), particularmente interessantes porque têm áreas de distribuição ártico-alpinas (Boom e Jansen, 2002). Este facto suporta a hipótese de a *Sileno-Luzuletum* se tratar de uma associação reliquial de episódios frios da última glaciação. O estudo da vegetação especializada e dos seus padrões de distribuição poderá no futuro ajudar a compreender melhor os fatores climáticos e geomorfológicos que a condicionam, ajudando-a a desenvolver-se em pequenas ilhas crio-oro-climáticas dentro da zona macroclimática orosubmediterranea.

Tanto o modelo macroclimático, como as séries de vegetação correspondentes têm importante valor preditivo, especialmente em escalas regionais (e.g. Capelo *et al.*, 2007). O valor dedutivo destes modelos surge de modo mais claro no planalto (Fig. 8 e 9). Porém, quando fatores locais como a geomorfologia, a topografia, os climas locais e o uso do solo (por ex.: fogo) se tornam dominantes, outros padrões, muitas vezes ligados a tipos especiais de vegetação, podem aparecer. Este é um tipo de informação que pode ser usado para desenvolver modelos de séries edáficas ou de geoséries.

O presente trabalho, surge como uma tentativa de produzir um mapeamento de escala detalhada usando informação multidisciplinar de campo, na interseção de disciplinas como a geomorfologia, climatologia e ecologia da vegetação. Os mapas produzidos refletem as unidades espaciais mapeáveis à escala 1:10 000, tornando evidentes as dificuldades em mapear alguns tipos de vegetação mais especializada, que ocupam áreas muito reduzidas. Contudo, a inclusão do Quadro 3 permite apresentar de forma qualitativa a distribuição da vegetação especializada em cada uma das unidades de paisagem identificadas.

V. CONCLUSÃO

O circo glaciário do Covão Cimeiro é uma forma com apenas cerca de 1020 m de comprimento por 1040 m de largura, que talha o Planalto Superior da serra da Estrela. Apesar da sua pequena dimensão, as suas características morfológicas, com vertentes abruptas e forma em anfiteatro quase fechado, com um comando das vertentes próximo de 300 metros, deram origem a um mosaico complexo de unidades topoclimáticas e de comunidades vegetais. Estas refletem o efeito das unidades geomorfológicas e dos topo e microclimas do circo glaciário, às quais se associa o efeito antrópico ligado ao pastoreio e ao fogo.

A vegetação é especializada em meios circunscritos e que muitas vezes são contrastados, dando origem a uma diversidade espacial muito grande. São casos disso, a vegetação das fendas no substrato rochoso, a de cascalheiras ou a de turfeira. A topografia tem uma influência determinante, através das variações de declive, da orientação das superfícies e da exposição ao vento.

O resultado ilustra a complexa segmentação da paisagem dos andares orosubmediterrâneo e submediterrâneo supratemperado segundo o *Worldwide Bioclimatic Classification System* (Rivas-Martínez, 2007). É de notar que a *Sileno-Luzuletum* revela já elementos de origem criorosubmediterrânea.

O estudo feito a partir de um detalhado levantamento de campo, de uma análise em ambiente SIG, foi concluído com uma interpretação de base empírica, depois de se analisarem os modos como geomorfologia e clima, condicionam as comunidades vegetais. Seguindo uma abordagem naturalista, foram identificadas

13 unidades de paisagem com base nas unidades geomorfológicas e nos processos geomorfológicos atuais (como a microgelifracção, dessecação-humidificação, lavagem pluvio-nival, *rainsplash*-saltação, deflaccção, corrasão nivo-eólica, entre outros), microclimas (insolação, exposição ao vento regional, deformação do fluxo do vento temperatura do ar e da rocha, ventos de origem térmica, sincelos, neve, etc), e comunidades vegetais, associadas ao sistema de classificação de habitats N2000. Identificaram-se assim as seguintes unidades: superfícies rochosas dos planaltos, superfícies arenosas dos planaltos, superfícies arrelvadas dos planaltos, cristas e picos, vertentes rochosas umbrias, vertentes rochosas soalheiras, taludes detríticos úmbrios, taludes detríticos soalheiros, acumulações de blocos, barrancos, corredores, convexidades rochosas e bacias colmatadas.

Os resultados obtidos refletem a geodiversidade e a biodiversidade das áreas altas da serra da Estrela e contribuem para melhor compreender o modo como os mosaicos da paisagem montana interagem e refletem as condições do ambiente. Com o conhecimento obtido no circo do Covão Cimeiro conjugados com informação geológica e topográfica analisados em ambiente SIG, é possível avaliar, *a priori*, as condições para as comunidades vegetais noutros circos da Estrela e caminhar para a implementação de modelos de distribuição de vegetação potencial a uma escala de grande detalhe. A facilidade de acesso a outros circos glaciários na serra da Estrela, com exposições e características morfológicas variadas, permite testar a aplicabilidade a outros setores, das inter-relações encontradas no presente trabalho.

Agradecimentos

Este trabalho foi elaborado no âmbito dos projetos Estrela (PRAXIS/C/CTE/11153/1998) e Estrela II (POCTI/CTA/11153/1998) financiados pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia. Agradecemos o apoio logístico do Parque Natural da Serra da Estrela e da Associação Cultural Amigos da Serra da Estrela. Agradecemos a José Maria Saraiva, Angelina Barbosa e Maria da Paz Moura, pelo inestimável apoio às atividades de campo desenvolvidas na serra da Estrela. Agradecemos ainda a Henrique Andrade e Maria Manuel Gouveia pela ajuda no trabalho de campo. O projeto Estrela contou com a coordenação e colaboração do Professor António de Brum Ferreira, que também participou nos trabalhos de campo. Agradecemos o seu empenho e apoio em todo o projeto e na discussão dos resultados aqui apresentados.

Bibliografia

- ALFA (2004) Tipos de Habitats Naturais e Semi-Naturais do Anexo I da Directiva 92/43/EEC (Portugal continental): Fichas de caracterização de Ecológica e de Gestão para o Plano Sectorial da Rede Natura 2000. Lisboa: ALFA-ISA-ICN http://www.icn.pt/psrn2000/caract_habitat.htm
- Andrade E, Mora C, Neves M, Vieira G (1992) Desportos de Inverno na Serra da Estrela. Contribuição para o estudo da sua viabilidade. *Revista Portuguesa de Geografia*, XXVII (53/54):187-193.
- Braun-Blanquet J, Pinto da Silva AR, Rozeira A e Fontes F (1952) Résultats de deux excursions géobotaniques à travers le Portugal septentrional et moyen. I. Une incursion dans la Serra da Estrela. *Agronomia Lusitana* 14 (4): 305-323.
- Boom PPG van den e Jansen J (2002) Lichens in the upper belt of the Serra da Estrela. Portugal, *Österr Z Pilzk* 11: 1-28.
- Capelo J, Mesquita S, Costa JC, Ribeiro S, Arsénio P, Neto C, Monteiro-Henriques T, Aguiar C, Honrado J, Espírito-Santo D and Lousã M (2007) A methodological approach to potential vegetation modeling using GIS techniques and phytosociological expert-knowledge: application to mainland Portugal. *Phytocoenologia* 37 (3-4): 399-415.
- Daveau S (1971) La glaciation de la Serra da Estrela. *Finisterra – Revista Portuguesa de Geografia* VI (11): 5-40.
- Evans S I, Cox J N (1995) The form of glacial cirques in the English Lake District, Cumbria. *Zeitschrift für Geomorphologie* 39 (2): 175-202.
- Ferreira, N. e Vieira, G. (1999) *Guia geológico e geomorfológico do Parque Natural da Serra da Estrela*. ICN e IGM, Lisboa, 112p. + 2 mapas em anexo.
- Ferreira AB, Alcoforado MJ, Vieira G, Mora C, Jansen J (2002) Metodologias de análise e de classificação das paisagens. O exemplo do projecto Estrela. *Finisterra – Revista Portuguesa de Geografia* XXXVI (72): 157-178.
- Forman R T T, Godron M (1986) *Landscape Ecology*. J.Wiley, N Iorque, 619 p.
- Franco JA e Rocha Afonso ML (1998) *Nova Flora de Portugal III(1/2).Gramineae*. Tradução livre e adaptação de Flora Europaea com

- especial autorização da sua Comissão Editorial e da Cambridge University Press Lisboa: Escolar Editora.
- Gavilán R, Sánchez-Mata D, Rubio A, Escudero A (2002) Spatial structure and interspecific interactions in Mediterranean high mountain vegetation (Sistema Central, Spain). *Israel Journal of Plant Sciences* 50(3): 217-228.
- Hugget R J (1995) *Geoecology. An evolutionary approach*. Routledge, London, 320 p.
- Jansen J (1997) *A survey of habitats and species occurring in the Parque Natural da Serra da Estrela. Final report for the Natura 2000 project*. Museu e Jardim Botânico, Universidade de Lisboa, Lisboa, 136 pp.
- Jansen J (2000) A preliminary survey of the vegetation of the Serra da Estrela, IIIº Encontro de Fitossociologia, Escola Superior Agrária de Castelo Branco, 17-20 de Julho de 2000, Livro de Resumos: 32 p.
- Jansen J (2002) *Guia Geobotânico da Serra da Estrela*. ICN – Parque Natural da Serra da Estrela. Manteigas, 276 p.
- Jansen J (2011) *Managing Natura 2000 in a changing world. The example of the Serra da Estrela (Portugal)*. PhD thesis, Radboud University Nijmegen.
- Ladero M., Rivas-Martínez S, Amor A, Santos MT e Alonso MT (1999) New hybrid of genus *Silene* (*Caryophyllaceae*) in the Serra da Estrela, Portugal. *Bot J Linn Soc* 130: 69-80.
- Meireles C (2010). *Flora e vegetação da Serra da Estrela. Aproximação fitossociológica da vertente meridional*. PhD thesis. Jaén: University of Jaén.
- Meireles C, Pinto-Gomes C, Cano E (2012) Approach to climatophilous vegetation series of Serra da Estrela (Portugal). *Acta Botanica Gallica: Botany Letters*, 159, (3): 283–287
- Mesquita, S. e Sousa, A. J. (2009), *Bioclimatic mapping using geostatistical approaches: application to mainland Portugal*. *International Journal of Climatology*, 29: 2156-2170.
- Mora C, Vieira G, Alcoforado MJ (2001) Daily minimum air temperatures in the Serra da Estrela, Portugal. *Finisterra–Revista Portuguesa de Geografia*, XXXVI (71): 49-59.

- Mora C (2006) *Climas da Serra da Estrela. Características regionais e particularidades locais dos planaltos e do alto vale do Zêzere*. Dissertação de Doutoramento apresentada à F.L.U.L., 427p
- Mora C (2010) A synthetic map of the climatopes of the Serra da Estrela (Portugal), *Journal of Maps*, 591-608.
- Nova PJ de, de la Cruz M, Monte JV, Soler C. (2006) Genetic relationships within and among Iberian fescues (*Festuca* L.) based on PCR-amplified markers. *Genome*, 49(9):1170-83.
- Ortúñez E. e Fuente V. de la (1997) On three species of *Festuca* L. (*Poaceae*) from the Central Mountain System, Spain. *Willdenowia*, 27: 57–67.
- Pedrol J (2009) *Plantago*. In: Castroviejo et al. (2009) *Flora Iberica XIII*: 4–38.
- Pulgar, Í. and Izco, J.(2007) Characterization and classification of caespitose acidophilous pastures of South-west Europe (Festucetea indigestae class), *Plant Biosystems - An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology*,141(3): 363—383.
- Ribeiro O (1949) *L'île de Madère. Étude Géographique*. Congrès international de Géographie, Lisbonne 1949, CEG, Lisbonne.
- Ribeiro O (1935) *A Arrábida. Esboço Geográfico*, 143p.
- Romero García AT, Blanca López G e Morales Torres C (1988) Revisión del género *Agrostis* L. (*Poaceae*) en la Península Ibérica. *Ruizia*, 7: 1-160.
- Rivas-Martínez S. (2005) *Worldwide Bioclimatic Classification System*. Phytosociological Research Center: www.globalbioclimatics.org.
- Rivas-Martínez S. (2007). Mapa de series, geoserias y geopermaseries de vegetacion de Espana. *Itinera Geobotanica* 17: 5-436.
- Rivas-Martinez S, Aguiar C, Costa JC, Costa M, Jansen J, Ladero M, Lousã M, Pinto Gomes C (2000). Dados sobre a vegetação da Serra da Estrela. Guia do itinerário dos III de fitossociologia. *Quercetea*, 2: 3-63.
- Rougenie G (1969) *Géographie des Paysages*. "Que sais-je?", n° 1362, Paris, 128 p.
- Tricart J (1994) *L'Écogéographie des espaces ruraux*. Nathan, Paris, 187 p.
- Troll C (1971) Landscape Ecology: the effect of pattern on process. *Annual review of cology and dystematics*, 20: 171-197.

- Vieira G (2000) Cálculo do efeito de sombra com o Sistema de Informação Geográfica ILWIS 2.1. *Documentos de Trabalho*. C.E.G. Lisboa, 3 p.
- Vieira G, Mora C, Ramos M (2003) Ground temperature regimes and geomorphological implications in a Mediterranean mountain (Serra da Estrela, Portugal), *Geomorphology*, 52 (1), p. 57-72 .
- Vieira GT (2004) *Geomorfologia dos planaltos e altos vales da Serra da Estrela. Ambientes frios do Plistocénico superior e dinâmica actual*. Dissertação de doutoramento apresentada F.L.U.L.,724 p.
- Vieira G (2008) Combined numerical and geomorphological reconstruction of the Serra da Estrela plateau icefield, Portugal. *Geomorphology*, 97 (1-2): 190-207.
- Waters R, Allen R, Tasumi M, Trezza R, Bastiaanssen W. (2002) Surface Energy Balance Algorithms for Land (SEBAL). *Advanced Training and Users Manual*. 97p.