

João Carlos Azevedo · Vasco Cadavez · Margarida Arrobas · Jaime M. Pires (editores)

Sustentabilidade da Montanha Portuguesa realidades e desafios



João Carlos Azevedo · Vasco Cadavez · Margarida Arrobas · Jaime M. Pires (editores)

Sustentabilidade da Montanha Portuguesa

realidades e desafios

Título	Sustentabilidade da Montanha Portuguesa: Realidades e Desafios
Editores	João Carlos Azevedo Vasco Cadavez Margarida Arrobas Jaime M. Pires
Foto da capa	Jorge Sá Morais
Design e paginação	Atilano Suarez Serviços de Imagem do Instituto Politécnico de Bragança
Editor	Instituto Politécnico de Bragança
ISBN	978-972-745-220-0
Handle	http://hdl.handle.net/10198/15034



*“It rained on the mountaintop,
but it was the valley below that got flooded”*
(provérbio africano)



Índice

Prefácio.....	7
CAPÍTULO 1	
Sustentabilidade da montanha portuguesa: realidades.....	9
João C. Azevedo, Vasco Cadavez, Margarida Arrobas e Jaime M. Pires	
CAPÍTULO 2	
A geografia e o clima das montanhas ibéricas.....	39
Dionísio A. Gonçalves, Tomás de Figueiredo, António C. Ribeiro e Solange Mendonça Leite	
CAPÍTULO 3	
A flora e a vegetação das montanhas de Portugal continental.....	59
Carlos Aguiar e Carlos Vila-Viçosa	
CAPÍTULO 4	
Processos hidrológicos em montanhas e alterações climáticas	91
João Pedro Carvalho Nunes	
CAPÍTULO 5	
Desenvolvimento sustentável e serviços de ecossistema na agricultura em Portugal: uma abordagem geral e o caso das pastagens semeadas biodiversas	107
Tiago Domingos, Tatiana Valada e Helena Martins	
CAPÍTULO 6	
Sistemas de produção animal em regiões de montanha em Portugal.....	127
Marina Castro	
CAPÍTULO 7	
Discriminação dos sistemas de produção e da origem dos produtos animais utilizando marcadores químicos	149
Rui José Branquinho Bessa, Susana Paula Alves e José Santos-Silva	
CAPÍTULO 8	
Valorização de produtos de montanha do ponto de vista nutricional e bioativo: estudos de caso em plantas, cogumelos e frutos secos.....	163
Lillian Barros, João C.M. Barreira, Sandrina A. Heleno, Ângela Fernandes, Maria Inês Dias, José Pinela, Cristina Caleja, Eliana Pereira, Márcio Carochó e Isabel C.F.R. Ferreira	
CAPÍTULO 9	
Sustentabilidade da Montanha Portuguesa: desafios	211
Jaime M. Pires, Vasco Cadavez, Margarida Arrobas e João C. Azevedo	
Autores.....	239

Prefácio

As áreas de montanha em Portugal representam cerca de 40% do território nacional. Encerram um conjunto de valores patrimoniais, materiais e imateriais, de profundo significado identitário, em regiões particulares e no país como um todo. São áreas de geologia e geomorfologia complexa, sistemas chave na regulação do clima regional e geral e na regulação da água, repositórios de uma diversidade notável de habitats, fauna e flora e, cada vez mais, escolhas preferenciais da população para contemplação e usufruição da natureza. Apesar da sua presença frequente na paisagem e da sua importância em tantos aspetos da natureza, da economia e da sociedade, as montanhas portuguesas não mereceram até ao momento uma publicação a elas inteira e especificamente dedicada. Com esta obra pretende-se colmatar esta lacuna da literatura científica e de divulgação em Portugal, reunindo um conjunto de contribuições de investigadores reconhecidos em diferentes domínios das ciências agrárias, naturais e sociais. Baseia-se parcialmente no ciclo de conferências que o Centro de Investigação de Montanha (CIMO) organizou na Escola Superior Agrária do Instituto Politécnico de Bragança nos anos de 2009 e 2010, dedicado ao tema “Sustentabilidade da Montanha Portuguesa: Realidades e Desafios”, preservado no título desta obra, e nos trabalhos aí apresentados por investigadores nacionais. Um primeiro grupo de capítulos inclui uma introdução geral aos sistemas de montanha abordando aspetos do relevo, clima, hidrologia, biodiversidade e socioeconomia. No Capítulo 1 abordam-se conceitos relativos às montanhas e a sua aplicação no mundo e em Portugal (Azevedo *et al.*). No Capítulo 2 é feita uma análise das relações entre o relevo e a distribuição espacial dos principais elementos de clima (Gonçalves *et al.*). Aguiar e Vila-Viçosa fazem, no Capítulo 3, uma descrição da vegetação natural e flora associada no interior norte e centro de Portugal continental e Nunes apresenta, no Capítulo 4, um estudo sobre a vulnerabilidade do fornecimento de serviços de ecossistema hidrológicos em dois sistemas montanhosos portugueses, num quadro de alterações climáticas. Os Capítulos 5 e 6 são dedicados às pastagens e ao pastoreio, elementos centrais na ecologia e economia das montanhas: o primeiro focado na análise de serviços de ecossistema de pastagens semeadas biodiversas (Domingos *et al.*) e o segundo na descrição dos sistemas de produção animal extensivos das regiões de montanha do Norte de Portugal e dos respetivos sistemas de pastoreio (Castro). Antes das considerações finais apresentadas no Capítulo 9 (Pires *et al.*), abordam-se especificamente os produtos de montanha: no Capítulo 7 a partir da análise de sistemas de produção e origem de produtos animais (Bessa *et al.*) e no Capítulo 8 da valorização, do ponto de vista nutricional e bioativo, de plantas, cogumelos e frutos secos (Barros *et al.*).

Os editores

João C. Azevedo, Vasco Cadavez, Margarida Arrobas e Jaime M. Pires
Bragança, dezembro de 2016

CAPÍTULO

1

Sustentabilidade da montanha portuguesa: realidades

João C. Azevedo, Vasco Cadavez, Margarida Arrobas e Jaime M. Pires

Resumo

Neste capítulo introdutório faz-se uma contextualização dos sistemas de montanha no mundo e em Portugal. Apresentam-se definições de montanha e suas aplicações bem como se descreve a distribuição destes sistemas. Caracterizam-se os elementos distintivos dos sistemas de montanha com base em variáveis como o clima, a altitude e o relevo, geologia, biodiversidade, culturas agrícolas e florestais e ainda em aspetos socioeconómicos. São ainda discutidas as razões pelas quais as montanhas são importantes para as sociedades, o que inclui principalmente processos e funções relacionados com o fornecimento de serviços de ecossistema como a conservação da biodiversidade e a regulação de processos atmosféricos e hidrológicos, a maior parte dos quais insubstituíveis. O capítulo termina com uma breve análise da investigação conduzida em espaços de montanha em Portugal.

João C. Azevedo (✉), **Vasco Cadavez, Margarida Arrobas e Jaime M. Pires**
Centro de Investigação de Montanha (CIMO) e Escola Superior Agrária,
Instituto Politécnico de Bragança, Campus de Santa Apolónia
5300-253 Bragança
Email: jazevedo@ipb.pt

1.1 Definição de espaços de montanha

As montanhas são sistemas de elevada especificidade geomorfológica, biológica, agronómica, socioeconómica e antropológica, o que deriva sobretudo da presença de variações muito acentuadas de variáveis ambientais, como a temperatura, precipitação ou radiação, num espaço relativamente limitado. Estes gradientes encontram-se habitualmente associados à orografia destes territórios. As montanhas distribuem-se por todos os continentes ocupando, no entanto, em algumas regiões, frações muito significativas da sua área e nas quais têm um peso muito elevado na economia e na oferta de serviços ambientais. Em geral as áreas de montanha são mais abundantes no hemisfério Norte e nas regiões climáticas temperadas-subtropicais (Körner e Ohsawa, 2005). Relativamente à sua distribuição por continentes e regiões, a Ásia concentra as altitudes mais elevadas da superfície do planeta. Todas as montanhas de altitude superior a 7.000 m estão situadas na Ásia. A cordilheira dos Himalaias é particularmente notável, dada a abundância de picos de altitude superior a 8.000 m. Na cordilheira dos Andes, na América do Sul, encontram-se as montanhas de maior altitude fora do continente asiático (máxima altitude de 6.962 m, no monte Aconcágua, Argentina). Em todas as regiões do mundo encontram-se, porém, áreas de montanha de grande extensão e altitude: casos das Montanhas Rochosas nos EUA e Canadá, Gates na Índia, Cordilheira Australiana na Austrália, Cordilheira de Sumatra/Java na Indonésia, Montes Transantárticos na Antártida ou a Cordilheira Central na Papua-Nova Guiné.

A definição de “montanha” não é linear nem universal. A seleção de critérios e a definição dos respetivos limites constituem, há décadas, questões em aberto no âmbito da classificação de áreas de montanha. A altitude é um critério frequentemente utilizado com este propósito dada a sua relação muito próxima com a ocorrência de condições ambientais particulares destes sistemas ao nível do clima e do coberto vegetal, embora seja debatido o limite inferior a aplicar à definição de montanhas, individualmente ou em combinação com outros critérios. Este debate está associado, em grande medida, ao facto de áreas de elevada altitude não serem necessariamente consideradas na geografia ou em outras ciências naturais como montanhas por não apresentarem gradientes ambientais acentuados (zonas de planalto a altitudes intermédias, por exemplo). O debate persiste ainda pelo facto de montanhas de baixa altitude, apesar do relevo muito acidentado, serem frequentemente excluídas de classificações correntes de áreas de montanhas baseadas exclusivamente no critério da altitude.

Kapos *et al.* (2000) definiram e classificaram as áreas de montanha à escala global de acordo com os critérios altitude e declive (Quadro 1), um sistema reconhecido e posteriormente aplicado pelo United Nations Environment Programme - World Conservation Monitoring Centre (UNEP-WCMC, 2002) e pelo Millenium Ecosystem Assessment (Körner e Ohsawa, 2005). Esta classificação utiliza um conceito de montanha mais abrangente, reconhecendo a diversidade de condições presentes nestes territórios e tendo a preocupação de não incluir regiões planálticas de altitude intermédia ou excluir montanhas antigas de baixa altitude.

A definição de montanha atende também à relação entre a latitude e a altitude, dado o efeito do clima na manifestação de gradientes associados a variações altitudinais (Figura 1), permitindo dessa forma integrar altitude, clima e vegetação (Körner e Ohsawa, 2005). Assumindo uma altitude mínima de 1000 m no equador e uma redução linear deste limite até aos 300 m a norte e sul dos paralelos 67°N e 55°S, respetivamente, a área de montanha sofre uma redução de 3,7 % em relação à classificação de Kapos *et al.* (2000).

Quadro I - Classificação de áreas de montanha de Kapos *et al.* (2000). Adaptado de UNEP-WCMC (2002).

Classe	Altitude (m)	Declive e Relevô
1	4.500	
2	3.500 – 4.500	
3	2.500 – 3.500	
4	1.500 – 2.500	Declive $\geq 2^\circ$ (4,5%)
5	1.000 – 1.500	Declive $\geq 5^\circ$ (11%) ou desnível > 300 m num raio de 7 km
6	300 – 1.000	Desnível > 300 metros num raio de 7 km
7 (introduzida em 2002)		Bacias ou planaltos isolados com uma área < 25 km ² , cercados por montanhas, mas que não cumprem os critérios das classes inferiores

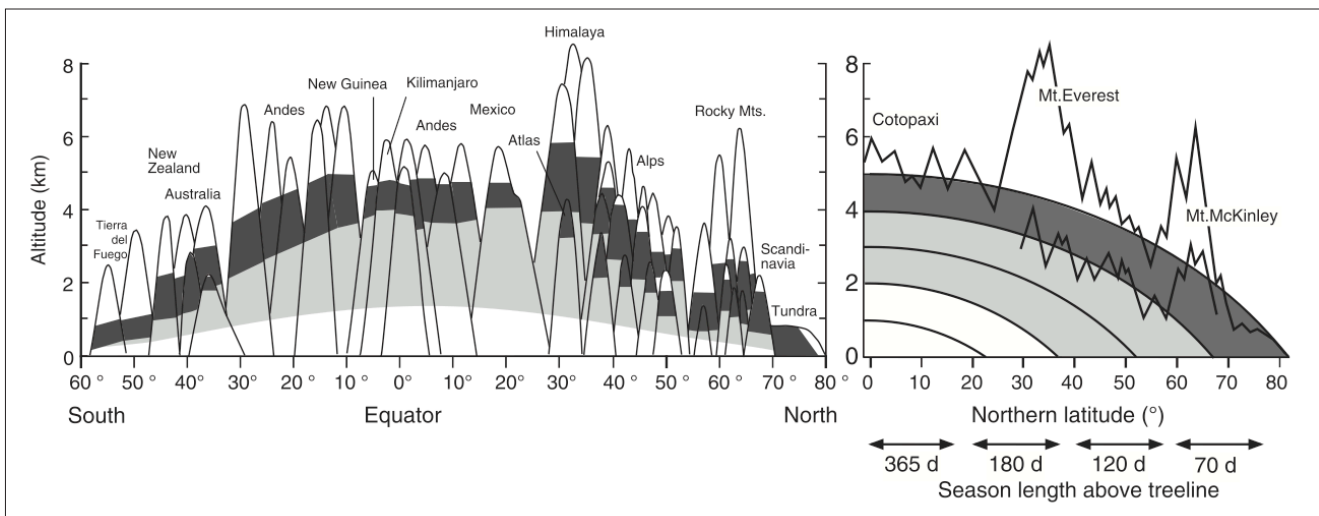


Figura I – Perfil de Humboldt. Relação da latitude com a altitude e posicionamento dos níveis altitudinais. Cinzento – nível montano; preto – nível alpino; branco – nível neve permanente. Retirado de Körner and Oh-sawa (2005)

Meybeck *et al.* (2001), utilizando informação da altitude combinada com a rugosidade do relevo, classificaram a superfície terrestre em 15 classes, com vista a abordar questões ligadas à hidrologia e à população. Neste estudo são consideradas de montanha todas as regiões com altitude superior a 500 m e com uma rugosidade (índice calculado com base na diferença entre altitude máxima e mínima numa célula de um mapa matricial dividida por metade do lado dessa célula) superior a 20 ‰ até 2.000 m de altitude e uma rugosidade ≥ 40 ‰ entre 2.000 e 6.000 m de altitude. As regiões planálticas de altitude e de elevada altitude constituem uma classe à parte nesta classificação, não sendo consideradas na classe de montanha (regiões dos Andes na Bolívia/Peru) e na Ásia Central (Tibete).

Körner *et al.* (2011) utilizaram a mesma metodologia base de Meybeck *et al.* (2001) para a definição de cinturas bioclimáticas em montanha destinada a estudos comparativos de biodiversidade. A principal diferença reside no facto de estes autores utilizarem uma rugosidade fixa mínima (77‰), independentemente da altitude, ao contrário dos valores variáveis utilizados por Meybeck *et al.* (2001).

Consequentemente, os valores percentuais de áreas de montanha na superfície terrestre mundial obtidos por Kapos *et al.* (2000) e Meybeck *et al.* (2001) são bastante superiores aos obtidos por

Körner *et al.* (2011), respetivamente 24 % (35,8 Mkm²), 23 % (33,3 Mkm²) e 11 % (16,5 Mkm²), excluindo neste último caso a Antártida.

Face às considerações anteriores, a definição genérica de áreas de montanha internacionalmente aceite continua a ter como base o trabalho de Kapos *et al.* (2000), embora em algumas situações com ajustamentos pontuais. A Comissão Europeia adoptou esta classificação quando, em 2004, produziu o relatório “Mountain Areas in Europe: Analysis of mountain areas in EU member states, acceding and other European countries”, de acordo com a recomendação do Capítulo 13 da Agenda 21, de forma a colmatar o défice de informação sobre as regiões de montanha europeias (EC, 2004). Contudo, a classe 7 introduzida pela UNEP-WCMC (2002) referida no Quadro 1, foi substituída pela classe de 0 - 300 m de altitude sempre que o desnível em relação aos oito pontos cardeais que rodeiam cada ponto num Modelo Digital de Terreno apresentasse um desvio padrão superior a 50 m. Além das áreas identificadas com esta metodologia, foram introduzidos ainda ajustamentos de modo a: i) considerar as áreas dos países nórdicos com regimes de temperatura equivalentes aos verificados nas zonas de maior altitude dos Alpes; ii) excluir áreas de montanha isoladas com uma área inferior a 5 km²; iii) excluir as áreas não montanhosas existentes no interior de maciços montanhosos; e iv) ajustar a delimitação de montanhas às fronteiras de unidades administrativas locais (freguesias em Portugal) desde que estas tenham pelo menos 50 % do seu território dentro das áreas previamente definidas como montanha (EC, 2004).

Em 2010, o relatório da Agência Europeia do Ambiente (EEA) sobre as regiões de montanha na Europa (EEA, 2010) seguiu a delimitação da EC (2004) anteriormente referida, embora com os seguintes ajustamentos: i) não foram incluídas as montanhas isoladas com uma área inferior a 10 km²; ii) foram incluídas as áreas não montanhosas inferiores a 10 km² sempre que localizadas dentro de maciços montanhosos; e iii) os limites dos maciços montanhosos passaram a ser os limites das NUTS III (EEA, 2010).

Até à adoção desta nova metodologia pela Comissão Europeia, a altitude era o indicador de condições de montanha mais frequente, combinado, por vezes, com o declive. Na União Europeia (UE), no âmbito da agricultura, consideravam-se como de montanha territórios com mais de 50% da área agrícola acima dos 600 m de altitude e uma estação de crescimento reduzida ou um declive médio acima dos 20% (Committee on Agriculture and Rural Development, 2001). No entanto, cada estado membro possuía a sua definição própria de áreas de montanha nas quais se verificava, de uma forma geral, uma diminuição da altitude mínima à medida que se caminhava para maiores valores de latitude (diminuição da estação de crescimento). Por exemplo, na Bélgica a altitude mínima era de 300 m enquanto em Espanha era de 1.000 m, a qual era ainda combinada com o declive, clima e disponibilidade de terras aráveis (EEA, 2010).

De acordo com esta nova definição e correspondente delimitação, as montanhas ocupam 36% do território da Europa e 29% da UE-27 (EEA, 2010). Embora as altitudes mais elevadas observadas na Europa sejam modestas comparadas com as observadas noutras regiões (o Monte Elbrus com 5.642 m, situado no Cáucaso, no limite extremo sudeste da Europa é o pico mais alto do subcontinente), as áreas de montanha são relevantes, tanto em percentagem de área como em termos da influência que exercem sobre um conjunto de aspetos ecológicos e socioeconómicos.

Em Portugal as áreas de montanha representam 39 % do território nacional segundo EC (2004) e

38 % segundo EEA (2010), valores bastante superiores aos considerados segundo a definição de montanha vigente até muito recentemente (altitude ≥ 700 m), 11,6% para Portugal continental (Ribeiro, 1945).

1.2 Características essenciais dos sistemas de montanha

As montanhas são unidades geográficas muito particulares por diversas razões, tanto de ordem física, como biológica ou socioeconómica. Por efeito da altitude, o clima é eventualmente o factor que, direta ou indiretamente, melhor permite distinguir montanhas de outros sistemas. Habitualmente, as áreas de montanha apresentam temperaturas médias anuais mais baixas que as áreas de vale ou planície mas o clima da montanha é também marcado por extremos de temperatura de inverno, grandes amplitudes térmicas diária e anual e alta variabilidade climática interanual (Aguiar *et al.*, 2009) e cobertura de neve todo ou parte do ano. Outros fenómenos climáticos associados às áreas de montanha são a distribuição espacial da precipitação, as inversões térmicas e a circulação da atmosfera em função da exposição (ver Gonçalves *et al.* (2016)). Em termos agronómicos acrescem ainda fatores limitantes como longos períodos de geadas, elevada radiação ultravioleta e elevada velocidade do vento. Condições climáticas extremas de radiação, temperatura, precipitação e velocidade do vento observadas em áreas de montanha, habitualmente adversas ao crescimento vegetal, condicionam assim nestes locais as culturas agrícolas e florestais. Um dos resultados da combinação destas condições é o reduzido período anual de crescimento vegetal que tem como resultado uma baixa produtividade primária dos sistemas de montanha. Estas condições limitam, portanto, não apenas as culturas, mas também os sistemas de produção que podem ser adotados bem como a produtividade e rentabilidade da agricultura e da floresta. Em situações climáticas extremas de clima de montanha observa-se mesmo um limite para o crescimento de vegetação arbórea (*treeline*) que constitui a base para a delimitação das áreas de clima Alpino. Em regiões de maior altitude, porém, a perda de produtividade determinada pela temperatura pode ser compensada pelo efeito da altitude na precipitação (Aguiar *et al.*, 2009).

Outra característica habitual das áreas de montanha é o relevo complexo. Consequência de movimentos orogénicos e de processos geomorfológicos resultantes da ação da água ou gelo (e da gravidade), as áreas de montanha apresentam tipicamente declives pronunciados, longas encostas e grande diversidade de exposições, com implicações a vários domínios mas particularmente nos padrões de distribuição da diversidade biológica e no desenvolvimento de atividades económicas. Em termos de biodiversidade verificam-se variações da diversidade de espécies e diversidade genética de tendência inversas de acordo com a altitude (Singh, 2011) (Figura 2).

Conjuntamente com as limitações determinadas pelo clima, a baixa disponibilidade de solos profundos e férteis, de aptidão agrícola, a reduzida dimensão das parcelas destes solos e a sua dispersão no espaço condicionam decisivamente a atividade agrícola em áreas de montanha. Esta limitação explica, em parte, a baixa densidade das populações humanas nestes territórios bem como o facto de o uso do solo ser dominado por florestas e pastagens.

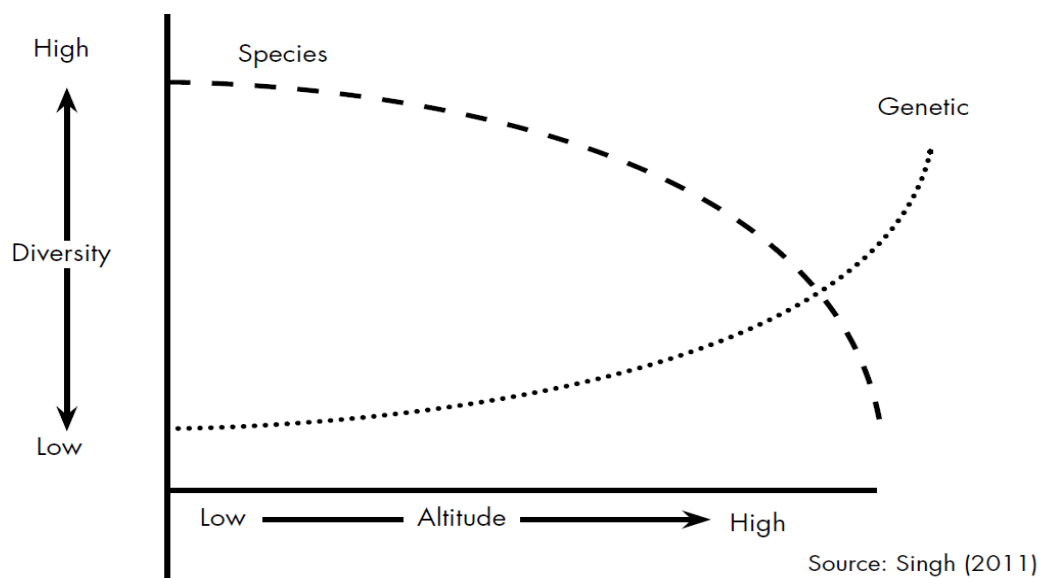


Figura 2 – Representação esquemática da relação entre altitude e diversidade específica e genética. Retirado de Singh (2011):-

As montanhas, através do efeito de arrefecimento e de interferência na circulação da atmosfera, tem associados níveis muito elevados de precipitação, muitas vezes porém apenas numa das faces das cordilheiras (Gonçalves *et al.* 2016). Esta precipitação dá origem a caudais muito elevados afetando processos geomorfológicos. Esta precipitação é também a principal fonte de água que as comunidades humanas utilizam, incluindo as que se encontram fora das áreas de montanha. Este é apenas um dos benefícios que as populações obtêm da presença e dinâmica dos ecossistemas e paisagens de montanha. Chama-se habitualmente a estes contributos dos ecossistemas para o bem-estar humano, *serviços de ecossistema* (Pereira, 2009). Os casos da produção de água e da regulação da sua qualidade são dos serviços de ecossistema tipicamente associados a espaços de montanha, embora muitos outros tenham vindo a ser reconhecidos. As montanhas são efectivamente importantes no fornecimento dos seguintes serviços:

- Serviços de aprovisionamento: produção de alimentos (incluindo caça e pesca), produção de materiais lenhosos, produção de água, aprovisionamento de outros produtos como cogumelos e plantas aromáticas e medicinais, produção de energia a partir de fontes renováveis, nomeadamente hidroeléctrica, eólica e biomassa (Körner e Ohsawa, 2005; Price, 2005; EEA, 2010),
- Serviços de regulação: regulação climática e da qualidade do ar e da água; regulação da distribuição e abastecimento de água em toda a rede hidrográfica, armazenamento de água sob a forma de neve e gelo (Körner e Ohsawa, 2005; EEA, 2010; ICIMOD, 2011),
- Serviços culturais: recreio e turismo, saber ecológico e agronómico tradicional, paisagem visual (Körner e Ohsawa, 2005),
- Serviços de suporte: formação e retenção do solo, ciclo de nutrientes, sequestro de carbono, refúgio de biodiversidade (Körner e Ohsawa, 2005).

A verdadeira importância das áreas de montanha na perspetiva dos serviços de ecossistema começa agora a ser melhor conhecida e reconhecida através dos trabalhos de avaliação e mapeamento em curso (Maes *et al.*, 2012). As montanhas são áreas de produção de alimentos e matérias-primas de grande relevância. Apesar de a produção florestal ocupar extensas áreas de montanha, em virtude das condições climáticas e pedológicas dominantes nestes sistemas não

serem propícias para outras culturas, são também importantes a produção animal a partir de pastagens naturais ou áreas de matos, a produção de espécies cinegéticas e piscícolas que em alguns países são a principal produção dos espaços de montanha (Reino Unido, por exemplo). As montanhas são a fonte de 80 % da água doce disponível em termos mundiais (Price, 2007). As montanhas fornecem a água utilizada na agricultura, indústria, produção de energia elétrica e abastecimento urbano a metade da população mundial (ICIMOD, 2011). As bacias hidrográficas de montanha fornecem ainda 19 % da electricidade produzida mundialmente (Price *et al.*, 2001).

O sequestro de carbono é igualmente um serviço relevantes nas montanhas. Apesar da captura de carbono ter lugar principalmente na parte aérea e viva da vegetação e nela se acumular em quantidades consideráveis, é ao nível do solo que os ecossistemas revelam a sua importância enquanto reservatórios. De facto, é a acumulação de carbono na forma de matéria orgânica em condições de temperatura baixa e elevada humidade que permite a sua acumulação nestes solos. Uma situação extrema do efeito da combinação destas condições em áreas de montanha é a formação de turfeiras que ainda hoje, apesar da sua gestão, persistem com grande expressão em áreas de montanha como as do Reino Unido, Rússia ou Argentina. No quadro conceptual do Millenium Ecosystem Assessment (Körner e Ohsawa, 2005) o sequestro de carbono é considerado um serviço de suporte por ser fundamental para o fornecimento dos restantes serviços, embora possa ser considerado também parte dos serviços de regulação climática pelo efeito que tem na redução do dióxido de carbono da atmosfera, um dos gases que, por emissão, mais contribui para as alterações climáticas. As montanhas nos EUA, por exemplo, contribuem para o sequestro de 25-50% do total de carbono armazenado (Schimel *et al.*, 2002), citados por ICIMOD (2011).

O valor económico dos serviços de ecossistema das montanhas tem vindo a ser explorado por cientistas em várias áreas do conhecimento. Por exemplo, o valor das florestas de montanha do estado de Uttarakhand, norte da Índia, deve-se sobretudo à reciclagem de nutrientes (37,4 %), à regulação climática (14,6 %), à produção de madeira (14,3 %), ao controlo da erosão (10 %) e ao tratamento de resíduos (8,9 %) (Singh, 2007). É de salientar o baixo valor económico da produção de madeira, quando comparado com os restantes serviços referidos, que totalizam 70,9 % do valor total (Quadro 2).

Quadro 2 – Valor anual dos serviços de ecossistema de sistemas florestais em Uttarakhand. Adaptado de Singh (2007).

Serviço de Ecossistema	Valor em US\$ ha ⁻¹ ano ⁻¹
Regulação do clima	167,6
Regulação de perturbações	2,3
Regulação e fornecimento de água	5,2
Controlo de erosão	114,6
Formação de solo	11,6
Reciclagem de nutrientes	429,6
Tratamento de resíduos	102,7
Controlo biológico	2,3
Produção de alimentos	50,7
Matérias primas	164,0
Recursos genéticos	18,5
Recreio	78,6
Serviços culturais	2,3
Total	1150

As montanhas apresentam elevada diversidade de ecossistemas, de espécies e genes, devido particularmente à compressão de gradientes ambientais que se observa nessas regiões e por outros fatores associados, nomeadamente o isolamento de áreas (Aguiar *et al.*, 2009). A uma escala regional ou continental, as áreas de montanha podem funcionar como ilhas isoladas por ambientes e paisagens “hostis”, promovendo especiação local. Simultaneamente, o facto de ocorrerem em extensões muito consideráveis e sofrerem níveis de pressão antrópica inferior à de outros sistemas com maior densidade populacional e de maior produtividade, as montanhas permitem a manutenção de ecossistemas em condições de baixa perturbação e baixa fragmentação, o que favorece a conservação desses ecossistemas que são muitas vezes habitat de inúmeras espécies, particularmente as mais vulneráveis à presença humana. Por todas estas razões, as regiões de montanha constituem atualmente dos principais repositórios de biodiversidade, acolhendo cerca de 25% da biodiversidade terrestre e 50% dos “hotspots” de biodiversidade a nível mundial (Körner e Ohsawa, 2005). Na região do Hindu Kush – Himalaya, por exemplo, ocorrem 25.000 espécies de plantas superiores, o equivalente a 10 % da flora mundial (WHO, 2005); nas montanhas tropicais e subtropicais das Américas há mais de 90.000 espécies de plantas; no monte Kinabalu, na Malásia (4.101 m), existem mais de 4.000 espécies de plantas (ICIMOD, 2011), e nas regiões de montanha mediterrânica ocorrem cerca de 13.000 espécies endémicas (Regato e Salman, 2008).

As espécies das áreas de montanha são extremamente sensíveis a alterações, nomeadamente do clima (Thuiller *et al.*, 2005). Tal deve-se, em grande medida, ao facto de, nestes ambientes, os organismos e ecossistemas se encontrarem no limite da sua distribuição, sob elevado *stress* ambiental onde são mais vulneráveis a pequenas variações de factores ambientais. As alterações do clima têm um elevado impacto potencial nestes organismos e ecossistemas por efeito dos extremos climáticos, da duração dos períodos de *stress* e do aumento da temperatura do solo, entre outros, com implicações na composição dos ecossistemas, na sua produtividade, resiliência, libertação de CO₂ para a atmosfera e regimes de perturbação.

A generalidade das montanhas são habitadas e as suas paisagens geridas pelo Homem através de atividades como agricultura, pastoreio e produção florestal, em muitos casos há milhares de anos, o que afeta igualmente os regimes de perturbação dessas áreas. O abandono recente a que as áreas de montanha têm estado sujeitas em muitas regiões do mundo, particularmente na Europa Mediterrânica, coloca igualmente em destaque a sensibilidade destas áreas a estes novos processos de alteração com eventuais perdas de serviços culturais e de biodiversidade.

Peças razões anteriormente discutidas, grande parte dos esforços de conservação têm vindo a incidir sobre áreas de montanha. Cerca de 32% das áreas protegidas no mundo encontram-se em regiões de montanha ocupando uma superfície de cerca de 1,7 milhões de km² (Körner e Ohsawa, 2005). As áreas de montanha representam igualmente áreas de redistribuição da biodiversidade como resultado de alterações climáticas em curso. Prevê-se que, como resposta à tendência de aumento da temperatura média do ar, se verifiquem movimentos de espécies no sentido de condições ambientais semelhantes às existentes num passado recente, ou seja no sentido dos pólos e de locais de maior altitude. As montanhas são assim equacionadas como destinos de migrações de organismos num quadro de alterações climáticas e consideradas como refúgios climáticos no âmbito da planificação de redes de conservação (Araújo *et al.*, 2011).

Apesar da importância e valor dos serviços de ecossistema que fornecem, em muitos casos com valor de mercado e geradores de lucros, em termos sócio económicos as montanhas são regiões habitualmente desfavorecidas, com elevados índices de pobreza e de analfabetismo. Cerca de 25 % da população mais pobre e com insegurança alimentar reside em regiões de montanha (ICIMOD, 2011). As regiões de montanha na Europa foram na sua totalidade consideradas regiões desfavorecidas até ao último quadro comunitário. Atualmente apenas alguns países, como Portugal, Espanha, Reino Unido, Itália, Grécia e alguns países dos Cárpatos, possuem regiões de montanha como regiões desfavorecidas.

1.3 Montanhas em Portugal

1.3.1 Descrição geral

Em Portugal a delimitação de montanha foi inicialmente baseada na altitude (≥ 700 m) (Ribeiro, 1945) à qual se adicionou posteriormente o declive (≥ 25 %) (EEA, 2010). Contudo, Ribeiro (1945), para além de identificar as zonas de montanha acima dos 700 m, considerou já nessa época a existência de faixas altitudinais inferiores que, de uma forma ou outra, apresentavam limitações orográficas, climáticas ou pedológicas ao uso do solo e à prática da agricultura, tendo para o efeito definido áreas de montanha a cotas de 400-700 m e 200-400 m. Segundo o mesmo autor, as áreas de montanha concentram-se sobretudo a Norte do Rio Tejo, onde 95,4 % da superfície se situa a mais de 400 m de altitude, enquanto a Sul 97 % da superfície se situa abaixo desse valor. A elevada proporção de área de maior altitude a Norte do Rio Tejo encerra, contudo, uma amplitude de variação altitudinal relativamente baixa, uma vez que o ponto mais alto no continente tem 1.993 m de altitude (o ponto mais elevado de Portugal situa-se a 2.351m na Ilha do Pico, arquipélago dos Açores), quando comparada com outros países. Não é, deste modo, a altitude o elemento mais relevante para a definição das regiões de montanha em Portugal, mas outras características como o clima de base mediterrânico, o declive e a sua extensão e continuidade.

Embora a classificação de Kapos *et al.* (2000) não tenha sido formalmente aplicada em Portugal na definição de políticas sectoriais específicas, a mesma será seguida neste trabalho, justificada pelo seu reconhecimento e adopção a nível internacional, reforçada pelo fato de nos estudos da UE (EC, 2004) e EEA (2010) a informação se encontrar organizada por país e maciço montanhoso.

Segundo a metodologia seguida pela EC (2004) e EEA (2010), as montanhas portuguesas continentais enquadram-se no maciço montanhoso “Montanhas Ibéricas” enquanto a totalidade da superfície das ilhas dos Açores e da Madeira se enquadra no maciço “Ilhas Atlânticas”. Nas Montanhas Ibéricas regista-se a presença de duas regiões biogeográficas europeias, a Região Atlântica no Noroeste de Portugal continental e a Região Mediterrânica na restante superfície. As Ilhas Atlânticas fazem parte na totalidade da Região biogeográfica da Macaronésia (Figuras 3 e 4).

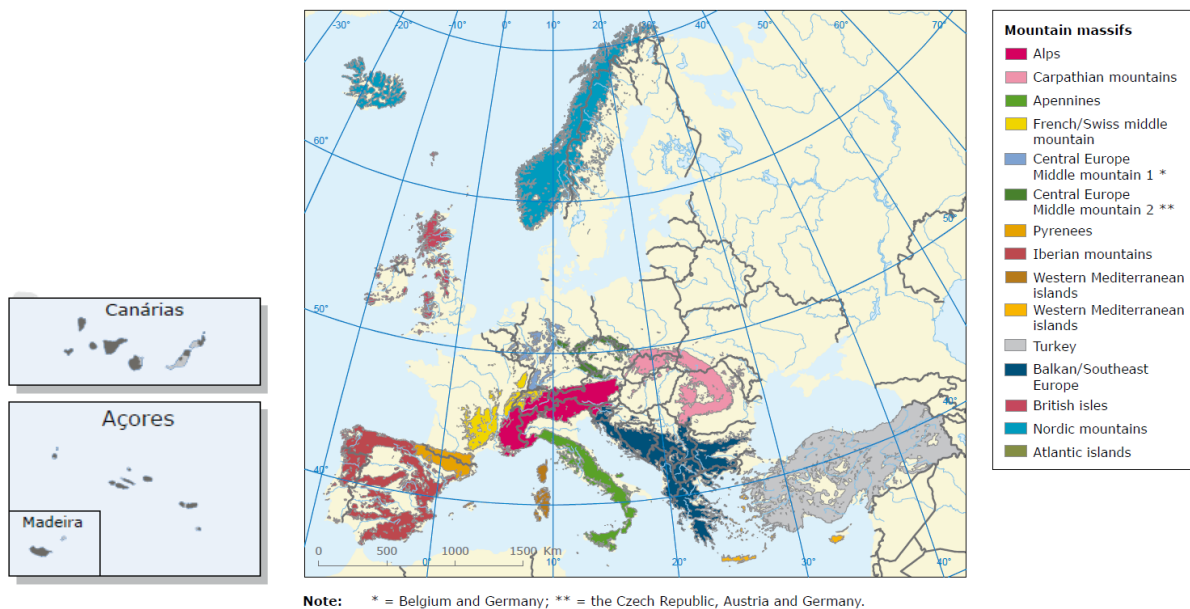


Figura 3 - Maciços montanhosos na Europa. Adaptado de EEA (2010).

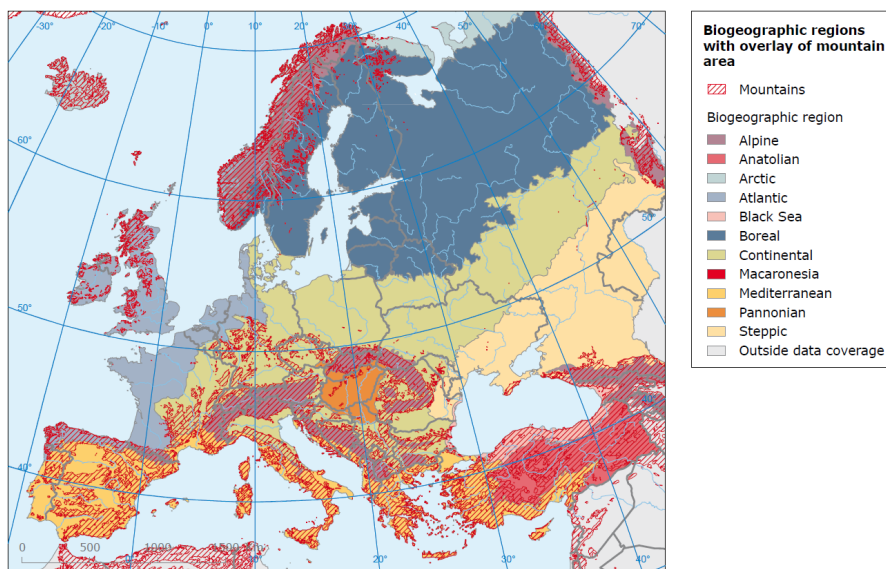


Figura 4 – Maciços montanhosos e regiões biogeográficas na Europa. Adaptado de EEA (2010).

O clima dominante nas regiões de montanha no continente é do tipo temperado mediterrâneo (Csa e Csb) (AEM e IM, 2011), e nas Ilhas Atlânticas é do tipo temperado mediterrâneo (Csa e Csb) e subtropical húmido (Cfa), embora se encontrem climas extremos do tipo semiárido (BSh) na ilha de Porto Santo e de tundra (ET) na ilha do Pico (AEM e IM, 2012).

A vegetação característica destas áreas e clima tem como base de suporte uma geologia que remonta ao Pliocénico superior, onde os granitos (59%) dominam, mas onde rochas de outras origens, tais como xistos e grauvaques (39%), quartzitos e depósitos diversos e rochas básicas, são também abundantes (Aguiar *et al.*, 2009). Para uma descrição detalhada da flora e vegetação das montanhas de Portugal continental consultar o Capítulo 3 desta obra (Aguiar e Vila-Viçosa, 2016).

A ocupação humana destes sistemas remonta, em geral, a mais de 5.000 anos, sendo no caso da Serra da Estrela a mais de 9.500 anos antes do presente (Connor *et al.*, 2012). A presença humana

nos territórios de montanha tem vindo, desde essa data, a afetar a paisagem através da alteração das dinâmicas do fogo e dos processos sucessionais (Connor *et al.*, 2012) bem como dos processos erosivos, contribuindo em parte para a definição da base da paisagem das montanhas portuguesas no início do século XX. Esta, dominada por matos baixos de ericáceas, solos delgados e degradados em áreas de monte e sistemas de agricultura desenvolvidos em áreas de planalto e de vale (Aguiar e Azevedo, 2011), viria apenas a modificar-se através da arborização dos baldios, a partir dos anos 30 do século XX, e por abandono da atividade agrícola e pastoril associada ao despovoamento dos espaços de montanha, a partir dos anos 60 mas ainda em curso.

As áreas de montanha em Portugal ocupam 36.140 km², correspondentes a 39,1 % da sua superfície territorial. Nestas áreas viviam, até 2001, 2.742.000 habitantes, correspondente a 26,5 % da população portuguesa (EC, 2004). A composição das áreas de montanha, bem como a distribuição da população, pelos maciços montanhosos nacionais é apresentada na Figura 5 e no Quadro 3.

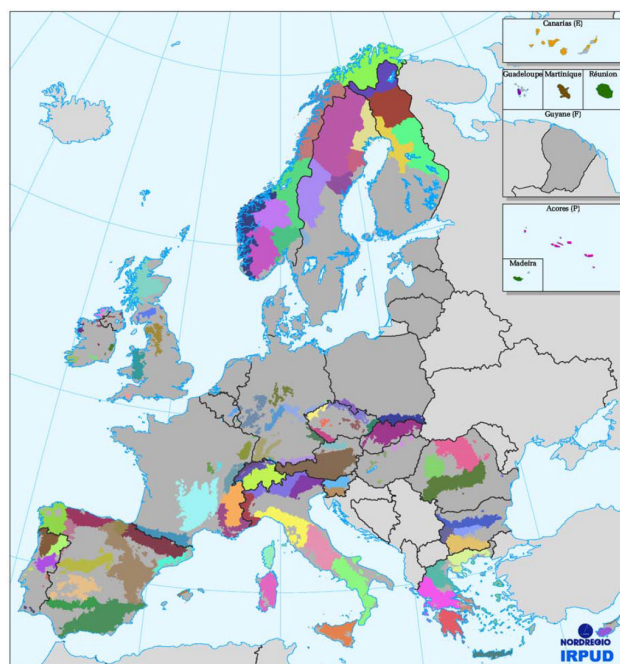


Figura 5 – Identificação e localização dos maciços montanhosos na Europa. Adaptado de EC (2004).

Quadro 3 – Maciços montanhosos nacionais, superfície, população e densidade populacional (habitantes/km²). Adaptado de EC (2004).

Maciço	Superfície (km ²)	População (habitantes)	População (hab./km ²)
Maciço Noroeste	13.436,8	1.483.068	110
Planalto Transmontano - Beirão	8.986,1	258.704	29
Cordilheira Central	8.816,6	435.692	49
Complexo Estremenho	598,7	103.965	174
Áreas montanhosas exteriores aos maciços	656,7	30.650	47
Serra Algarvia	723,2	19.733	27
Ilha da Madeira	734,6	240.537	327
Açores - Grupo Ocidental	138,0	3.220	23
Açores - Grupo Central	1.283,4	88.449	69
Açores - Grupo Oriental	790,4	77.572	98

Apesar de a população residente nas áreas de montanha representar mais de ¼ da população do País, a sua evolução tem evidenciado uma continuada diminuição, - 4,5 % nos valores de densidade populacional no período 1990-2005, enquanto nas regiões não montanhosas a densidade populacional aumentou no mesmo período (+ 0,9 %) (EEA, 2010). Segundo este mesmo estudo, em 2008 a população das regiões de montanha em Portugal era já inferior (2 173.407 habitantes), ou seja, 21 % da população do País. A estes valores corresponde uma densidade populacional média de 62,1 habitantes/km², enquanto fora das regiões de montanha é de 146,5 habitantes/km².

Segundo estas variações na densidade populacional, a riqueza produzida nestas regiões de montanha apresenta uma densidade económica de 0,687x10⁶ €/km², correspondente a 38 % do valor encontrado nas regiões não montanhosas. Vale a pena referir ainda que alguns maciços montanhosos europeus têm valores de densidade económica muito superiores, como os Alpes, os Apeninos, o Maciço Central Francês/Suíço e o maciço da Europa Central Bélgica/Alemanha onde este indicador atinge um valor de 3,981x10⁶ €/km² (EEA, 2010). Estes são os valores económicos das atividades ligadas aos três setores da atividade económica (primário, secundário e terciário) obtidos pela população ativa aí residente, 1.123.808 habitantes (EC 2004). A importância relativa dos três sectores avaliada em termos de empregabilidade é de 9 % para o setor primário, 41 % para o setor secundário e 50 % para o setor terciário. A média nas regiões de montanha da UE é, para os mesmos sectores, de 4, 26 e 70 %, respetivamente. Com base nos desvios em relação à média da UE, o setor primário apresenta as maiores diferenças em todos os maciços nacionais com destaque para o Planalto Transmontano/Beirão e Açores, enquanto o Maciço Estremenho é a única exceção. O setor secundário apresenta os maiores desvios no Maciço Noroeste, enquanto os menores ocorrem nos maciços, Planalto Transmontano/Beirão, Áreas Montanhosas exteriores aos maciços, Serra Algarvia, Ilha da Madeira, Açores - Grupo Ocidental e Açores - Grupo Central. O setor terciário apresenta valores inferiores à média da UE em todos os maciços com destaque para o Noroeste (Quadro 4).

Quadro 4 – Maciços montanhosos nacionais, setores de atividade económica em função da empregabilidade (%) e população ativa (n° hab). Adaptado de EC (2004).

Maciço	Setor			População ativa (habitantes)
	Primário (%)	Secundário (%)	Terciário (%)	
Maciço Noroeste	8,40	48,80	42,90	616.523
Planalto Transmontano - Beirão	19,10	27,30	53,70	90.010
Cordilheira Central	7,30	35,30	57,40	176.844
Complexo Estremenho	3,00	34,00	63,10	51.127
Áreas montanhosas exteriores aos maciços	5,90	24,20	69,80	12.947
Serra Algarvia	8,30	27,30	64,40	7.962
Ilha da Madeira	8,60	25,40	66,10	103.420
Açores - Grupo Ocidental	15,40	31,00	53,50	28.524
Açores - Grupo Central	12,90	25,00	62,10	35.185
Açores - Grupo Oriental	14,10	25,80	60,10	1.266

A nível europeu, com exceção do Maciço Central Francês/Suíço, os maiores valores de densidade económica ocorrem nos maciços da Europa Central, Alpes e Apeninos onde os setores secundário e/ou terciário predominam (EC, 2004).

1.3.2 Agricultura, pecuária e produção florestal

A agricultura *sensu lato* é um dos usos do solo que, conjuntamente com outras formas de uso/ocupação do solo, oferece informação de maior relevância na análise das dinâmicas das atividades económicas no território. Os dados para descrever e analisar o uso/ocupação do solo provêm das bases de dados espaciais, como a do programa “Corine (Coordination of Information on the Environment) Land Cover” (CLC), da EU, iniciado em 1985. Com base nos dados de 2006 do programa Corine Land Cover (CLC2006), a Agência Europeia do Ambiente (EEA, 2010) considera as seguintes oito classes de uso/ocupação do solo: 1 – Áreas artificializadas; 2A – Terras aráveis e culturas permanentes; 2B - Pastagens e áreas agrícolas em mosaico; 3A - Floresta e vegetação arbustiva de transição; 3B - Prados naturais e matos de vegetação xerófila ou esclerófila; 3C - Zonas sem vegetação ou com vegetação esparsa; 4 - Zonas húmidas; 5 - Corpos de água (EEA, 2010; Néry, 2007). À semelhança das regiões de montanha dos restantes países europeus, a floresta (3A) é o uso/ocupação do solo dominante nas montanhas portuguesas (44%), seguida das classes de uso agrícola (2A e 2B), com 34%, e da classe de pastagens e vegetação arbustiva (3B), com 14 % da sua superfície total. As áreas sem vegetação ou com vegetação esparsa (3C) representam 5 %, enquanto as restantes apresentam valores inferiores a 2 % (EEA, 2010). Este padrão de uso/ocupação do solo segue de muito perto o padrão verificado no maciço Montanhas Ibéricas, enquanto o padrão do maciço Ilhas Atlânticas difere deste por apresentar um valor máximo na classe “3B” (Prados naturais e matos de vegetação xerófila ou esclerófila) e valores superiores às Montanhas Ibéricas nas classes “1” (Áreas artificializadas) e “3C” (Zonas sem vegetação ou com vegetação esparsa) (Figura 6).

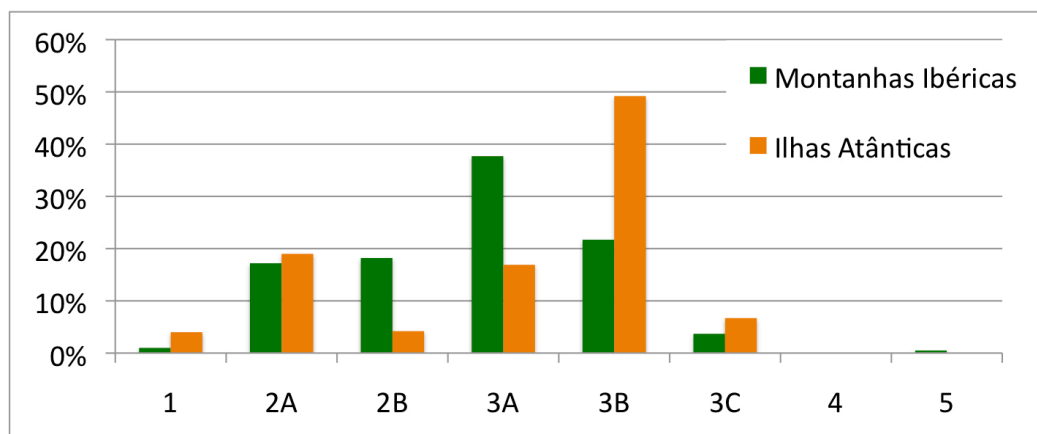


Figura 6 – Percentagem de uso/ocupação de solo por classe de uso (1 a 5) nos maciços montanhosos europeus nos quais as regiões de montanha de Portugal se enquadram. 1 – Áreas artificializadas; 2A – Terras aráveis e culturas permanentes; 2B - Pastagens e áreas agrícolas em mosaico; 3A - Floresta e vegetação arbustiva de transição; 3B - Prados naturais e matos de vegetação xerófila ou esclerófila; 3C - Zonas sem vegetação ou com vegetação esparsa; 4 - Zonas húmidas; 5 - Corpos de água. Adaptado de EEA (2010).

Para avaliar a importância dos vários setores produtivos da agricultura, na ausência de outra informação para as áreas de montanha, recorreu-se aos dados relativos ao recenseamento agrícola de 2009 e às estatísticas anuais do Instituto Nacional de Estatística. Para o efeito consideraram-se como unidades territoriais estatísticas as seis regiões agrárias onde predominam áreas de montanha (INE, 2011a): Entre Douro e Minho, Trás-os-Montes, Beira Litoral, Beira Interior, Madeira e Açores (Figuras 7, 8 e 9). O conjunto destas regiões agrárias tem uma superfície territorial de 4.798.848 ha, da qual 71 % é considerada área de montanha (3.418.589 ha). Este valor resulta dos dados do Quadro 3, retirando os três maciços montanhosos nacionais exteriores a estas seis

regiões agrárias (Complexo Estremenho, Áreas Montanhosas exteriores aos maciços e Serra Algarvia) (EC, 2004) (Figura 5 e Quadro 5).

Quadro 5 – Maciços montanhosos nacionais, superfície, e correspondentes Regiões Agrárias (INE, 2011a). Adaptado de EC (2004). (EDM – Entre Douro e Minho; TM – Trás-os-Montes; BL – Beira Litoral; BI – Beira Interior).

Maciço	Regiões Agrárias
Maciço Noroeste	EDM, TM e BL
Planalto Transmontano - Beirão	TM e BI
Cordilheira Central	BL e BI
Complexo Estremenho	
Áreas montanhosas exteriores aos maciços	
Serra Algarvia	
Ilha da Madeira	Madeira
Açores - Grupo Ocidental	Açores
Açores - Grupo Central	Açores
Açores - Grupo Oriental	Açores

As áreas não montanhosas (29%) localizam-se sobretudo nas regiões do litoral do Entre Douro e Minho e da Beira Litoral e, com menor representatividade, do Sudeste da Beira Interior (Figura 5).

Fazendo a correspondência do uso/ocupação do solo obtido pelos dados do INE (2011a) com as classes do programa CLC2006 (EEA, 2010), verifica-se que 26 % da superfície territorial destas seis regiões agrárias enquadra-se nas classes 2A, 2B e 3B, enquanto a restante superfície (74 %) se enquadra nas outras classes de uso. Esta superfície resulta do somatório da área florestal, da SAU não utilizada e de outras superfícies nas explorações agrícolas, mais o diferencial entre a superfície territorial e a superfície total das explorações agrícolas (Figura 7). A área florestal total existente nas explorações agrícolas (10 % da superfície territorial) e fora das explorações constitui o mais importante uso/ocupação do solo nestas regiões agrárias totalizando 40 % da superfície territorial (classe 3A) (INE, 2011b). Este uso do solo predomina nas áreas de montanha, como os dados da EEA (2010) indicam, tendo expressão em todo o gradiente altitudinal florestal.

As espécies florestais mais representativas nas seis regiões agrárias são o pinheiro bravo (42%), seguido pelo eucalipto (25%) e pelo carvalho (7%), correspondendo no seu conjunto a 74 % da superfície florestal (INE, 2011b). Analisando a representatividade das espécies florestais e tomando o País como referência, verifica-se o seguinte: i) estes três grupos de espécies, o castanheiro e outras resinosas situam-se quase exclusivamente nestas regiões agrárias, (> 90 % da superfície de cada grupo de espécies); ii) o pinheiro bravo e o eucalipto localizam-se maioritariamente na Beira Litoral e na Beira Interior, e iii) o carvalho, outras resinosas e sobretudo o castanheiro localizam-se maioritariamente nas regiões de Entre Douro e Minho e de Trás-os-Montes (INE, 2011b). Neste uso do solo destacam-se ainda as áreas ocupadas por espaços naturais e semi-naturais nos Açores (22.900 ha) e pela floresta natural “Laurissilva” na Madeira (16.100 ha), consideradas de elevado valor em termos de conservação da biodiversidade.

Outro tipo de uso/ocupação do solo dominante nestas regiões e associado a áreas de montanha são as culturas pratenses e forrageiras, com 11% da superfície territorial ocupada com pastagens

permanentes, acrescida de 24 % da superfície destinada a terras aráveis e culturas permanentes (24 % de 719.268 ha) ocupada com prados e culturas forrageiras, totalizando 17 % da superfície territorial (classes 2B e 3B) (Figuras 7 e 8). Trata-se de igual modo de um uso do solo com expressão em todo o gradiente de altitude, embora a distribuição dos efetivos pecuários obedeça a um certo padrão. Desta forma, os bovinos de leite dominam nas áreas de menor altitude e sobretudo com influência Atlântica (EDM, BL e Açores), os bovinos de carne os ovinos e caprinos são característicos das regiões de montanha, até cotas de 1.000 - 1.200 m para os bovinos, em todo o gradiente altitudinal para os ovinos e nas cotas tendencialmente superiores aos 700 m para os caprinos.

Estes efetivos pecuários (Figura 9) representam 16 % dos bovinos de leite, 35 % dos bovinos de carne, 41 % dos ovinos e 61 % dos caprinos existentes no País, a que corresponde um valor económico em produção de carne dos três efetivos de respetivamente 72%, 57 % e 69 % dos valores totais para o País (INE, 2010; INE, 2011a).

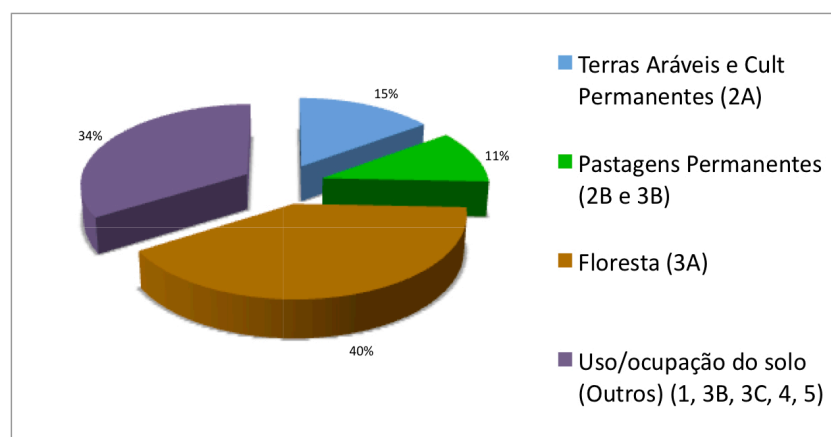


Figura 7 – Uso de solo (% da superfície territorial) para o conjunto das Regiões Agrárias de Portugal onde as áreas de montanha predominam, com base no Recenseamento Agrícola de 2009 (INE, 2011a;b). Para cada tipologia de uso é feita a correspondência às classes de uso/ocupação do solo (CLC2006) (EEA, 2010), indicadas na Figura 6. Regiões Agrárias: Entre Douro e Minho (EDM), Trás-os-Montes (TM), Beira Litoral (BL), Beira Interior (BI), Madeira e Açores.

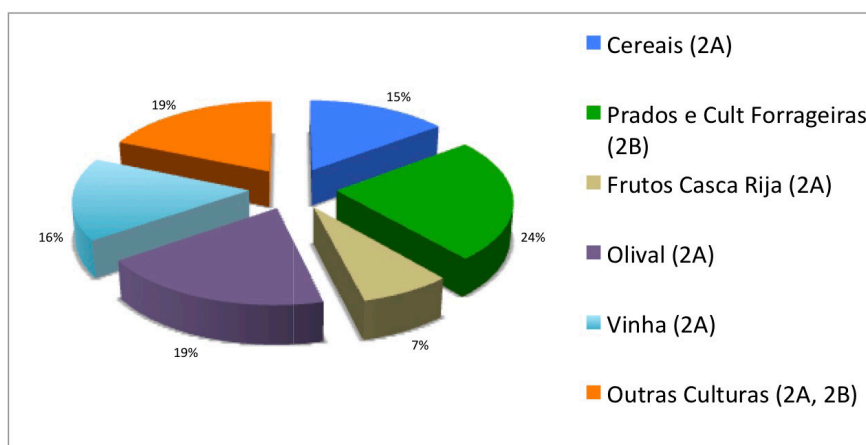


Figura 8 – Uso de solo (% da superfície de solo dentro das "terras aráveis e culturas permanentes" (2A)) para os conjuntos de culturas com maior expressão nas mesmas Regiões Agrárias em estudo (INE, 2011a). Para cada tipologia de uso é feita a correspondência às classes de uso/ocupação do solo (CLC2006) (EEA, 2010), indicadas na Figura 6. Regiões Agrárias: Entre Douro e Minho (EDM), Trás-os-Montes (TM), Beira Litoral (BL), Beira Interior (BI), Madeira e Açores.

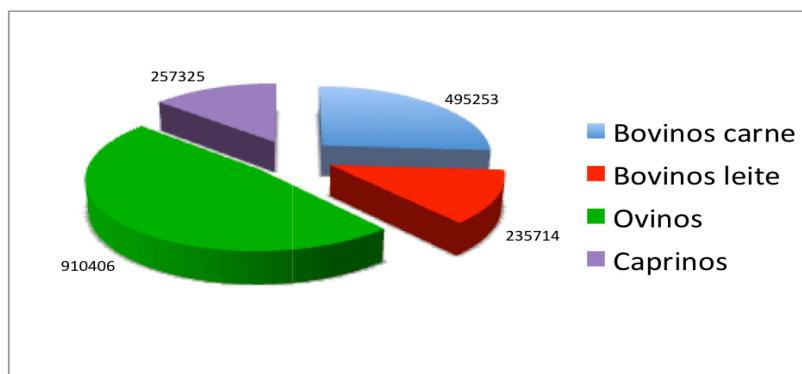


Figura 9 – Efetivos pecuários (nº de cabeças de bovinos, ovinos e caprinos) existentes nas mesmas Regiões Agrárias em estudo (INE, 2011a). (Regiões Agrárias: Entre Douro e Minho (EDM), Trás-os-Montes (TM), Beira Litoral (BL), Beira Interior (BI), Madeira e Açores).

O valor económico por unidade de superfície forrageira (17 % da superfície territorial) da produção de leite relativa aos bovinos e de carne relativa aos três efetivos pecuários é de 1.245 €/ha, onde a carne representa apenas 31% desse valor (INE, 2011a). Salienta-se que a produção animal em montanha é sobretudo baseada em raças autóctones, como se refere no ponto seguinte relativo à biodiversidade, e destinada essencialmente á produção de carne.

Os cereais, onde se incluem as espécies trigo mole e trigo duro, milho, centeio, arroz aveia e cevada, ocupam 15 % da superfície territorial (Figura 8). Contudo as espécies milho, trigo duro e sobretudo o arroz são culturas dominantes nas áreas não montanhosas destas regiões agrárias, localizadas quase exclusivamente na Beira Litoral e Entre Douro e Minho. O centeio (17%) o trigo mole (9%) e a aveia (8%) são os cereais típicos de montanha, que em conjunto ocupam 34% da superfície de cereais nas seis regiões agrárias. É de salientar que este grupo de culturas não tem praticamente expressão na Madeira e nos Açores. O valor económico das produções de cada uma destas culturas nestas regiões representa em relação ao País 99 % para o centeio, 16 % para o trigo mole e 9% para a aveia, totalizando 5 587.805 € (3 % do valor económico de todos os cereais em Portugal) (INE, 2011b). A este valor económico corresponde um rendimento por unidade de superfície de apenas 141 €/ha. A aveia e sobretudo o milho e o trigo mole têm a sua área de cultivo limitada até à cota de 900 – 1.000m, enquanto o centeio pode ser cultivado até cotas de 1.600m (Ribeiro, 1945).

As espécies de frutos de casca rija dominantes nas áreas de montanha destas regiões agrárias são a amendoeira com 33% e o castanheiro com 63% da área total (53.281 ha) ocupada por este grupo de espécies nestas regiões agrárias, localizadas principalmente em Trás-os-Montes (INE, 2011a). A estas duas espécies corresponde um valor económico de 26 343.996 €, representando 67% do valor global para o País e 80% do valor relativo às regiões agrárias em estudo, para um universo de quatro espécies (amendoeira, castanheiro, noqueira e avelã). O valor económico por unidade de superfície é de 161 €/ha para a amendoeira e de 690 €/ha para o castanheiro (INE, 2011b). A distribuição destas espécies segundo a altitude obedece ao seguinte padrão: a amendoeira é cultivada até cotas de 700 - 800m, enquanto o castanheiro tem a sua maior expressão numa faixa altitudinal, compreendida entre 400/500m (INRB, 2008) e 1.100m (Taborda, 1932).

O olival localiza-se predominantemente nas regiões de Trás-os-Montes e da Beira Interior, a que corresponde 89% da superfície total cultivada, considerando o universo das seis regiões agrárias

(INE, 2011a). O valor económico da produção de azeite nas seis regiões agrárias representa 43% do valor total para o País, mas fornece um rendimento por unidade de superfície de apenas 334 €/ha (INE, 2011a). À semelhança dos cereais, esta cultura não tem expressão na Madeira e nos Açores.

A vinha é a cultura com uma distribuição mais uniforme pelas quatro regiões agrárias do continente. Nos Açores e sobretudo na Madeira ainda tem alguma expressão, representando estas duas regiões 2 % da superfície desta cultura no universo das seis regiões agrárias, enquanto Trás-os-Montes detém a maior superfície, 52%. A vinha é de entre este conjunto de culturas permanentes a que tem maior representatividade nestas regiões agrárias face à área da cultura no País, 65 % (INE, 2011a), o mesmo acontecendo em termos de valor económico, permitindo um rendimento por unidade de superfície de 5.712 €/ha.

A distribuição destas duas culturas em termos altitudinais ocorre até à cota de 700 - 800m (Ribeiro, 1945). É nestas regiões agrárias, predominantemente em áreas de montanha, que se localizam as principais regiões demarcadas de produção de vinho, a região de Vinhos Verdes, Trás-os-Montes, Douro, Dão, Beira Interior e Madeira.

Este uso do solo pela agricultura *sensu lato* assenta num número elevado de explorações (221.180 – 72 % do número total no País) às quais corresponde uma superfície média individual de 7,7 ha (50% da dimensão média para o País), com um máximo de 15 ha na Beira Interior e um mínimo de 0,5 ha na Madeira (INE, 2011a).

Estas explorações, outrora baseadas essencialmente em vários tipos de policultura (Ribeiro, 1945), quer de produções vegetais quer em sistemas agropecuários (sistemas mistos ou combinados de culturas e criação de gado), assentam hoje em dia em produções especializadas. As explorações especializadas ($\geq 2/3$ do Valor de Produção Padrão Total (VPPT) proveniente de uma única atividade produtiva) correspondem nas seis regiões agrárias a 62%, enquanto 38% são mistas ou combinadas (policultura, polipecuária, mistas de culturas e criação de gado). Contudo, tomando como referência o País, nestas mesmas regiões encontram-se 67% das explorações especializadas e 85% das explorações mistas ou combinadas (INE, 2011a).

Na Figura 10 podem ser observadas as especializações produtivas dominantes nas seis regiões em estudo. Nas explorações mistas ou combinadas predominam a “Policultura” e as “Mistas de culturas e criação de gado” totalizando 31%. Nas explorações especializadas destacam-se as “Culturas Permanentes” e a “Produção de Herbívoros”, totalizando 48%. As culturas arvenses, onde predominam os cereais, estão afetadas a 9 % das explorações. De entre as culturas permanentes, a especialização em viticultura ocupa 13% das explorações, enquanto a fruticultura, onde os frutos de casca rija dominam, e o olival ocupam 6 % cada. Nos herbívoros, a especialização produtiva dominante vai para os grupos de pequenos ruminantes (ovinos e caprinos) com 7% e de bovinos de carne com 6%.

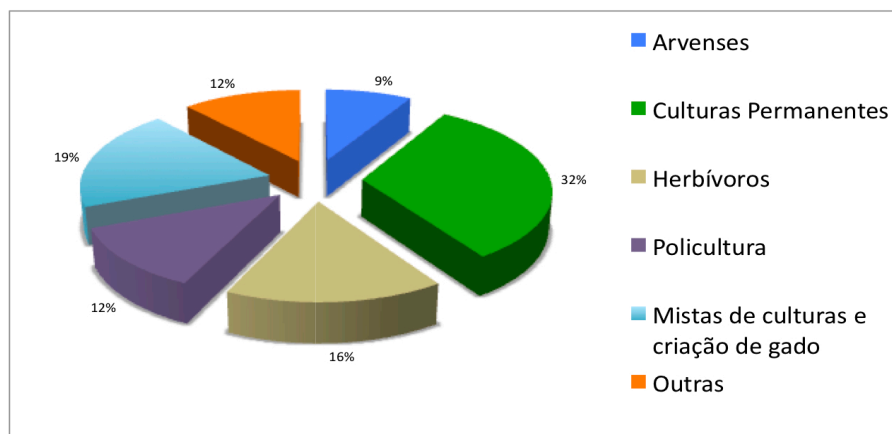


Figura 10 – Especialização produtiva das explorações agrícolas (% do número total) de acordo com os principais usos do solo nas seis Regiões Agrárias em estudo (INE, 2011a). (Regiões Agrárias: Entre Douro e Minho (EDM), Trás-os-Montes (TM), Beira Litoral (BL), Beira Interior (BI), Madeira e Açores)

As explorações das seis regiões agrárias (72 % do total) contribuem apenas com 48% do VPPT do País (ou seja, 48% de $4\,639.739 \times 10^3$ €) (INE, 2011a). O valor médio do VPPT por exploração é de 11.500 € (76 % do valor médio nacional), devido essencialmente ao valor muito elevado verificado nos Açores (25.900 €) (Figura 11). Contudo, o valor médio do VPPT por unidade de superfície total das explorações é de 3.245 €/ha, correspondendo a 329 % dos valores médios nacionais. Estes elevados valores devem-se ao fato de na Madeira os valores unitários estarem totalmente fora do padrão verificado para todas as regiões do país (11.277 €/ha) (Figura 12).

É precisamente devido à especificidade das Ilhas Atlânticas em termos estrutura fundiária e do tipo de culturas praticadas, onde as subtropicais têm um papel relevante, que o VPPT segue um comportamento inverso, quando calculado por exploração agrícola e por unidade de superfície (Figuras 11 e 12). Relativamente ao Continente o VPPT segue a mesma variação, onde sistematicamente as duas regiões, quase exclusivamente de montanha (TM e BI), apresentam os menores valores (40 a 60 % das médias para o País). Estas diferenças do VPPT em relação ao País seguem muito de perto as diferenças da densidade económica, dentro e fora das regiões de montanha, referidas no ponto 1.3.1

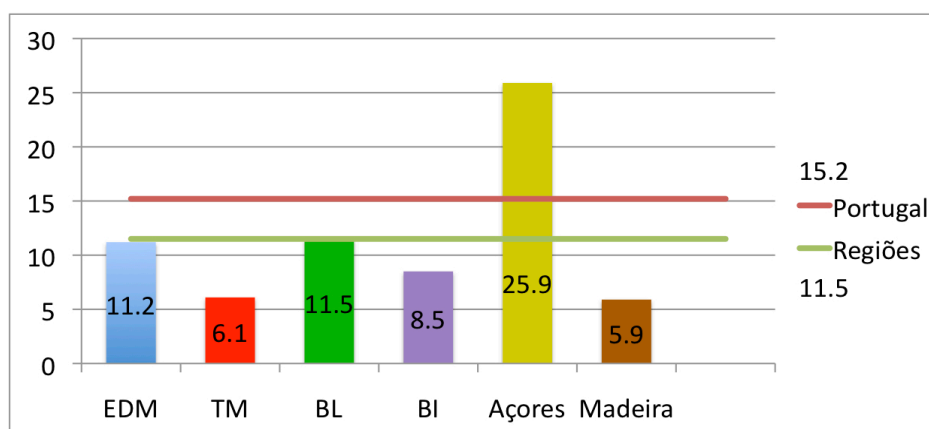


Figura 11 – Valor de Produção Padrão Total (VPPT) médio por exploração agrícola para cada uma das seis Regiões Agrárias, para Portugal e conjunto das Regiões, expresso em Euros ($\times 10^3$ €) (INE, 2011a). (Regiões Agrárias: Entre Douro e Minho (EDM), Trás-os-Montes (TM), Beira Litoral (BL), Beira Interior (BI), Madeira e Açores)

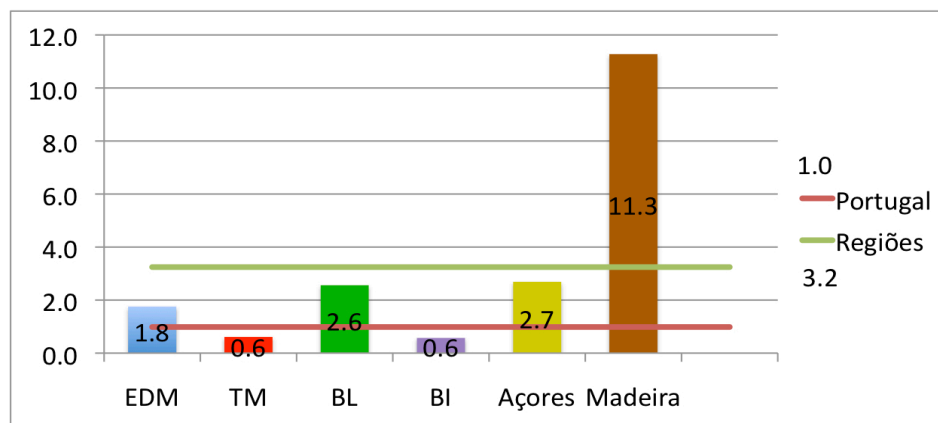


Figura 12 – Valor de Produção Padrão Total (VPPT) médio por unidade de superfície (ha) para cada uma das seis Regiões Agrárias, para Portugal e conjunto das Regiões, expresso em Euros ($\times 10^3$ €) (INE, 2011a). (Regiões Agrárias: Entre Douro e Minho (EDM), Trás-os-Montes (TM), Beira Litoral (BL), Beira Interior (BI), Madeira e Açores)

Estes baixos valores por unidade de superfície nestas duas regiões agrárias (TM e BI) refletem os valores económicos obtidos para as principais atividades produtivas, onde a produção de cereais (141€/ha), de amêndoa (161€/ha), de azeite (334€/ha) e de carne (389€/ha) apresentam valores nitidamente inferiores aos valores médios das duas regiões. A produção de castanha (690€/ha) e de vinho (5712€/ha), apesar de apresentarem valores relativamente elevados, não são suficientes para aproximar estas duas regiões às restantes regiões em estudo (Figura 12).

Articulando a informação sobre o uso do solo com a especialização produtiva das explorações agrícolas podemos destacar, para este ponto, as seguintes notas finais:

- A floresta continua como um uso do solo dominante em Portugal, embora sem uma especialização produtiva ao nível das explorações agrícolas. Isto deve-se ao fato de a floresta ser uma atividade de menor importância para as explorações, atendendo ao elevado período de carência, à baixa superfície das explorações e ao baixo valor económico por unidade de superfície (202 €/ha na produção de bens e 268 €/ha incluindo os serviços associados (INE, 2011b), valores bastante diferentes dos referidos por Singh (2007).
- As culturas pratenses e forrageiras (pastagens permanentes e prados e culturas forrageiras) é o segundo maior uso do solo, associado à produção de herbívoros, confirmando a dominância destes dois usos do solo como típicos de montanha.
- A policultura em Portugal está praticamente restrita às regiões de montanha (seis regiões agrárias em estudo). Apesar disso, a especialização produtiva ocorre na maioria das explorações nestas seis regiões, devido principalmente às alterações ocorridas nos últimos anos em termos sociais, de tecnologia produtiva, de mercados e dos preços de fatores de produção e de produtos. As maiores alterações ocorreram no grupo de culturas permanentes e dos efetivos pecuários, em resultado da evolução da policultura vegetal e dos sistemas agropecuários, para monoculturas arbóreas e arbustivas, sistemas de produção animal especializados e mesmo de cereais (arroz, milho e trigo).
- Esta especialização tem conduzido a um funcionamento dos sistemas muito mais dependente dos fatores de produção externos (inputs), principalmente nos sistemas de produção vegetal, nem sempre acompanhados de aumentos de rentabilidade por unidade de superfície, como constatado.
- Por último, esta evolução tem ocorrido em sentido inverso face às tendências e recomenda-

ções mais recentes: a aposta preferencial, e sempre que tecnicamente viável, em sistemas policulturais e/ou mistos de produção vegetal e animal (agropecuários e/ou agro-silvopastoris), de forma a garantir uma maior sustentabilidade dos sistemas de agricultura, principalmente em regiões de montanha.

1.3.3 Biodiversidade

A biodiversidade das montanhas em Portugal é particularmente interessante a qualquer dos níveis do conceito habitualmente considerado (ecossistemas, espécies, genes), o que resulta em parte do enquadramento geográfico destas áreas nos maciços montanhosos das Montanhas Ibéricas e Ilhas Atlânticas, os quais apresentam níveis de biodiversidade mais elevados do que os restantes maciços da Europa, principalmente no centro e no norte do continente. A diversidade de ecossistemas é extremamente alta, resultante de fortes gradientes altitudinais (e consequente diversidade climática) que se combinam com a elevada heterogeneidade espacial associada a outros fatores físicos (geologia, relevo, solos), com os padrões da gestão histórica e atual da paisagem e de outros processos de perturbação natural (fogo, por exemplo). As paisagens que resultam da interação destes componentes suportam comunidades florísticas e faunísticas de elevada riqueza e valor de conservação, combinando espécies de habitats semi-naturais (alguns dos quais raros e ricos em espécies endémicas) com espécies associadas as habitats modificados ou mesmo introduzidos e ainda espécies que utilizam simultaneamente vários habitats.

Para as Serras de Montesinho e Nogueira (108.000 ha) no Norte de Portugal estão referenciadas 1.100 dos cerca de 4.000 taxa de plantas vasculares ocorrendo em Portugal, incluindo as ilhas dos arquipélgos dos Açores e da Madeira (Aguiar, 2002). Muitas das espécies em áreas de montanha são endémicas ou raras (por exemplo, a flora dos afloramentos de rochas ultrabásicas do Nordeste ou das regiões mais elevadas das Serras da Estrela e do Gerês e a floresta Laurissilva das Ilhas Atlânticas) ou então parte de comunidades muito exclusivas. A Serra da Estrela encontra-se entre as áreas com maior número de plantas endémicas da Península Ibérica. Todos os grupos de organismos apresentam em geral riqueza específica mais elevada em regiões de montanha comparativamente a outras áreas (Figura 13).

A abundância de habitats semi-naturais e de baixa intensidade de utilização combinada com a baixa densidade populacional humana destes territórios permite a persistência de médios e grandes mamíferos e aves (e.g., lobo ibérico ou águia real) em populações estáveis (Figura 14) ou de espécies que se encontram sob ameaça noutros territórios (e.g. *Galemys pyrenaicus*). A diversidade genética de animais, plantas e fungos domesticados é igualmente muito elevada tal como demonstrado pela diversidade de plantas cultivadas nalgumas áreas de montanha (Carvalho, 2010) e pela diversidade de raças autótones de bovinos, ovinos, caprinos e suínos (Figura 15; ver também Castro (2016)).

A conservação da natureza e da biodiversidade em Portugal está estruturada de acordo com uma Rede Fundamental de Conservação da Natureza (RFCN) composta pelo Sistema Nacional de Áreas Classificadas (SNAC), por sua vez constituído pelas Áreas Protegidas, pelas áreas classificadas de acordo com Diretivas da União Europeia e pelas áreas classificadas ao abrigo de compromissos internacionais do Estado Português. As áreas da Rede Nacional de Áreas Protegidas foram estabelecidas a partir de 1971 mas, de forma alargada e de acordo com um sistema de classificação diversificado e ajustado à realidade nacional, a partir de 1976. Esta classificação utiliza critérios

diversos considerando simultaneamente aspetos da biodiversidade, aspetos cénicos, antropológicos e do património construído. As áreas classificadas no âmbito de Diretivas da União Europeia dizem respeito às Zonas de Proteção Especial (Diretiva Aves) e às Zonas Especiais de Conservação (Diretiva Habitats) que conjuntamente constituem a rede europeia Natura 2000 (Figura 16).

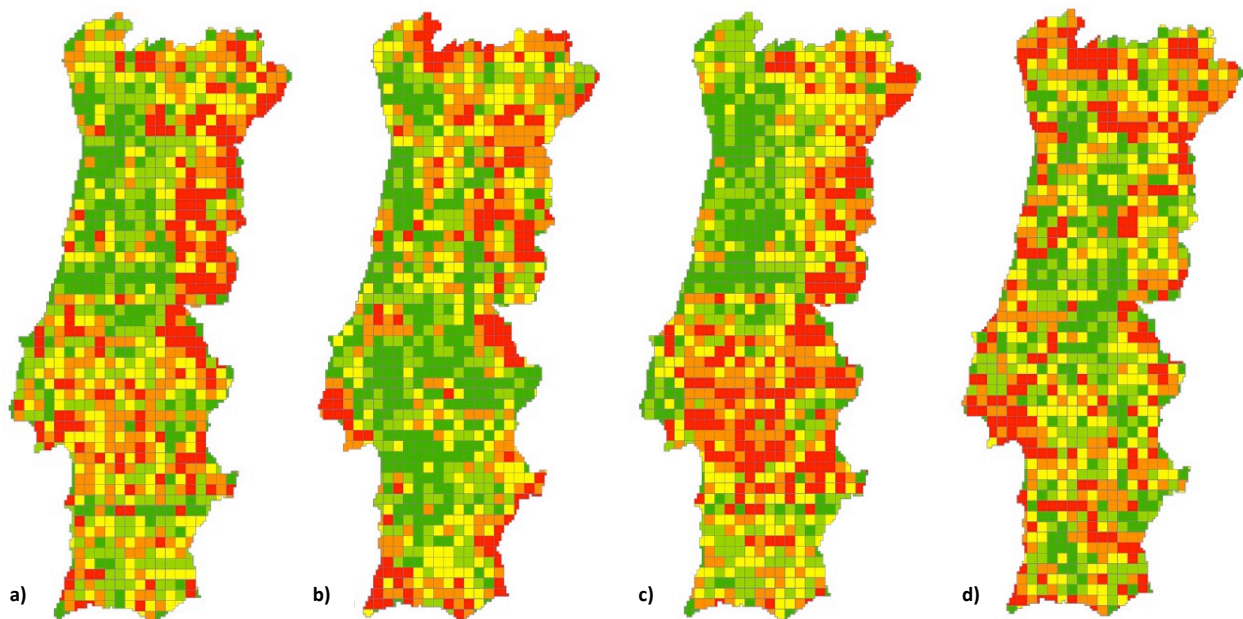


Figura 13 – Diversidade de espécies de fetos, gimnospermas, anfíbios, répteis e aves em Portugal. (a) Riqueza específica total (total 333 sp., max. 142 sp.), (b) riqueza de répteis (total 28 sp., max. 20 sp.), (c) riqueza de aves (total 211 sp., max. 113 sp.), e (d) valor de conservação (baseado na distribuição das espécies dos cinco grupos). Cores quentes indicam valores mais elevados de riqueza ou valor. Fonte: Proença et al. (2009).

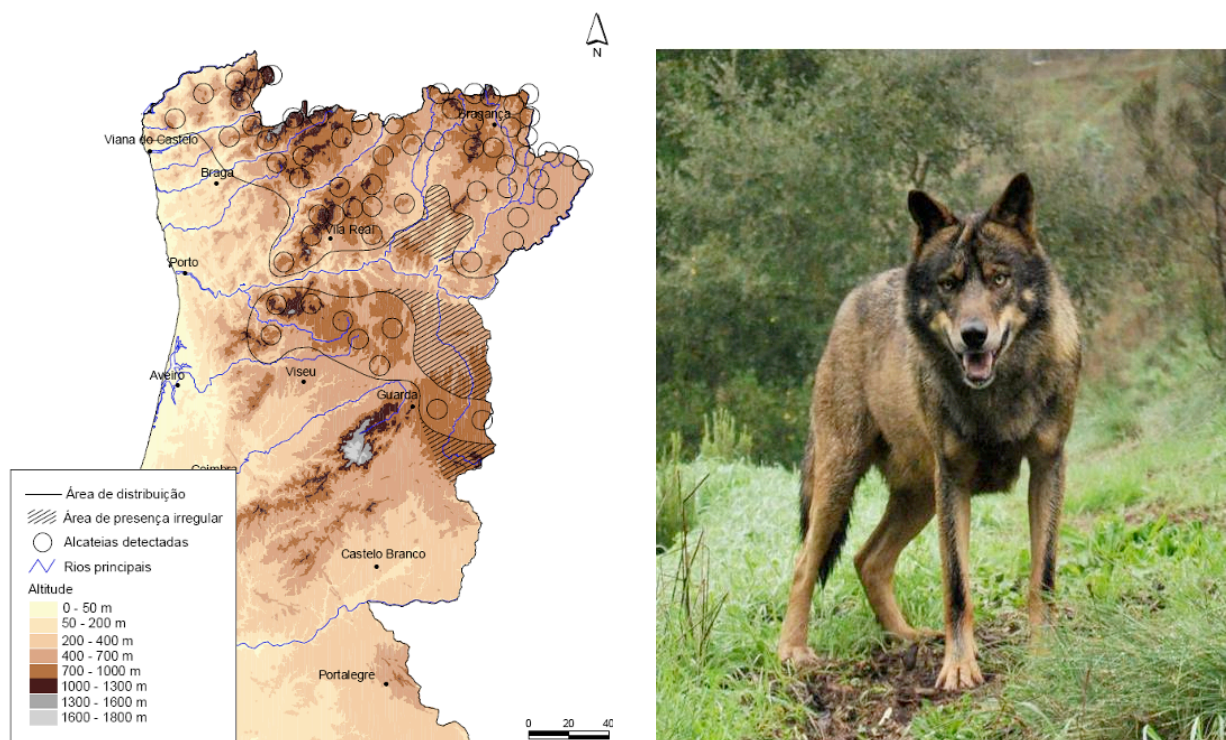


Figura 14 – Distribuição de alcateias de lobo (*Canis lupus signatus*) em Portugal. Apesar da área de distribuição da espécie no início do século XX incluir todo o país, hoje apenas persistem populações em montanhas e planaltos do norte e centro do país. Fontes: Pimenta et al. (2005); foto do Grupo Lobo (<http://lobo.fc.ul.pt/>).

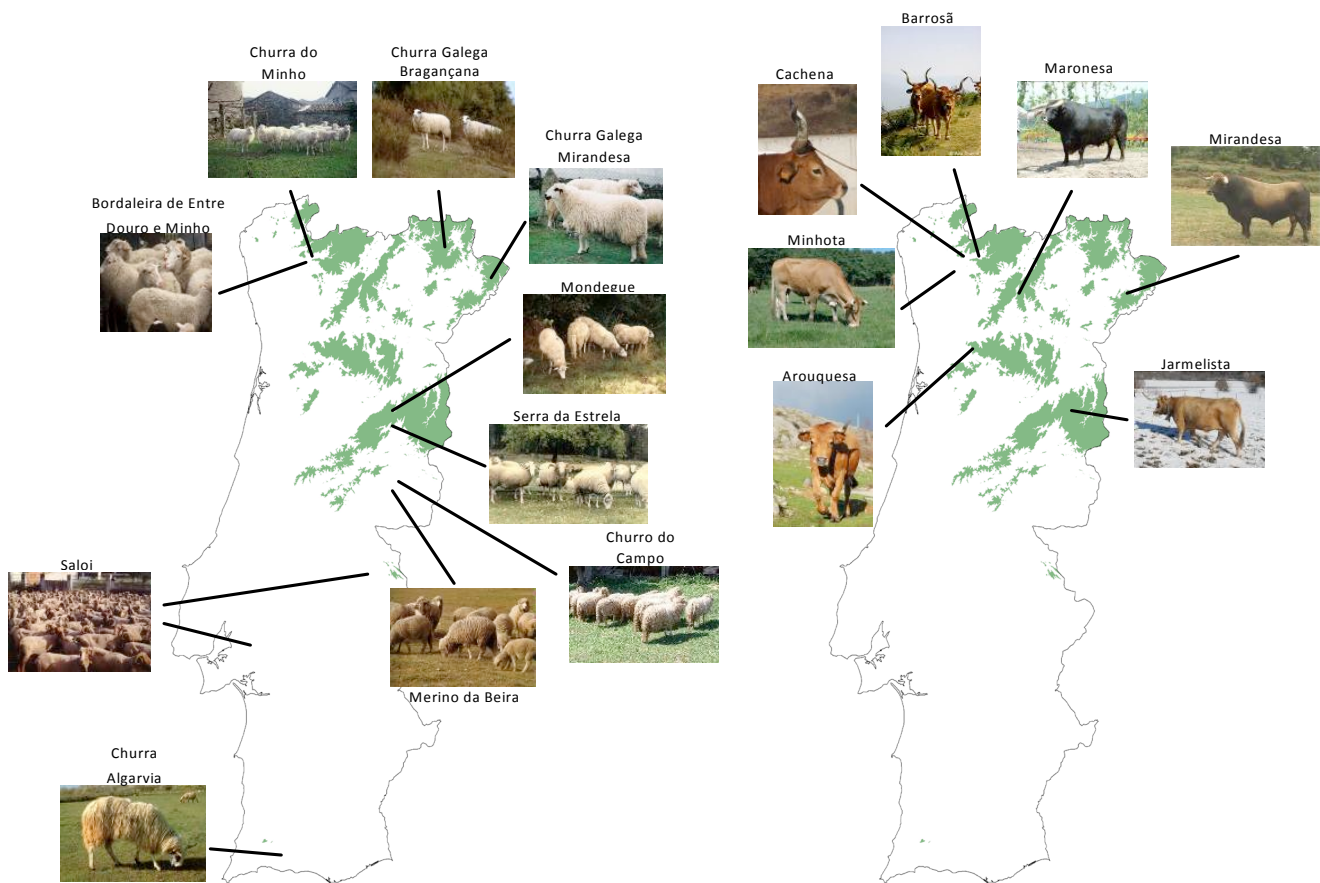


Figura 15 – Distribuição de raças autóctones de ovinos (esquerda) e bovinos (direita) oficialmente reconhecidas em áreas de montanha em Portugal. As linhas indicam a localização aproximada dos centros das áreas de distribuição atual. As áreas a verde em fundo representam altitudes acima de 700m. 10 das 15 e 7 das 13 raças autóctones de ovinos e bovinos, respetivamente, encontram-se fortemente associadas a áreas de montanha. Fontes de informação e imagens: Sociedade Portuguesa de Ovinotecnia e Caprinotecnia (<http://www.ovinosecaprinos.com>) e Fotografias de Raças Autóctones (<http://autoctones.ruralbit.com>).

A importância das áreas de montanha no SNAC é muito elevada. Na verdade, as maiores áreas protegidas em Portugal (Parque Natural da Serra da Estrela - Cordilheira Central, Parque Natural de Montesinho - Planalto Transmontano-Beirão, Parque Nacional da Peneda-Gerês - Noroeste) localizam-se em espaços de montanha. Outras áreas de montanha de altitudes mais baixas (Parque Natural das Serras de Aire e Candeeiros, Parque Natural da Arrábida, Parque Natural da Serra de S. Mamede, Parque Natural do Alvão, Reserva Natural da Serra da Malcata) complementam este quadro. A Rede Natura 2000 alarga o quadro de conservação à generalidade das áreas de montanha portuguesas, particularmente com a atribuição de um estatuto de conservação a áreas de elevado significado como a Serra da Nogueira, a Serra do Marão ou a Serra Algarvia (Figura 16).

As medidas de conservação em Portugal, nomeadamente o estabelecimento de áreas classificadas, corresponde em geral às adotadas nas Montanhas Ibéricas e Ilhas Atlânticas na Península Ibérica. A rede Natura 2000 ocupa cerca de um terço da superfície nas Montanhas Ibéricas e mais de 40% nas Ilhas Atlânticas. As Áreas Protegidas estabelecidas por Portugal e Espanha representam 14 e 31% destes maciços (Figura 17a).

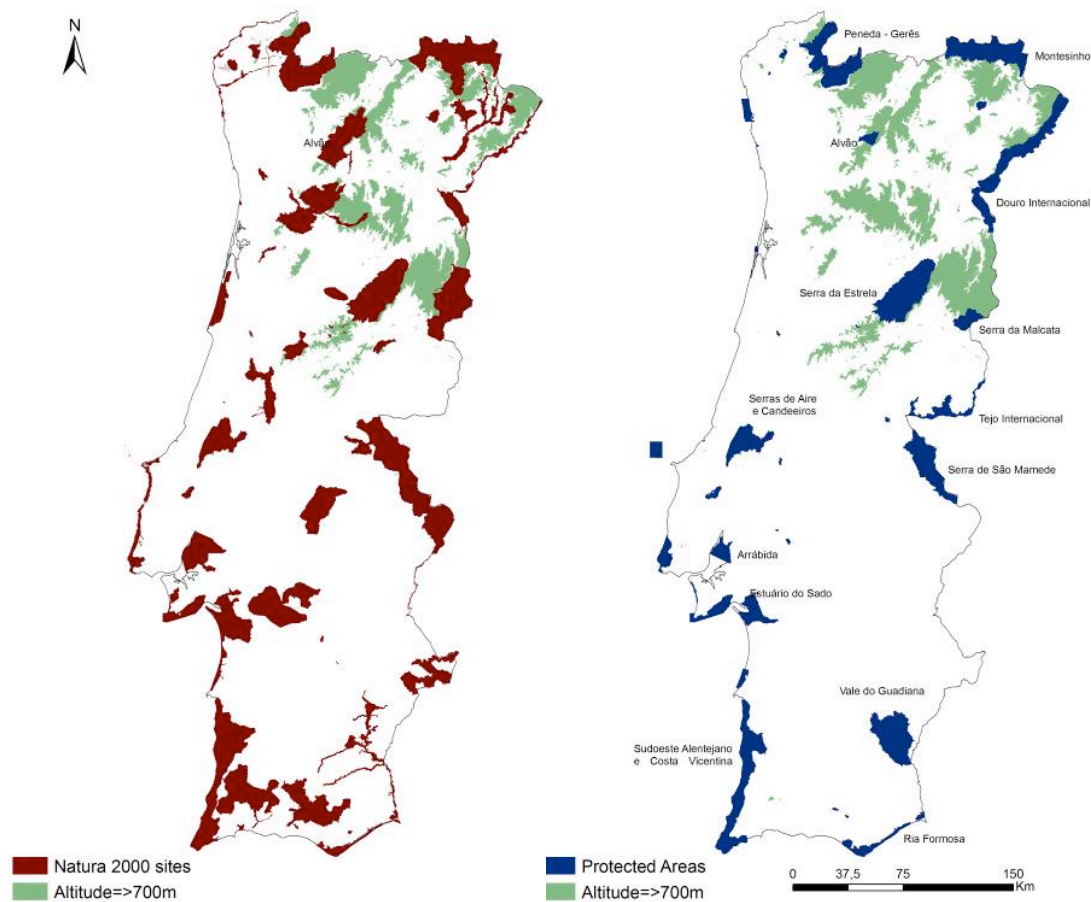
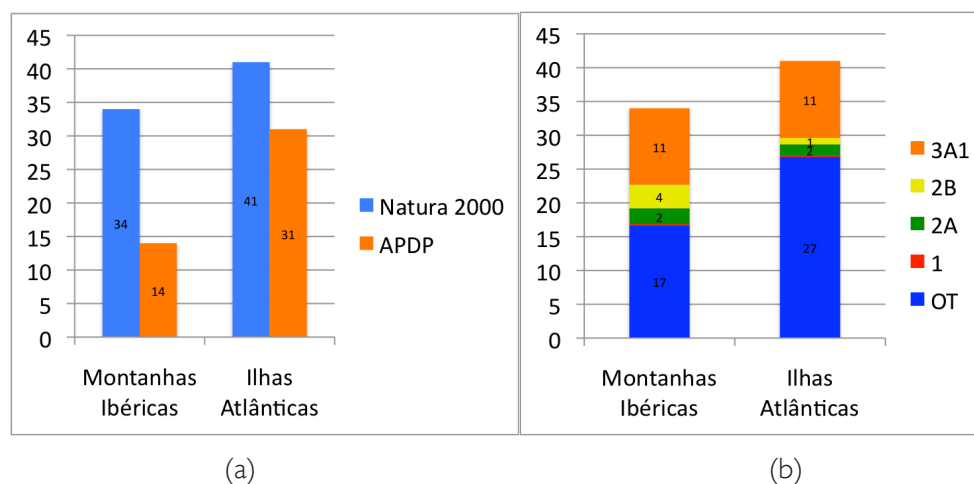


Figura 16 – O Sistema Nacional de Áreas Classificadas (SNAC), que inclui as Áreas Protegidas (direita) e as áreas classificadas no âmbito das diretivas Aves e Habitats (Natura 2000) (esquerda), entre outras, é parte integrante da Rede Fundamental de Conservação da Natureza (RFCN). Uma proporção substancial de áreas de montanha em Portugal possui um estatuto de conservação, fazendo dessa forma parte do SNAC e da RFCN. Por outro lado, uma elevada proporção do território nacional incluído em áreas classificadas corresponde a áreas de montanha. Adicionalmente, algumas áreas relevantes para a conservação encontram-se em áreas de montanha de altitude inferior a 700m que não se encontram assinaladas nos mapas (e.g. Serras de Aire e Candeeiros, Arrábida and S. Mamede). Fonte: ICNF (<http://www.icnf.pt/portal>).



Figuras 17 – (a) Proporção (%) das áreas de rede Natura 2000 e Áreas Protegidas Designadas pelos Países (APDP) em cada maciço montanhoso; (b) Proporção (%) de classes de uso do solo na rede Natura 2000 por maciço montanhoso (Fontes: EEA (2010); Néry (2007)). Classes de uso do solo consideradas: 1, 2A e 2B idênticas às referidas na Figura 6; 3A1 – Floresta; OT – Restantes classes de uso referidas na Figura 6 mais a vegetação arbustiva de transição da classe 3A.

Ao nível do uso do solo, verifica-se que as classes de uso não agrícola/florestal e não artificializadas (classes 3B, 3C, 4 e 5, ou OT), menos humanizados e mais naturais, são as mais representativas dos territórios classificados como rede Natura 2000 (Figura 17), principalmente nas Ilhas Atlânticas. A floresta aparece como o uso de solo agrícola/florestal com maior e igual representatividade nos dois maciços.

1.3.4 Gestão e conservação de áreas de montanha em Portugal

Como referido anteriormente, uma porção significativa da diversidade de ecossistemas, espécies e genes nas montanhas em Portugal encontra-se associada a atividades humanas. A diversidade de ecossistemas, abordável à escala da paisagem, é diretamente afetada pelas atividades humanas que, por interação com outros processos, são responsáveis por padrões espaciais complexos de habitats que suportam níveis elevados de diversidade a outros níveis. Habitats introduzidos e geridos são responsáveis por níveis elevados de diversidade de espécies. Uma parte significativa e de grande valor da diversidade genética encontra-se associada às espécies domesticadas da flora e da fauna. Os mesmos padrões foram a base para a classificação de áreas de conservação em Portugal desde os anos 70, onde as áreas de montanha são incontornáveis. Apesar da biodiversidade em áreas de montanha em Portugal (e na generalidade da Europa) que valorizamos hoje ser resultado de processos de transformação iniciados há 8.500 anos, as montanhas pela sua dimensão, isolamento, baixa densidade populacional e diversidade de condições ecológicas são espaços de elevada diversidade e prioritários em políticas de conservação. Muitas destas áreas possuem valor patrimonial. Apesar disso as atividades humanas são da maior relevância no contexto da sua conservação como pode ser avaliado com base no exemplo dos *lameiros* (Figura 18).



Figura 18 – Lameiro circundado de bosques de *Quercus*, *Fraxinus* e *Populus* (esquerda) e sistema de lameiros de rega ao longo de um curso de água numa paisagem dominada por formações arbustivas (direita), Montesinho/Nogueira, Norte de Portugal. Fotos de Carlos Aguiar (esquerda) e Jaime Pires (direita).

Os lameiros são prados semi-naturais de montanha (permanentes) resultantes da ação do homem. São estabelecidos após o corte de bosques húmidos, geralmente acompanhando a rede de drenagem natural, e compostos por espécies herbáceas de orlas e clareiras destes bosques. O estabelecimento destes sistemas remonta à Alta Idade Média (Séculos VIII a X) sendo já muito abundantes e produtivos no Século XIV nas terras altas do norte e Centro de Portugal (Moreira *et al.*, 2001). Estes prados são extremamente ricos em espécies, o que resulta da pressão de seleção da composição florística por herbivoria e da gestão destes sistemas. Existem algumas variantes do sistema em termos de rega, produtividade, gestão e composição florística. Os lameiros

são na sua maioria utilizados para a produção de feno na primavera e pastoreio sobretudo de bovinos durante o resto do ano. A sua manutenção inclui práticas de limpeza e fertilização (Pires *et al.*, 1994), tradicionalmente à base de fertilizações orgânicas e mais recentemente adicionando pontualmente fertilizantes de síntese, sobretudo azotados. O sistema “lameiro” é energeticamente equilibrado, muito produtivo e uma fonte permanente de nutrientes e energia para animais e rendimento para os agricultores dos espaços de montanha.

Em termos ecológicos, os lameiros são importantes a diversas escalas. Apresentam uma elevada diversidade alfa (>30 espécies por unidade) e à escala da paisagem são fundamentais na dinâmica espacial de nutrientes e sedimentos, de perturbações (e.g., fogo) e de populações e comunidades. Os nutrientes na paisagem são transportados dos lameiros, de onde são retirados na forma de erva e palha, para o estabulo e posteriormente para os campos agrícolas, na forma de estrume, sendo de seguida libertados e transportados de novo, através de processos hidrológicos, para os lameiros que funcionam como filtros dispostos ao longo da rede de drenagem, fechando-se assim este ciclo que assegura o funcionamento do sistema socioeconómico nestas áreas de montanha (Aguiar e Azevedo, 2011). Os sedimentos provenientes de áreas agrícolas, libertados e transportados por erosão hídrica, são mantidos no sistema pelo efeito dessas faixas tampão que são os lameiros. Os padrões espaciais e tróficos de muitas populações e comunidades animais no norte de Portugal são afetados pelos lameiros, através do seu papel como habitat de alimentação para um elevado número de espécies de mamíferos e aves que são fundamentais para a manutenção das complexas teias alimentares locais. Predadores de topo e também intermédios (*Mustelidae*, *Felidae*, *Viverridae* e *Canidae*), a maioria dos quais possui um estatuto de conservação de “ameaçado” (Criticamente em perigo, Em perigo e Vulnerável), beneficiam destes sistemas. O lobo (Figura 14), por exemplo, preda principalmente ungulados selvagens que se alimentam em lameiros. Também a biodiversidade domesticada, as raças autóctones das regiões de montanha, depende da manutenção destes sistemas. Os lameiros são assim ecossistemas-chave da montanha de Portugal.

1.4 A oportunidade de uma obra dedicada às montanhas em Portugal

As montanhas em Portugal têm uma grande importância ecológica e socioeconómica, particularmente pelos serviços de ecossistema que fornecem à sociedade. O reconhecimento desta importância é ainda limitado, em parte devido ao insuficiente nível de conhecimento sobre os espaços de montanha. Apesar da assinalável disponibilidade de informação histórica sobre organização administrativa, militar, religiosa, agrícola, demográfica e fiscal, entre outras, a criação de conhecimento científico sobre as áreas de montanha em Portugal é um processo muito recente. Excursões geobotânicas, estudos etnográficos, levantamentos agrícolas e florestais, e outros, em áreas de montanha, contribuíram para o desenvolvimento de muitas áreas fulcrais do conhecimento como as da diversidade biológica, dos sistemas de produção, da paisagem, da hidrologia, dos recursos naturais e da ecologia de alguns sistemas de montanha. No entanto, só a partir dos anos 70, em grande parte por efeito da descentralização da rede de instituições de ensino superior e investigação e do aumento do investimento público em ciência, foi possível aprofundar e consolidar conhecimento sobre montanhas em Portugal. O estado atual do conhecimento, se bem que ainda parcial, permitiu confirmar a importância das áreas de montanha na oferta de serviços de ecossistema. A investigação tornou possível avaliar a magnitude, direção, sazonalidade, e outros atributos destes serviços com base no conhecimento da estrutura e dos

processos ligados a sistemas de montanha e que se encontram apenas parcialmente descritos na literatura (por exemplo, Aguiar *et al.*, 2009, Azevedo, 2012, Pereira *et al.*, 2005, Carvalho-Santos *et al.*, 2016; Fonseca *et al.*, 2014, Ribeiro *et al.*, 2011, Madureira *et al.*, 2013, Sil *et al.*, 2016). Começam a ser conhecidas também as tendências atuais das alterações nos espaços de montanha e as correspondentes consequências para os mesmos serviços. O conhecimento atual permite também destacar a elevada relevância dos sistemas de agricultura de montanha na conservação da paisagem, da diversidade genética, e na produção de produtos de elevada qualidade e valor (por exemplo, Moreira *et al.*, 2001, Beilin *et al.*, 2014, Barros *et al.*, 2016). O conhecimento das propriedades destes produtos, de origem animal ou vegetal, permitem suportar o desenvolvimento do setor terciário em áreas de montanha e assim reduzir uma das principais limitações nestas regiões – a ausência de mecanismos de comercialização da produção local. A ciência nas áreas de montanha permitiu a ligação do conhecimento ao investimento através da participação de produtores e industriais em projetos de investigação e na colaboração entre entidades e indivíduos dos setores produtivos e dos serviços e entidades de investigação.

Nos últimos anos aumentou o interesse da sociedade e da economia pelas áreas de montanha. Para o setor da energia, por exemplo, as montanhas apresentam um elevado potencial para a produção de energia hídrica em unidades de pequena dimensão e para a produção de energia eólica. Ao nível da biomassa, apesar do interesse moderado dos investidores, as montanhas, ocupadas em grande medida por florestas, são estratégicas no fornecimento deste recurso energético, sobretudo numa perspetiva de sustentabilidade e autosuficiência energética local ou regional. Apesar do despovoamento a que foram sujeitas, as áreas rurais de montanha continuam a receber investimentos dos seus proprietários, contribuindo para a substituição de sistemas de agricultura convencionais por sistemas de baixos *inputs* de energia e trabalho, tais como os sistemas florestais e agroflorestais. Nas montanhas baixas do Nordeste de Portugal é visível a expansão de soutos de castanheiro em áreas de cultura de cereais ocorrida durante a última década. O turismo sempre teve um elevado interesse em áreas de montanha por via da aptidão destas áreas para a prática de desportos de inverno e de montanha, atualmente complementadas por outras outras práticas, particularmente ligadas à contemplação e apreciação da biodiversidade, paisagem e património histórico e antropológico bem como, mais recentemente, os produtos alimentares de grande especificidade e qualidade.

Pela presença marcante que têm numa porção significativa do país, pela importância ecológica, económica e cultural que possuem e pelo crescente interesse que recebem da parte de diversos setores da sociedade e da economia, as áreas de montanha em Portugal justificam plenamente uma obra de divulgação científica a elas totalmente dedicada. Este livro constitui assim uma modesta contribuição para a valorização das montanhas em Portugal através da partilha de conhecimento por parte de um conjunto de investigadores reconhecidos em diferentes domínios das ciências agrárias, naturais e sociais. Esta obra tem como ponto de partida o ciclo de conferências que o Centro de Investigação de Montanha (CIMO) organizou durante o ano letivo de 2009/2010 na Escola Superior Agrária do Instituto Politécnico de Bragança, intitulado “Sustentabilidade da Montanha Portuguesa: Realidades e Desafios” ao qual foram acrescentadas outras contribuições de forma a descrever a diversidade e qualidade do trabalho que tem vindo a ser desenvolvido neste amplo campo.

Esta obra destina-se principalmente ao meio académico, particularmente nas áreas da agrono-

mia, silvicultura e ciência animal, onde poderá ser uma obra de referência tanto para estudantes do primeiro e do segundo ciclo como para docentes e investigadores nas áreas indicadas. Destina-se ainda a técnicos das áreas da gestão florestal, pecuária e agrícola, ordenamento e planeamento do território e conservação cuja atividade incida sobre territórios de montanha bem como a potenciais empresários que possam neste livro encontrar inspiração para o desenvolvimento de negócios nas montanhas portuguesas.

O livro está organizado de forma a cobrir os aspetos geográficos e ecológicos fundamentais dos espaços de montanha, nomeadamente o clima e relevo (capítulos 2), a flora e a vegetação (capítulo 3) e a hidrologia (capítulo 4). Aborda também, direta e indiretamente, e sob diversas perspetivas os principais setores de atividade económica relacionada com a montanha como a agricultura (capítulo 5), a produção animal (capítulos 6 e 7) e os produtos de montanha (capítulo 8). Um capítulo introdutório (capítulo 1) define as montanhas e revela algumas das razões para a sua conservação e um capítulo final (capítulo 9) aborda os desafios e as oportunidades das montanhas em Portugal.

Referências

- AEM e IM (2011) - Atlas climático Ibérico. Madrid, AEM, 79 p.
- AEM e IM (2012) - Atlas climático dos arquipélagos das Canárias, da Madeira e dos Açores. Madrid, AEM, 78 p.
- Aguiar, C. (2002) - Flora e vegetação da Serra de Nogueira e do Parque Natural de Montesinho. Tese Doutoramento. Lisboa, Universidade Técnica de Lisboa. 661 p.
- Aguiar, C. e Azevedo, J. (2011) - A floresta e a restituição da fertilidade do solo nos sistemas de agricultura orgânicos tradicionais do NE de Portugal no início do séc. XX. In: Tereso, J.P., Honrado, J.P., Pinto, A.T., Rego, F.C. (Eds.) - Florestas do Norte de Portugal: História, Ecologia e Desafios de Gestão. Porto, InBio, 100-117 p.
- Aguiar, C.; Rodrigues, O.; Azevedo, J. e Domingos, T. (2010) - Montanha. Capítulo 9. In: Pereira H.M.; Domingos T.; Vicente L.; Proença V. (Eds.) - Ecossistemas e Bem-Estar Humano. Avaliação para Portugal do Millenium Ecosystem Assessment. Lisboa, Escolar Editora, p. 295-339.
- Aguiar, C.; Vila-Viçosa, C. (2016) - A flora e a vegetação das montanhas de Portugal continental. In: Azevedo, J.C., Cadavez, V.; Arrobas, M. e Pires, J.M. (Eds.) - Sustentabilidade da Montanha Portuguesa: Realidades e Desafios. Bragança, IPB, p. 59-90.
- Araújo, M.B.; Alagador, D.; Cabeza, M.; Nogueira-Bravo, D. e Thuiller W. (2011) - Climate change threatens European conservation areas. *Ecological Letters*, vol. 14, p. 484-492.
- Azevedo, J.C. (2012) - Florestas, ambiente e sustentabilidade. Uma abordagem centrada nos serviços de ecossistema das florestas do Distrito de Bragança. Lisboa, Academia das Ciências de Lisboa, 25 p.
- Barros, L.; Barreira, J.C.M.; Heleno, S.A.; Fernandes, A.; Dias, M.I.; Pinela, J.; Caleja, C.; Pereira, E.; Caroch, M. e Ferreira, I.C.F.R. (2016). Valorização de produtos de montanha do ponto de vista nutricional e bioativo: estudos de caso em plantas, cogumelos e frutos secos. In: Azevedo, J.C., Cadavez, V.; Arrobas, M. e Pires, J.M. (Eds.) - Sustentabilidade da Montanha Portuguesa: Realidades e Desafios. Bragança, IPB, p. 163-209.
- Beilin, R.; Lindborg, R.; Stenseke, M.; Pereira, H.M.; Llausàs, A.; Slätmo, E.; Cerqueira, Y.; Navarro, L.; Rodrigues, P.; Reichelt, N.; Munro, N. e Queiroz, C. (2014) - Analysing how drivers

- of agricultural land abandonment affect biodiversity and cultural landscapes using case studies from Scandinavia, Iberia and Oceania. *Land Use Policy*, vol.36, p. 60-72.
- Carvalho, A.M. (2010) - Plantas y sabiduría popular del Parque Natural de Montesinho. Un estudio etnobotánico en Portugal. Madrid, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 500 p.
- Carvalho-Santos, C.; Sousa-Silva, R.; Gonçalves, J. e Honrado, J.P. (2016) - Ecosystem services and biodiversity conservation under forestation scenarios: options to improve management in the Vez watershed, NW Portugal. *Regional Environmental Change*, vol. 16, p. 1557-1570.
- Castro, M. (2016). Sistemas de produção animal em regiões de montanha em Portugal. In: Azevedo, J.C., Cadavez, V.; Arrobas, M. e Pires, J.M. (Eds.) - *Sustentabilidade da Montanha Portuguesa: Realidades e Desafios*. Bragança, IPB, p. 127-147.
- Connor, S.E.; Araújo, J.; van der Knaap, W.O. e van Leeuwen, J.F.N. (2012) - A long-term perspective on biomass burning in the Serra da Estrela, Portugal. *Quaternary Science Reviews*, vol. 55, p. 114-124.
- EC (2004) - Mountain areas in Europe: Analysis of mountain areas in EU Member States, acceding and other European countries. Stockholm, Nordregio, 271 p.
- EC/DG-ENV (2013) - Interpretation manual of European Union habitats – EUR 28. Brussels, Nature ENV B.3, 144 p.
- EEA (2010) - Europe's ecological backbone: recognising the true value of our mountains. Copenhagen, European Environment Agency, 248 p.
- Committee on Agriculture and Rural Development (2001) - Report on 25 years' application of Community legislation for hill and mountain farming. Document A5-0277/2001. Strasbourg, European Parliament.
- Fonseca, F.; Figueiredo, T. e Martins, A. (2014) - Carbon storage as affected by different site preparation techniques two years after mixed forest stand installation. *Forest Systems*, vol. 23, p. 84-92.
- Gonçalves, D.A.; Figueiredo, T. e Ribeiro, A.C. (2016) - A geografia e o clima das montanhas ibéricas. In: Azevedo, J.C., Cadavez, V.; Arrobas, M. e Pires, J.M. (Eds.) - *Sustentabilidade da Montanha Portuguesa: Realidades e Desafios*. Bragança, IPB, p. 39-57.
- ICIMOD (2011) - Green economy for sustainable mountain development. Opportunities and challenges in view of Rio + 20. Kathmandu, Nepal, 31 p.
- INE (2010) - Estatísticas agrícolas 2009. Lisboa, INE, 125 p.
- INE (2011a) - Recenseamento agrícola 2009. Análise dos principais resultados. Lisboa, INE, 185 p.
- INE (2011b) - Estatísticas agrícolas 2010. Lisboa, INE, 116 p.
- INRB (2008) - Variedades de Castanha das Regiões Centro e Norte de Portugal. Projeto Agro 448. Oeiras, INRB, 79 p.
- Kapos, V.; Rhind, J.; Edwards, M.; Price, M.F. e Ravilious, C. (2000) - Developing a map of the world's mountain forests. In: Price, M.F. e Butt, N. (Eds.) - *Forests in Sustainable Mountain Development: A State-of-Knowledge Report for 2000*. Wallingford, CAB International, p. 4-9.
- Körner C, e Ohsawa, M. (2005) - Mountain systems. In: Hassan, R.; Scholes, R. e Ash, N. (Eds.) - *Ecosystem and Human Well-being: Current State and Trends. Millennium Ecosystem Assessment, Vol 1*. Washington, DC, Island Press, p. 681-716.
- Körner, C.; Paulsen, J. e Spehn, E. (2011) - A definition of mountains and their bioclimatic belts for global comparisons of biodiversity data. *Alpine Botany*, vol. 121, p. 73-78.

- Maes, J.; Egoh, B.; Willemsen, L.; Liqueste, C.; Vihervaara, P.; Schägner, J.P.; Grizzetti, B.; Drakou, E.G.; Notte, A.L.; Zulian, G.; Bouraoui, F.; Paracchini, M.L.; Braat, L. e Bidoglio, G. (2012) - Mapping ecosystem services for policy support and decision making in the European Union. *Ecosystem Services*, vol. 1, p. 31-39.
- Madureira, L.; Magalhães, P.; Silva, P.G.; Marinho, C. e Oliveira, R. (2013) - Economia dos Serviços de Ecossistema - Um guia para conhecer e valorizar serviços de agroecossistemas em áreas protegidas de montanha. Lisboa, Quercus – Associação Nacional de Conservação da Natureza, 146 p.
- Meybeck, M.; Green, P. e Vörösmarty, C. (2001) - A New Typology for Mountains and Other Relief Classes - An Application to Global Continental Water Resources and Population Distribution. *Mountain Research and Development*, vol. 21, p. 34-45.
- Moreira, N.; Aguiar, C. e Pires, J.M. (2001) - Lameiros e outros prados e pastagens de elevado valor florístico. *Pastagens de Montanha*. Lisboa, Direcção Geral de Desenvolvimento Rural, 47 p.
- Néry, F. (2007) - Nomenclatura CORINE Land Cover: Versão portuguesa comentada. Lisboa, IGP, 105 p.
- Pires, J. M.; Pinto, P.A.; Moreira, N.T. (1994) - Lameiros de Trás-os-Montes. Perspectivas de futuro para estas pastagens de montanha. *Série Estudos nº 29*, Bragança, IPB, 96 p.
- Pimenta, V.; Barroso, I.; Álvares, F.; Correia, J. ; Ferrão da Costa, G.; Moreira, L.; Nascimento, J.; Petrucci-Fonseca, F.; Roque, S. e Santos, E. (2005) - Situação populacional do Lobo em Portugal: resultados do Censo Nacional 2002/2003. *Relatório Técnico*. Lisboa, ICN/ Grupo Lobo, 158 p.
- Pereira, E.; Queiroz, C.; Pereira, H.M. e Vicente, L. (2005) - Ecosystem services and human well-being: a participatory study in a mountain community in Portugal. *Ecology and Society*, vol. 10, 14 [online] URL: <http://www.ecologyandsociety.org/vol10/iss2/art14/>
- Pereira, H.M.; Domingos, T.; Vicente, L. e Proença, V. (2009) - Ecossistemas e Bem-Estar Humano: Avaliação para Portugal do Millennium Ecosystem Assessment. Lisboa, Escolar Editora, 734 p.
- Price, M.F.; Kohler, T.; Wachs, T. e Zimmermann, A. (Eds) (2001) - Mountains of the world - Mountains, energy and transport. *Mountain Agenda*. Berne, Centre for Development and Environment, Institute of Geography University of Berne, 55 p.
- Price, M.F (2005) - Forests in sustainable mountain development. In: Huber, U.M., Bugmann, H.K.M. and Reasoner, M.A. (Eds.) - *Global Change and Mountain Regions*. Dordrecht, Springer Netherlands, p. 521-529.
- Price, M.F. (2007) - Integrated Approaches to Research and Management in Mountain Areas: An Introduction. In: Pricem M.F. (Ed.) - *Mountain Area Research and Management: Integrated Approaches*. London, Earthscan, p. 1-23.
- Proença, V.; Queiroz, C.F.; Pereira, H. M. e Araújo, M. (2009) - Biodiversidade. In: Pereira, H.M.; Domingos, T.; Vicente, L. e Proença, V. (eds.) - *Ecossistemas e Bem-Estar Humano: Avaliação para Portugal do Millennium Ecosystem Assessment*. Lisboa, Escolar Editora, p. 127-179.
- Regato, P. e Salman, R. (2008) - Mediterranean Mountains in a Changing World. Guidelines for developing action plans. Malaga, IUCN Centre for Mediterranean Cooperation, 88 p.
- Ribeiro, O. (1945) - Portugal, o Mediterrâneo e o Atlântico (estudo geográfico). Coimbra, Coimbra Editora, 245 p.
- Ribeiro, S.C.; Azevedo, J.; Guerra, C.; Proença, V.; Carvalho-Santos, C.; Pôças, I.; Correia, T.P.

- e Honrado, J.P. (2011) - Condição e tendências recentes dos serviços de ecossistema florestal no Norte de Portugal. In: Tereso, J.P.; Honrado, J.P.; Pinto, A.T. e Rego, F.C. (Eds.) - Florestas do Norte de Portugal: História, Ecologia e Desafios de Gestão. Porto, InBio, p 206-247.
- Sil, A.; Rodrigues, A.P.; Nunes, J.P.; Carvalho-Santos, C.; Honrado, J.; Alonso, J.; Marta-Pedroso, C. e Azevedo, J.C. (2016) - Tradeoffs and synergies between provisioning and regulating ecosystem services in a mountain area in Portugal affected by landscape change. *Mountain Research and Development*, vol. 36, p. 452-464.
- Singh, S.P. (2007) - Himalayan forest ecosystem services - Incorporating in national accounting. Nainital, Uttarakhand, Central Himalayan Environment Association (CHEA), 53 p.
- Singh, S.P. (2011) - Mountain biodiversity and recreational ecosystem services in the context of green economy. Kathmandu, Nepal, International Conference on Green Economy and Sustainable Mountain Development.
- Taborda, V. (1932) - Alto Trás-os-Montes (estudo geográfico). Coimbra, Universidade de Coimbra, 224 p.
- Thuiller, W.; Lavorel, S.; Araújo, M.B.; Sykes, M.T. e Prentice, I.C. (2005) - Climate Change Threats to Plant Diversity in Europe. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, vol. 102, p. 8245–8250.
- UNEP-WCMC (2002) - Mountain Watch, 2002. Cambridge, UNEP World Conservation Monitoring Centre, 80 p.
- WHO (2005) - Human Health Impacts from Climate Variability and Climate Change in the Hindu Kush-Himalaya Region. Mukteshwar, WHO, Regional Office for South-East Asia, 40 p.

CAPÍTULO

2

A geografia e o clima das montanhas ibéricas

Dionísio A. Gonçalves, Tomás de Figueiredo, António C. Ribeiro e Solange Mendonça Leite

Resumo

A Península Ibérica é marcada, nos seus traços climáticos e ecológicos gerais pela influência do Mediterrâneo e da circulação de Oeste. É um espaço geográfico dominado por diversas cadeias montanhosas e mesetas interiores elevadas no qual os Pirinéus, a NE, e a Cadeia Penibética, a Sul, são os relevos mais imponentes, embora a disposição dos maciços menos elevados tenha igualmente importância climática decisiva. Nesta síntese exploram-se as relações entre os fatores determinados pelo relevo e a distribuição espacial dos principais elementos de clima, ilustradas com exemplos à escala regional. Abordam-se também fenómenos à escala local, típicos das zonas de montanha, como o desenvolvimento de ventos catabáticos e anabáticos, e as inversões térmicas. Num segundo passo, reúnem-se elementos explicativos dos grandes domínios climáticos da Península, mostrando-se os contributos da posição geográfica e da fisiografia para o marcado contraste entre a Ibéria Verde e a Ibéria Parda. Finalmente, desenvolve-se um roteiro descritivo de condições de tempo típicas, configurando condições sinópticas. Sublinha-se a relevância das zonas de montanha da Península Ibérica, depositárias de elementos do maior interesse científico para o conhecimento e preservação dos recursos naturais destas zonas, em larga medida dependentes do clima em que historicamente aí evoluíram ecossistemas e paisagens.

Dionísio A. Gonçalves (✉), **Tomás de Figueiredo**, **António C. Ribeiro**
Centro de Investigação de Montanha (CIMO) e Escola Superior Agrária,
Instituto Politécnico de Bragança, Campus de Santa Apolónia, 5300-253 Bragança
Email: dionisio@ipb.pt

Solange Mendonça Leite

Departamento de Física - ECT, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro,
Quinta dos Prados, 5000-801 Vila Real

2.1 A Península Ibérica: posição geográfica e relevo

A Península Ibérica, situada no extremo SW do Continente Europeu, apresenta a configuração de um pentágono irregular (Figura 1). Um dos lados estabelece a ligação ao Continente de que a Península faz parte, e é marcado pela cordilheira dos Pirenéus. Os outros quatro lados estão confinados pelo Atlântico e pelo Mediterrâneo. É um espaço geográfico dominado por diversas cadeias montanhosas e mesetas interiores elevadas, atingindo uma altitude média de cerca de 650 m.



Figura 1 – Península Ibérica: hipsometria e principais acidentes geográficos

Os Sistemas Montanhosos Peninsulares compreendem a Norte a cordilheira Cantábrica (Torre Cerrado, 2.648 m de altitude), que se prolonga para Leste pelos Pirenéus (Pico Aneto, 3.404 m). Esta cadeia montanhosa isola a Península do restante Continente Europeu. A NW e W desenvolve-se ainda parte da cordilheira Cantábrica bem como o sistema Galaico-Duriense (El Teleno, 2.188 m, e Viscodilho, 2.144 m, o último situado mesmo a Norte de Bragança, no maciço da Sanábria). O sistema Galaico-Duriense prolonga-se pelo litoral português, constituindo o nosso sistema litoral Sintra-Montejunto-Lousã-Estrela (1.993 m, ponto mais elevado do Continente Português). Estes relevos têm uma influência decisiva no clima do NW peninsular.

No centro da Península desenvolve-se o Maciço Central, com os relevos da Estrela, de Gredos (Almanzor, 2.592 m) e de Guadarrama (Peñalara, 2.430 m) a constituir a sua divisória funda-

mental Norte-Sul. Na parte Leste desse maciço, localizam-se os Montes Ibéricos, com alinhamento meridiano, os quais se desenvolvem desde a zona a Norte de Sória (Serra de S. Lourenço, 2.260 m; Urbión, 2.228 m, onde nasce o Rio Douro; Serra del Moncayo, 2.341 m), até às montanhas de Teruel (Serra de Albarracin, 1.856 m, onde nasce o rio Tejo; Serra de Gudar, 2.028 m, Javalambre, 1.957 m). A Sul ergue-se a Cadeia Penibética, dominada pela Serra Nevada, onde se localiza o ponto mais elevado da Península Ibérica (Mulhacem, 3.481 m).

O Maciço Central, os Montes Ibéricos e os Cantábricos enquadram a vasta área planáltica da Meseta Norte, a Castela a Velha. Por sua vez, são o Maciço Central, os Montes Ibéricos e a Serra Morena (relevo divisor das bacias dos Rios Guadiana e Guadalquivir) que enquadram a Meseta Sul, a Castela a Nova. Entre os Montes Ibéricos, a Oeste, e a Cordilheira Pirenaica, a Leste, estende-se uma unidade geográfica de grande importância - o longo vale do Ebro. No setor meridional da Península, definindo-se entre os alinhamentos da Serra Morena, a Norte, e os do Sistema Penibético, a Sul, desenvolve-se outro notável ambiente geográfico - o vale do Guadalquivir, origem da Andaluzia. A Meseta Norte constitui a parte fundamental da bacia do Rio Douro, enquanto que na Meseta Sul se localizam as bacias hidrográficas dos Rios Tejo e Guadiana. Da mesma forma, o Sistema Galaico-Duriense, na Galiza, é drenado para o Atlântico pela bacia do Rio Minho. No Levante destaca-se, pela sua importância, a bacia do Rio Júcar, o qual, num percurso mais curto do que o dos outros grandes rios peninsulares, nasce nos Montes Ibéricos, passa por Castela la Mancha, dando origem na sua foz aos aluviões de Valência.

2.2 Relevo e clima na Península Ibérica

2.2.1 Efeito da altitude

A altitude é o fator que mais condiciona o clima das montanhas uma vez que a temperatura desce com a altitude, em média, cerca de 0,65°C por cada 100 metros. Do mesmo modo a pressão atmosférica também se reduz com a altitude.

Esse decréscimo de temperatura verifica-se na camada limite planetária que, como se sabe, é onde ocorrem perturbações ligadas à rugosidade da superfície terrestre. A camada limite tem espessura variável, sendo mais espessa de dia que de noite e maior de verão que no inverno. A taxa de variação da temperatura com a altitude não é constante mas apresenta uma oscilação anual, sendo os gradientes mais elevados no verão que no inverno. Nesta altura do ano, há situações em que o gradiente é positivo, indicando fortes inversões térmicas - tal como sucedeu em janeiro de 1983 na bacia superior do Rio Sabor (Quadro 1).

Na realidade, o decréscimo da temperatura com a altitude será o elemento mais importante que modela o clima das montanhas. Nas regiões tropicais apresenta-se de forma mais nítida, bem patente nas zonas climáticas que ocorrem na América Latina: terras “calientes” abaixo dos 1.000 m; terras temperadas dos 1.000 aos 1.800 m; terras frias até aos 2.500 m; e terras geladas até aos 4.000 m. Na mesma linha, e com enfoque na metade setentrional do Continente Português (onde, na verdade, se concentram os seus territórios de montanha), foi analisada a variedade de climas regionais e locais em função da fisiografia e da sua influência na distribuição das denominadas zonas climaticamente homogéneas, e puderam assim delimitar-se os domínios da Terra Quente e da Terra Fria – designações de raiz regional, que se preservaram também pelo grande significado ecológico que encerram.

Quadro I – Valores médios mensais do gradiente térmico vertical entre Gimonde (530 m) e Montesinho (1.376 m), representando montanha e vale adjacente na bacia superior do rio Sabor (Gonçalves, 1985b).

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano
1969	-0,4	-0,6	-0,5	-0,6	-0,7	-0,7	-0,7	-0,6	-0,7	-0,6	-0,5	-0,4	-0,6
1970	-0,6	-0,5	-0,5	-0,2	-0,6	-0,7	-0,9	-0,6	-0,6	-0,4	-0,6	-0,2	-0,5
1971			-0,7	-0,5	-0,6	-0,6	-0,6	-0,7	-0,6	-0,5	-0,5	-0,4	
1972	-0,4	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,6	-0,5	-0,4	-0,6
1973	-0,3	-0,4	-0,5	-0,6	-0,6	-0,4	-0,7	-0,7	-0,8	-0,7	-0,2	-0,3	-0,5
1974	-0,6	-0,7	-0,6	-0,5	-0,6	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,5	0,1	-0,6
1975					-0,7	-0,7	-0,7	-0,7					
1976													
1977													
1978						-0,8	-0,7	-0,6	-0,6	-0,5	-0,4		
1979	-0,6	-0,7	-0,8	-0,7	-0,8	-0,7	-0,8	-0,7	-0,6	-0,6	-0,3	-0,4	-0,7
1980	-0,5	-0,6	-0,8	-0,8	-0,7	-0,7	-0,7	-0,6					
1981		-0,4	-0,7	-0,7	-0,8	-0,8			-0,7				
1982				-0,7	-0,8	-0,8	-1,0	-0,7	-0,7	-0,6	-0,5	-0,2	
1983	0,2	-0,5	-0,3	-0,8	-0,8	-0,7	-0,8	-0,8	-0,7	-0,6	-0,5	-0,2	-0,6
Média	-0,4	-0,6	-0,6	-0,6	-0,7	-0,7	-0,8	-0,7	-0,7	-0,6	-0,4	-0,3	-0,6
VMA	-0,6	-0,7	-0,8	-0,8	-0,8	-0,8	-1,0	-0,8	-0,8	-0,7	-0,6	-0,4	-0,7
VMB	0,2	-0,4	-0,3	-0,2	-0,6	-0,4	-0,6	-0,6	-0,6	-0,4	-0,2	0,1	-0,5

Esta mesma delimitação pode ser extrapolada para o todo peninsular uma vez que, embora com acentuação diferente, também se ajusta aos diversos ambientes ibéricos. Assim, podem reter-se as designações de Terra Quente e Terra Fria, bem como, no âmbito da Terra Fria, referir a existência das subdivisões: Terra Fria de Montanha, acima dos 900/1.000 m; de Alta Montanha, dos 1.200 m aos 1.600 m; Sub-Alpina, entre os 1.600 e os 1.900/2.000 m; Alpina, acima dos 2.000 m (Agroconsultores & Coba, 1991). Pode acrescentar-se mais um nível - o da zona das Geleiras - que, nos Pirenéus, se situa acima dos 2.900/3.000m, nomeadamente nos maciços da Maladeta e Monte Perdido, e que se encontra também, em menor escala, nos cumes da Serra Nevada.

Na atualidade, não existem glaciares ativos nas montanhas peninsulares. Todavia, vale a pena chamar à atenção para que perto de Bragança, no maciço da Sanábria (Espanha), se encontra o aparelho glacial extinto de maiores dimensões da Península Ibérica, a avaliar pela dimensão do lago glacial a que deu origem. Na realidade este lago é o maior lago natural da Península Ibérica. Para isso concorreram dois aspetos fundamentais. O primeiro refere-se à área acima dos 1.500/1.700 m de altitude, suficientemente extensa para se acumular uma calote glacial com dimensão crítica tal que terá dado origem, porventura, a um dos glaciares mais importantes da Península. O segundo aspeto tem a ver com a sua localização planetária face à corrente de Oeste e a sua proximidade do Atlântico. Os efeitos de proximidade ao Atlântico também se podem verificar no glacionarismo da serra da estrela, já que a bacia do alto Zêzere, de muito menores dimensões, deu origem ao imponente glacial que modelou o vale hoje drenado pelo Rio Zêzere, próximo de Manteigas. A alimentação destes aparelhos glaciares só é compatível com a influência de uma corrente de Oeste muito vigorosa, a qual deve ter predominado nessa altura. Importa referir, enquanto testemunho nesse sentido, embora bem mais recente, que durante a pequena idade do gelo (séculos XVI a XVIII), o clima das montanhas peninsulares permitiu uma ativi-

dade económica hoje impensável - a comercialização de gelo. Em Portugal, a recolha de gelo ocorria na serra de Montejunto, perto de Lisboa, na serra da Lousã e na serra da Estrela. Mesmo no Sul de Espanha, em Murcia, o gelo era recolhido nas montanhas próximas, a cerca de 1.400 m de altitude.

Devido à extensão latitudinal da Península Ibérica, que se situa entre os 36° e os 44° de latitude Norte, os limites acima apontados para as zonas homogéneas sofrem um deslocamento de 300 a 500 m de altitude ao passar das Montanhas do Norte para as do Sul. É por isso que nos Cantábricos e Pirenéus as estações de desportos de inverno se situam aos 1.500 m e na serra Nevada só são viáveis acima dos 2.000/2.200 m.

2.2.2 Efeito da exposição

Para além da altitude, nestas regiões tem uma importância decisiva o efeito da exposição, o qual tem consequências ecológicas claramente identificáveis pela diferença entre o aspeto das paisagens que se localizam nas exposições Norte ou Sul (Gonçalves, e Ferreira, 1994). Este facto deve-se essencialmente à diferente quantidade de radiação solar recebida nas duas condições, que a análise da Figura 2 e da Figura 3 permite ilustrar. Nestas estão representadas a quantidade de radiação solar global recebida e a correspondente distribuição temporal da temperatura do solo a 10 cm de profundidade, numa encosta com exposição Norte e numa encosta com exposição Sul. Analisam-se os anos de 1981 e de 1983, com diferente distribuição da quantidade de radiação recebida ao longo do ano. O ano de 1981 apresentou uma distribuição normal da quantidade de radiação solar com um máximo no verão e um mínimo no inverno. O ano de 1983 foi atípico, apresentando um máximo secundário no fim do inverno e início da primavera. Como se pode verificar pela distribuição da temperatura do solo, só na exposição Sul é que se vem a refletir o referido máximo secundário, como resposta ao forçamento radiativo imposto nesta exposição.

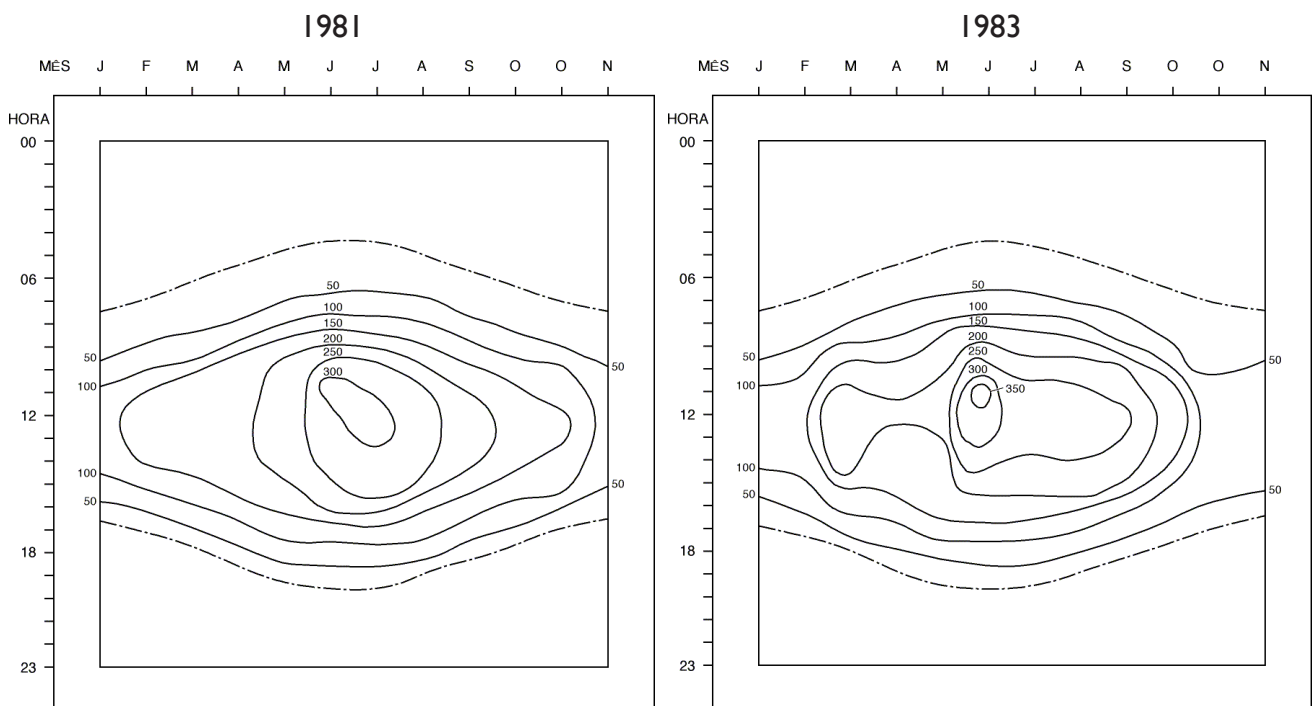


Figura 2 – Isopletas da Radiação solar global em Bragança (Estação Meteorológica de S. Sebastião, INMG) em dois anos de registos (Gonçalves, 1985b).

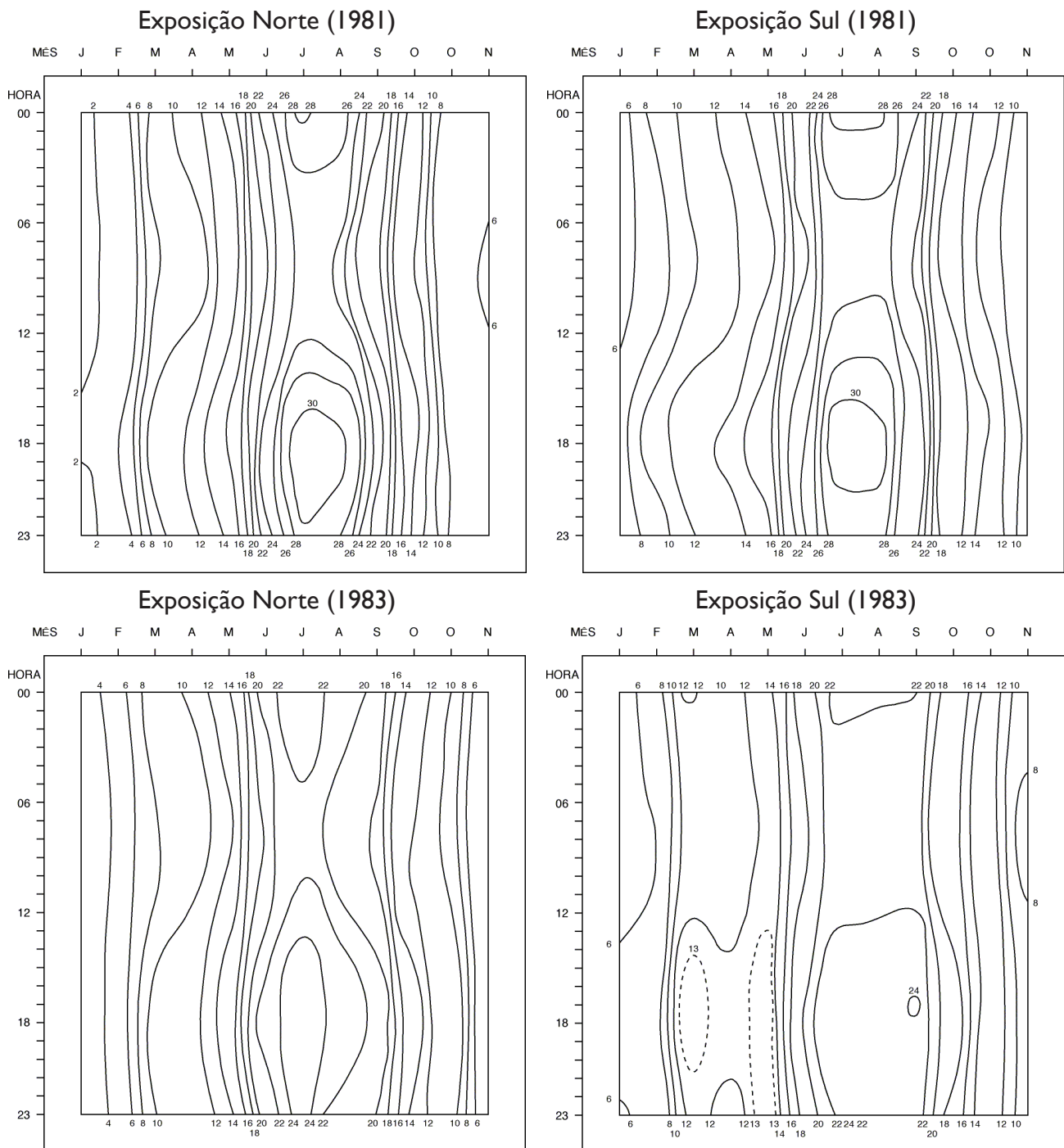


Figura 3 – Termoisopletas do solo a 10 cm de profundidade em Bragança (Estação Meteorológica de S. Sebastião, INMG) em dois anos de ensaios realizados em encostas com diferente exposição (Gonçalves, 1985b).

2.2.3 Circulações em zonas de montanha

As cadeias de montanhas interferem com a circulação atmosférica, mas elas só por si determinam circulações próprias entre os vales e as elevações adjacentes, como é o caso dos ventos catabáticos (descendentes) e dos ventos anabáticos (ascendentes) (Barry, 2008). Os ventos anabáticos desenvolvem-se quando o campo da pressão é intersetado pelo campo da temperatura e numa situação de diminuição da temperatura com a altitude, tal como se pode apreciar na Figura 4. A circulação faz-se do vetor pressão para o vetor temperatura pelo caminho mais curto. Pelo contrário, os ventos catabáticos desenvolvem-se quando a temperatura aumenta com a altitude, tipicamente numa situação de inversão térmica. Estes ventos, entre nós, atingem uma

certa violência na interface da Terra Quente com os planaltos circunvizinhos, principalmente nas primeiras horas depois do pôr do sol.

Por outro lado, a influência de uma cordilheira face a um fluxo que a atravessa, tem efeito na distribuição da temperatura e na precipitação de um lado e de outro do sistema montanhoso, havendo aumento de precipitação a barlavento e uma diminuição a sotavento. Este fenómeno é bem típico nos Alpes onde recebe a designação de vento Fohen (Figura 5) (Péguy, 1970).

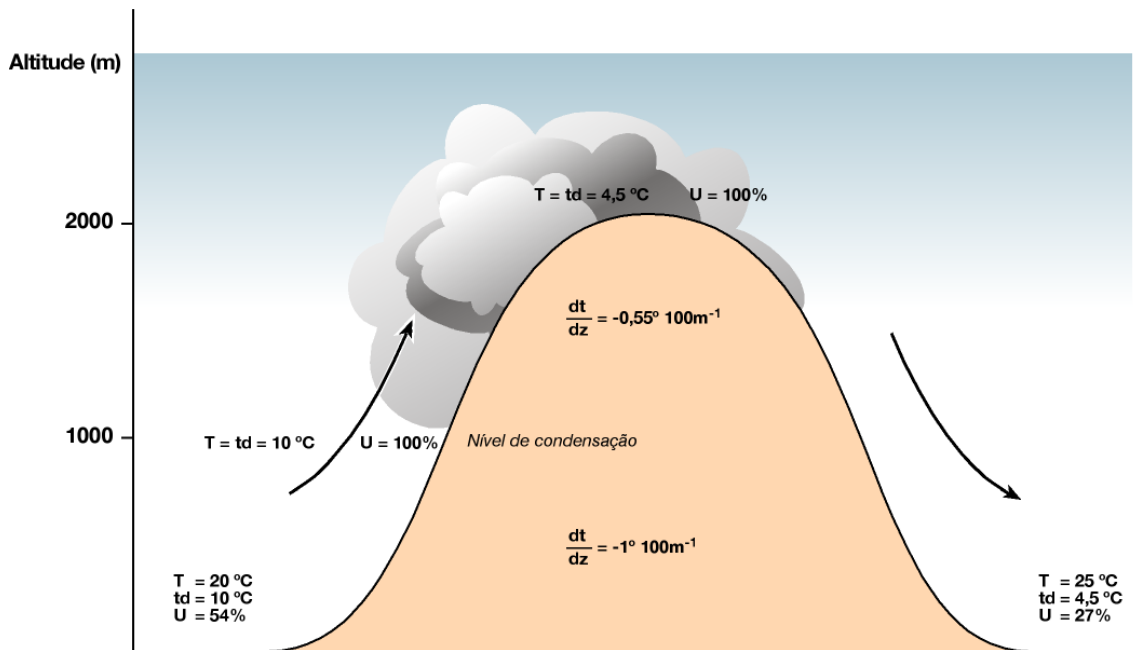


Figura 5 – Vento Fohen: esquema simplificado.

2.2.4 Continentalidade e disposição dos relevos

Nos esquemas da Figura 6 pode apreciar-se o efeito da cordilheira litoral bem como dos vales interiores quanto à distribuição da temperatura e da quantidade de precipitação na zona Norte de Portugal. Como se vê, a temperatura média anual apresenta valores idênticos no litoral e nos vales encaixados do interior. A quantidade de precipitação aumenta do nível do mar para as zonas montanhosas do litoral, aí atingindo os 3.000 mm, a partir das quais desce drasticamente para os 500 mm nos vales encaixados do interior, evidenciando de uma forma inequívoca o efeito de Fohen.

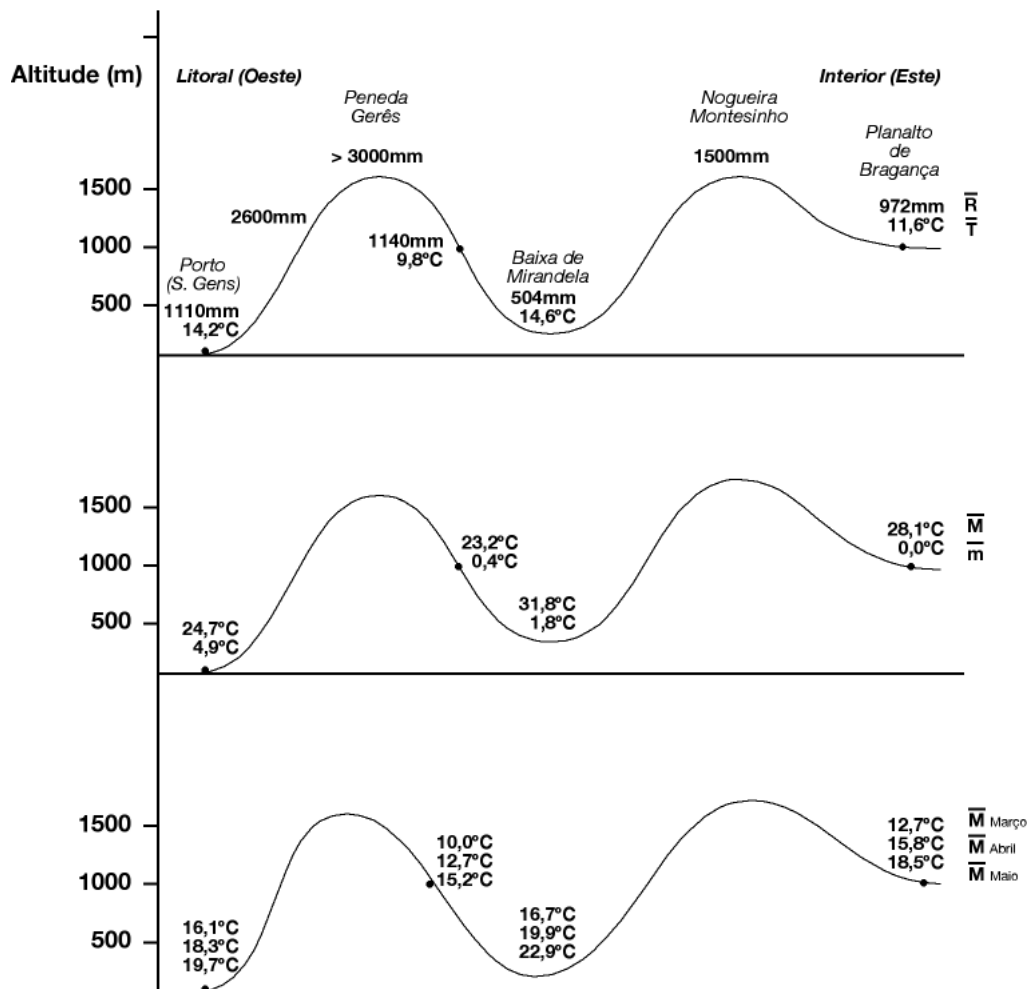


Figura 6 – Distribuição esquemática da temperatura e da precipitação do litoral para o interior no Norte de Portugal.

No que respeita à distribuição das médias das temperaturas máximas e mínimas, verifica-se que a média das mínimas do mês mais frio é da mesma ordem de grandeza nas montanhas litorais e nos planaltos interiores, enquanto que as médias das máximas do mês mais quente são nitidamente superiores nos vales interiores, os quais correspondem à Terra Quente. Verifica-se também que as médias das máximas do mês mais quente das zonas litorais e das montanhas litorais são semelhantes, enquanto que a média das mínimas do mês mais frio é da mesma ordem de grandeza nas montanhas e nos vales encaixados do interior, mostrando o efeito das inversões térmicas nos meses mais frios do ano (Gonçalves, 1990 e 1991a).

Analisando a distribuição da média das máximas na primavera, vê-se que na Terra Quente esses valores são mais elevados, e mais baixos nas montanhas litorais. São essas temperaturas mais elevadas na primavera as responsáveis pela precocidade das culturas na Terra Quente transmontana (Gonçalves, 1991b; Gonçalves e Ferreira, 1994).

O efeito de Fohen no contexto peninsular, verifica-se com as características vincadas com que ocorre nos Alpes em duas regiões muito particulares - os Cantábricos e os Pirenéus. Aqui, o efeito faz-se sentir na vertente francesa quando a cordilheira é atravessada por uma massa de ar húmida vinda de SW. O fluxo de SW ultrapassa os Pirenéus, deixando abundante precipitação do lado espanhol e, ao descer na outra encosta para França, aquece por compressão adiabática,

tornando-se mais quente e seco. No caso da cordilheira Cantábrica, este fenómeno é mais característico do Cantábrico oriental, registando-se quando uma massa húmida pré-frontal vem de Sul, sendo obrigada a ultrapassar a cordilheira, descendo em seguida para o mar, sofrendo por consequência um aquecimento adiabático. Isto faz elevar a temperatura no litoral cantábrico em vários graus, podendo passar, por exemplo no inverno, de valores de cerca de 8°C/10°C para 18°C/20°C. No verão, esta situação é responsável pelos valores mais altos da temperatura do ar, os quais podem ultrapassar os 38°C.

2.2.5 Inversões térmicas

O fenómeno das inversões térmicas, e a sua importância em zonas de montanha, apresenta-se aqui em dois exemplos significativos. No caso de Le Puy-de-Dôme e Clermont-Ferrand (Grande Encyclopédie de la Montagne, 1977), no maciço central francês, a diferença nas temperaturas mínimas entre os dois locais chega a ser de -15,9°C, com valores mais elevados no Le Puy (20,2°C a 1.400 m de altitude) do que em Clermont (4,4°C aos 400 m). O mesmo acontece em Montesinho em relação a Bragança, na situação ilustrada pelos registos do dia 5-01-1983. Nesse dia, às 11h da manhã, estava 15,5°C mais quente em Montesinho a 1380 metros de altitude (12°C) do que em Bragança a 691 m (-3,5°C) (Gonçalves, 1985b). Como já se referiu, e pela sua frequência notável, as inversões térmicas têm uma importância decisiva no regime dos climas locais e regionais. Tal é confirmado pela experiência de três anos de observações termométricas em Bragança (691 metros de altitude) e em Gimonde (530 m de altitude). Numa análise a escala horária, apurou-se que em 42% do tempo se verificou inversão térmica (Gonçalves, 1985b). Importa aqui referir que casos há em que o fenómeno das inversões térmicas afeta as próprias temperaturas médias, como se verifica nos Alpes Austríacos, na bacia de Klagenfurt. Em janeiro, a temperatura média é de -4,6°C a 450 m de altitude e de -3,6°C a 1400 m (Grande Encyclopédie de la Montagne, 1977).

As inversões térmicas estabelecem-se em todas as depressões topográficas favoráveis à acumulação de ar frio, atingindo aí temperaturas mínimas mais baixas que as verificadas nos relevos adjacentes de maior altitude. Por outro lado e a uma escala mais elevada, como a da Península Ibérica, este fenómeno atinge maiores proporções quando se analisa a influência dos planaltos interiores - a Meseta Norte e a Meseta Sul. Nelas se reforça, no inverno, o arrefecimento das massas de ar frio que as invadem, atingindo-se valores mínimos típicos das montanhas. A título de exemplo, e nas condições do Interior Norte de Portugal, refira-se que os valores extremos mínimos da temperatura do ar podem atingir os -11°C nas baixas de Mirandela e da Vilarça, a 200 m de altitude, comparáveis aos -12°C registados em Bragança, a 700 m. No entanto, comparando este último com os mínimos atingidos nos vales à altitude de Bragança, verifica-se que aqui os valores descem a -17,5°C. Subindo em altitude para condições na península apenas encontradas em território espanhol, no vale do alto Tera, a 1.600 m (zona do lago de Sanábria), observaram-se valores de -25°C em dezembro de 1962. Como já se referiu, as Mesetas têm uma influência determinante no regime térmico peninsular, a avaliar pelos valores extremos da temperatura do ar que podem ocorrer, rivalizando mesmo com o regime térmico das altas montanhas. Vejam se alguns valores mínimos extremos no interior peninsular: -27°C em Ávila, -16°C em Burgos, -28°C em Molina de Aragon, -22°C em Teruel, -20°C em Vitória (somente a 500 m de altitude), -25°C em Vic (centro da Catalunha), -25°C em Albacete, -30°C em Calamocha (a cerca de 800 m, no NE peninsular, a Norte de Teruel). Estes exemplos têm-se por significativos e bem representativos da influência das montanhas peninsulares nos regimes térmicos que aí ocorrem.

2.3 Grandes domínios do clima da Península Ibérica

2.3.1 Determinantes fisiográficas

Pela descrição atrás apresentada das unidades geomorfológicas mais importantes constata-se que a Península Ibérica responde de uma forma diferenciada à circulação geral da atmosfera caracterizadora desta zona do globo, a qual se encontra na circulação dos ventos de Oeste. Por este facto, verifica-se que a distribuição das cadeias montanhosas que, do Noroeste peninsular se prolongam pelos Cantábricos, para território português, constitui uma significativa barreira orográfica, impondo na península, no seu todo, a delimitação de dois domínios climáticos distintos. A NW e Norte, desenvolve-se a chamada Ibéria Verde e, no restante território, a Ibéria Parda (Font Tullot, 1983).



Figura 7 – Grandes domínios climáticos da Península Ibérica: Ibéria Verde e Ibéria Parda (linha divisória adaptada de Font Tullot, 1983).

No entanto, quanto aos fluxos dos quadrantes Sudoeste, Sul e Leste, a península não é tão fechada, uma vez que os vales dos grandes rios a abrem às influências atlânticas, nos casos do rio Tejo, do rio Guadiana e do rio Guadalquivir, e às influências do Mediterrâneo, nos casos do rio Ebro e do rio Júcar, entre outros de menor dimensão. Assinale-se todavia que, neste último caso, têm muita importância as cordilheiras litorais, que isolam do Mediterrâneo o planalto de Castilla La Mancha.

Enquanto que no Norte e NW as encostas voltadas ao oceano são influenciadas pela passagem da superfície frontal polar ao longo do ano, no SW peninsular, aberto à influência dos ventos de SW e Sul, só sofrem aquela influência quando a frente polar desce a estas latitudes, o que apenas acontece na época fria, como é característico dos climas mediterrânicos.

2.3.2 Massas de ar

A Península Ibérica fica na região dos ventos de Oeste do hemisfério Norte pelo que é influenciada pelas diferentes massas de ar que aí ocorrem ao longo do ano. Na Figura 8 e Quadro 2 apresentam-se as diferentes massas de ar, e suas características, que influenciam a geografia peninsular (Peixoto, 1973): do Atlântico vêm as massas de ar polar marítima fria procedentes do Atlântico Norte, a massas de ar polar marítima quente que vem do Atlântico Oeste, a massa de ar tropical marítima que procede das zonas subtropicais do Atlântico. Do lado do continente,

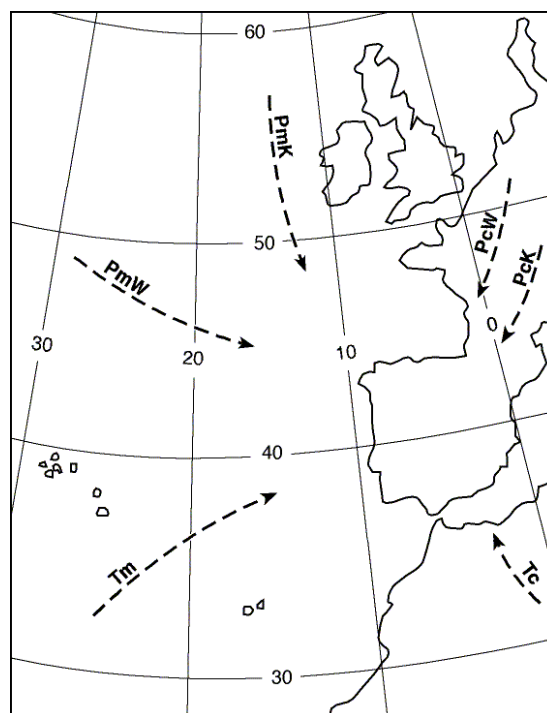


Figura 8 – Trajetórias predominantes das massas de ar da Península Ibérica.

Quadro 2 – Características das massas de ar (Peixoto, 1973)

Massa de ar	Ártico A	Polar P	Tropical T	Equatorial E
$T_p^{(1)}$	< 5 °C	6-12 °C	12-18 °C	> 18°C
Nuvens	Cumuliformes	Cumuliformes	Estratiformes Estratocumuliformes	Estratiformes Cumuliformes
Precipitação	Aguaceiros	Aguaceiros	Chuva Chuvisco	Chuva Aguaceiros
Estabilidade (Gradiente de Temperatura)	8-10 °C km ⁻¹	6-9 °C km ⁻¹	4-6 °C km ⁻¹	3-5 °C km ⁻¹
Visibilidade	Muito boa	Boa	Moderada	Fraca
Vento à superfície	Com rajadas turbulentas	Com rajadas turbulentas	Contínuos turbulentas fraca	Contínuos turbulentas fraca

Temperatura pseudo-potencial do termómetro molhado

tem-se a influência do ar polar continental frio, que nos meses mais frios procede do Norte do continente Euro-asiático, o ar polar continental quente que provem do Sul do continente Europeu e o ar tropical continental que vem do Norte do continente Africano.

No Quadro 3 apresenta-se a distribuição anual das massas de ar relativas à região NE de Portugal, que se pode considerar representativa, pelo menos, da vertente atlântica peninsular. Nesta não se incluem as massas de ar Ártico marítimo e Ártico continental, uma vez que, quando em deslocamento para Sul, alteram as suas características. A Ártica marítima chega ao Norte peninsular com as características da massa de ar polar marítima fria. A massa de ar Ártica continental varre o continente Europeu e pode alcançar o Mediterrâneo. No entanto, para invadir a Península Ibérica tem que atravessar os Pirenéus, sofrendo uma profunda alteração termodinâmica, chegando ao N e NE português com as características de ar polar continental frio.

Quadro 3 – Frequência (%) das massas de ar Polar Continental Frio (Pck), Polar Marítimo Frio (Pmk), Polar Continental Quente (Pcw), Polar Marítimo Quente (Pmw), Tropical Marítimo (Tm) e Tropical Continental (Tc) no noroeste Peninsular (Gonçalves, 1985b).

Meses	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano
Nº dias	665	618	682	654	672	651	680	674	653	671	648	672	7940
Pck	7,7	7,9	7,5	3,1	0,7	0	0	0	0	1,5	5,7	22,5	4,7
Pmk	18,2	24,6	26	25,7	18,5	3,1	0,3	0,3	1,2	4,6	15,1	18,6	12,9
Pcw	28,1	22,0	21,0	27,2	13,7	9,4	6,8	3,9	7,8	23,5	27,5	21,4	17,6
Pmw	41,1	41,3	43,3	40,1	44,9	28,3	19,6	18,4	32,5	31,0	37,7	28,7	33,8
Tm	3,5	5,2	2,5	2,6	10,1	20,3	24,6	38,1	30,5	28,5	12,3	0,9	15,5
Tc	0	0	0,7	1,7	12,2	39,3	49,7	39,3	23,8	23,5	2,3	0	15,6

Como se pode comprovar, a massa de ar predominante é a massa de ar Polar Marítima quente, uma vez que este território se situa na zona da corrente geral de Oeste, ocorrendo em todos os meses do ano, com maior frequência de novembro a maio, o que está relacionado com o regime de precipitação aqui prevalecente. Os valores mais baixos de verão e início do outono estão em concordância com o predomínio, na mesma altura e em relação ao conjunto das massas de ar marítimas, do ar Tropical marítimo. A segunda massa de ar predominante ao longo do ano é a Polar Continental quente, proveniente do quadrante de Este por influência do Anticiclone dos Açores, quando se estende em crista sobre a Península Ibérica. Ao longo do ano, a época de menor frequência desta massa de ar é a dos três meses de verão. Nesta altura do ano, a massa de ar com maior frequência é a tropical continental que, por sua vez, não ocorre durante dezembro, janeiro e fevereiro. Esta massa de ar pode ocorrer, embora excepcionalmente, em março, abril e novembro, estando então relacionada com primaveras precoces e outonos muito suaves. Em oposição, a massa de ar polar continental fria não ocorre entre junho e setembro, mas excepcionalmente ocorre em maio e outubro, correspondendo estas situações a anos de geadas tardias na primavera e/ou de geadas precoces no outono. Por outro lado, a massa de ar Polar Marítima fria pode ocorrer em todos os meses do ano, embora seja mais frequente de novembro a março. O aparecimento desta massa de ar no verão é responsável por mudanças bruscas de temperatura, algo frequentes nos últimos Verões. Na realidade, alturas há em que a temperatura do ar passa de valores de 26/28°C para valores de 17/18°C em apenas 24/36 h, devido à influência de uma massa de ar polar marítima fria, vinda de NW.

2.3.3 Situações sinópticas típicas: um roteiro para a Península Ibérica

A Península Ibérica fica enquadrada entre os 36° e os 44° de latitude Norte, imersa na corrente geral de Oeste da circulação geral da atmosfera, estando sujeita à influência dos anticiclones sub-tropicais (anticiclone dos Açores) e da frente polar. Os centros de ação mais importantes são o anticiclone dos Açores, a frente polar associada às depressões que se deslocam de Oeste para Este, as depressões que se estabelecem nas ilhas Baleares e no golfo de Cádiz e a depressão de origem térmica que se desenvolve no verão no centro-sul peninsular. Para melhor apreciar a influência destes centros de ação nos estados do tempo, comentam-se em seguida diversas situações sinópticas exemplares. Na Figura 9 representa-se a situação típica dos meses de inverno, com a corrente de Oeste a atingir a Península Ibérica pela influência conjunta do anticiclone dos Açores, a Sul do arquipélago, e da depressão situada no Atlântico Norte. É uma situação que favorece a ocorrência de precipitações abundantes na vertente Atlântica, as quais diminuem para o interior, verificando-se um decréscimo acentuado da precipitação nas Mesetas e no Leste e Sueste peninsular.

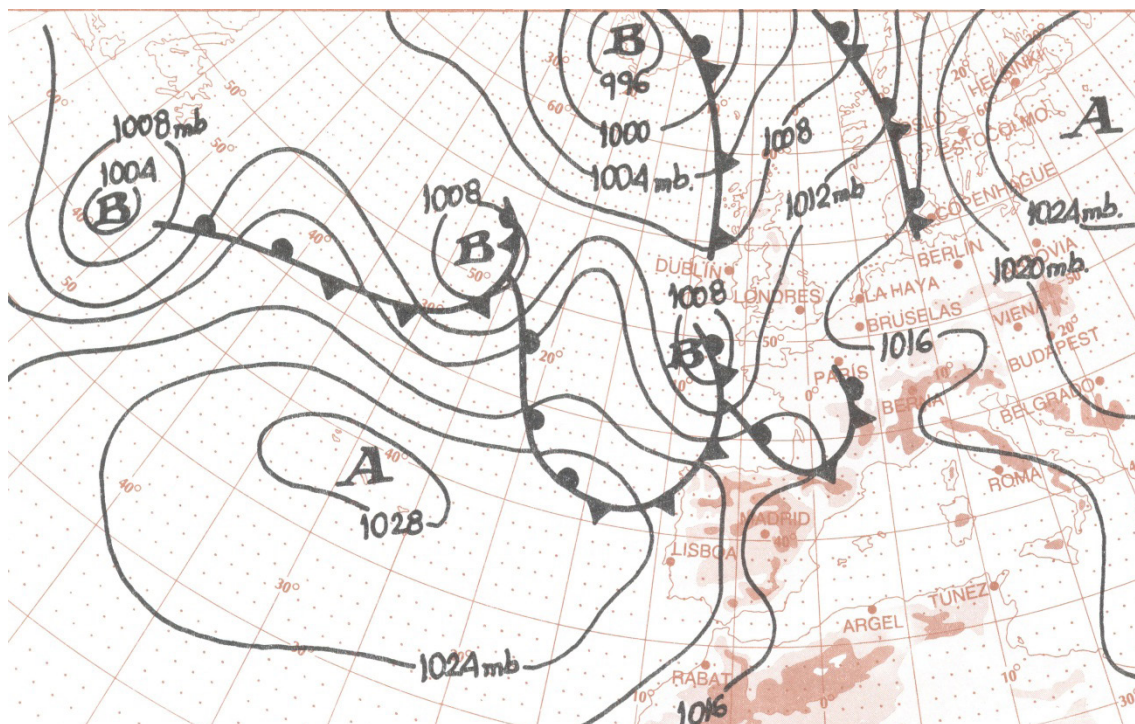


Figura 9 – Depressões polares imersos na circulação de oeste.

Na Figura 10 verifica-se que o anticiclone dos Açores não está na sua posição normal e o Atlântico é ocupado por uma extensa depressão. A península fica assim sujeita a um fluxo do quadrante SW, sendo atingida pela passagem da superfície frontal polar, que beneficia prioritariamente o SW peninsular com precipitações abundantes. É nesta altura que, na Andaluzia, sopra o vento Ábrego, típico no outono e que trás as primeiras chuvas da estação, tão importantes para a agricultura regional.

Na Figura 11 apresenta-se uma situação meteorológica dominada por uma vasta zona depressionária a NW da península, com o anticiclone dos Açores no meio do Atlântico e desenvolvendo uma crista barométrica orientada no sentido Norte-Sul, favorecendo portanto a entrada na depressão de ar vindo de latitudes elevadas. Por conseguinte, toda a geografia peninsular é invadida por um fluxo de Oeste e Sudoeste, trazendo precipitação a todas as suas regiões.

Em síntese, as situações meteorológicas prevaletentes na península que mais condicionantes da distribuição geográfica das precipitações, podem enquadrar-se nas três grandes categorias apreciadas acima. As situações sinópticas que favorecem a queda de precipitação no NW e Norte da Península Ibérica ocorrem quando o fluxo dominante se fixa de NW, o que faz com que a barreira montanhosa cantábrica e do litoral português exerça o efeito de Fohen, diminuindo as quantidades de precipitação para o interior. Como o fluxo dominante vem desse quadrante, por efeito da posição relativa do anticiclone dos Açores, tal determina que se delimitem os dois grandes ambientes climáticos peninsulares: a Ibéria Verde e a Ibéria Parda. Inversamente, o efeito de um fluxo vindo de SW trás abundância de precipitações ao Sul e Sudoeste. A situação de precipitações generalizadas na Península Ibérica verifica-se quando, por ação direta de uma depressão, o fluxo provem de Oeste e Sudoeste em todo o território. Uma vez que esta circulação é concordante com a orientação dos principais sistemas montanhosos que, assim, não constituem uma barreira à progressão das massas de ar húmidas transportadas nesse fluxo, esta situação traduz-se, por consequência, na ocorrência de precipitações por toda a área peninsular. Quando

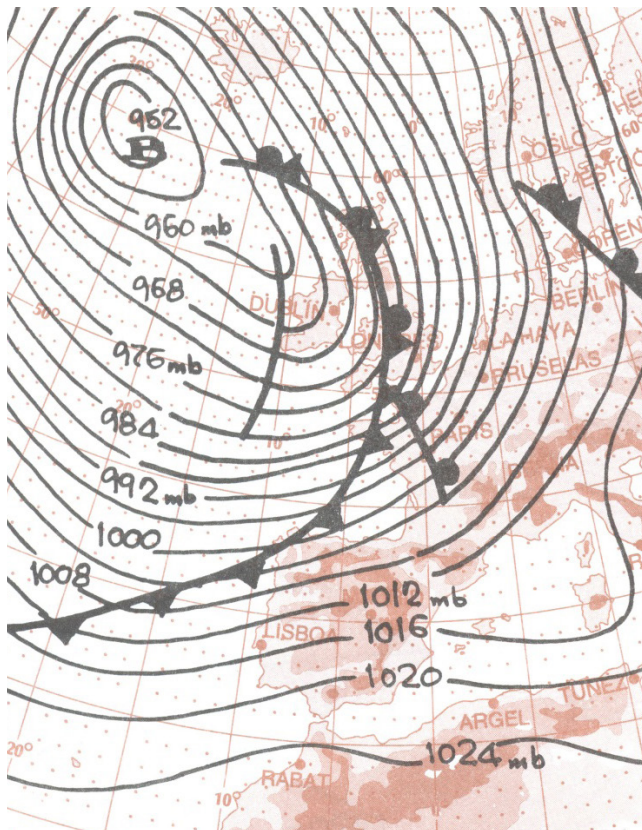


Figura 10 – Extensa depressão no Atlântico norte

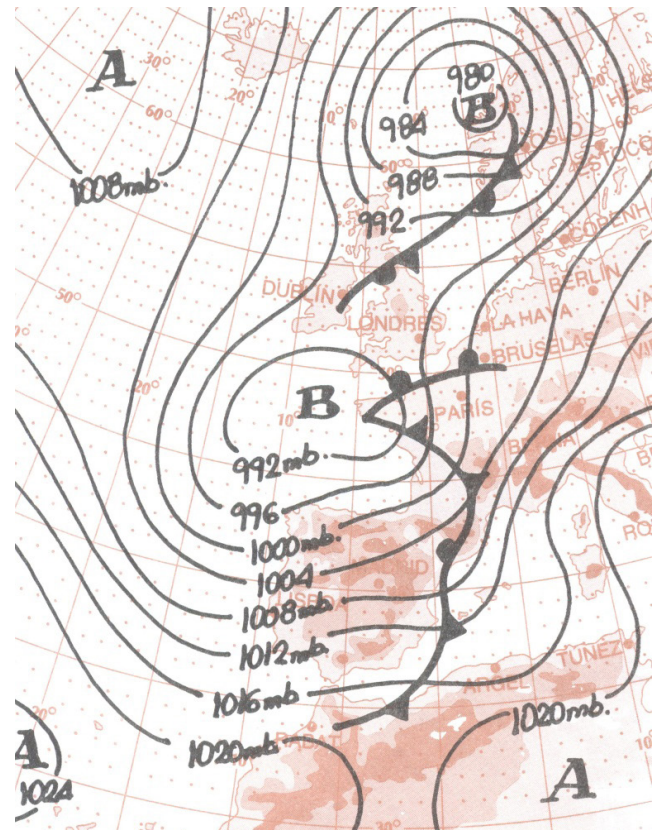


Figura 11 – Tempo perturbado de oeste em todo o espaço peninsular

o fluxo vem de NW, pode observar-se um fenómeno meteorológico típico dos Cantábricos, tal como se pode apreciar na Figura 12 apresenta-se uma situação que afeta os Cantábricos e que se designa por Galerna. Quando uma superfície frontal se desloca nos Cantábricos de Oeste para Leste, o fluxo pré-frontal de SW e Sul, ao ultrapassar a cordilheira produz o efeito de Fohen no litoral Cantábrico, sendo rapidamente substituído por uma circulação de NW pós-frontal, seguida de uma significativa descida da temperatura do ar. A brusca rotação do vento, traz muitos problemas à navegação no mar Cantábrico.

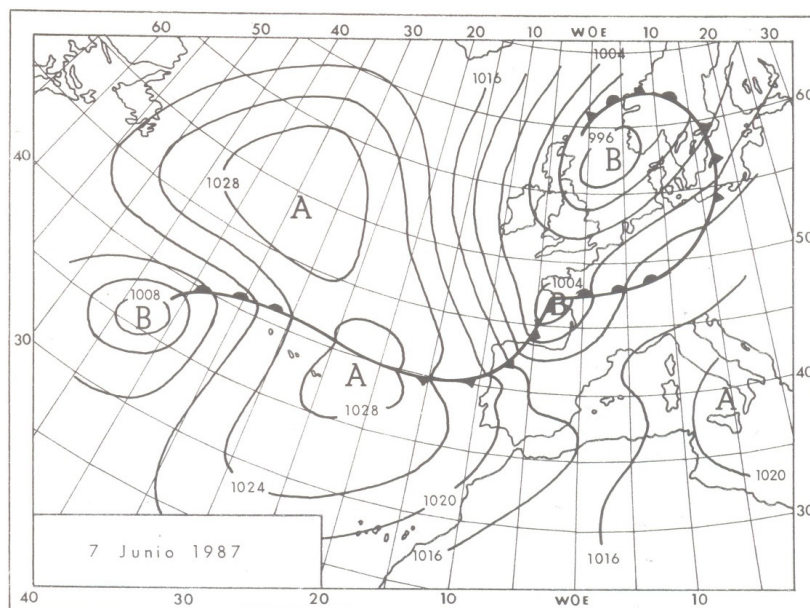


Figura 12 – Situação meteorológica típica de uma Galerna (Font Tullot, 1988)

Na Figura 13 analisa-se outra situação meteorológica que é responsável por favorecer, ao contrário do que é normal, queda de precipitação na área do Leste e NE peninsular, em detrimento do Oeste e NW. Caracteriza-se esta situação sinóptica pelo aparecimento de uma depressão no Mediterrâneo em ligação com o anticiclone dos Açores que, neste caso, se instala no NW peninsular. A consequência é precipitações abundantes na zona mediterrânica em desfavor do resto da península. Quando esta situação meteorológica persiste, podem mesmo, por vezes, ocorrer períodos de seca no NW. Por outro lado, esta situação favorece o estabelecimento de ventos muito fortes de Norte na Catalunha e Baleares - a aí denominada Tramontana. Do mesmo modo e ainda no sector NE da Península Ibérica, também se estabelece outro vento característico que sopra de NW ao longo do vale do Ebro, e é designado por El Cierzo. Este vento forma-se quando se desenvolvem baixas pressões no Mediterrâneo e altas pressões no Cantábrico, promovendo uma circulação de NW enquadrada, como o próprio vale, pelos Pireneus e pelos Montes Ibéricos. Estes ventos, muito secos, atingem, por vezes, velocidades superiores a 100 km/h, desidratando a vegetação, efeitos que estão à vista nas terras áridas dos Monegros, em Aragão. Esta situação é também responsável pela invasão das massas de ar polares continentais frias à península ibérica, tal como se verificou em fevereiro de 1956, o mês mais frio do século xx na península ibérica. Importa chamar à atenção que, na sequência desta situação sinóptica, as baixas pressões que se instalaram no mediterrâneo ocidental favoreceram o acesso à península pelo golfo de Cádiz de um novo sistema depressionário que provocou forte precipitação no SW e W peninsulares. Entre nós teve como consequência uma excecional queda de neve, que na região de Trás-os-Montes, cobriu as áreas acima dos 500 m de altitude, constituindo a maior queda de neve de que há memória. A situação afectou naturalmente as atividades e a mobilidade na região, ficando o comboio da Linha do Tua soterrado numa trincheira, perto da aldeia de Sendas, Bragança.

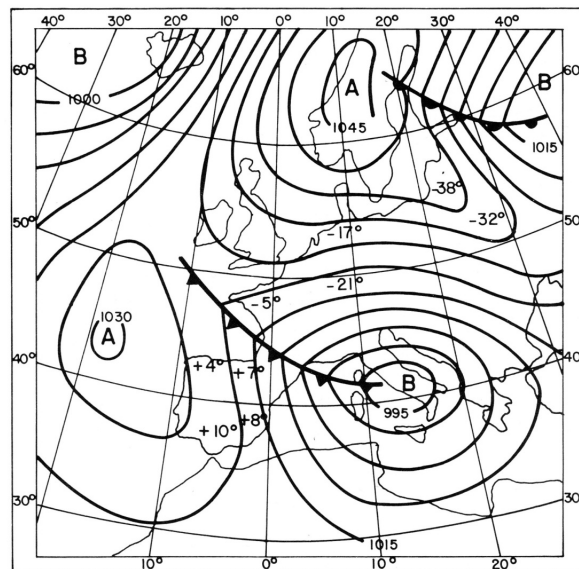


Figura 13 – Altas pressões a oeste e NW e baixas pressões no Mediterrâneo.

Na Figura 14 representa-se a situação meteorológica típica de verão, com a ação do anticiclone dos Açores influenciando todo o território peninsular. Por consequência, devido à enorme quantidade de radiação recebida à superfície, desenvolve-se no centro-sul da Península Ibérica uma depressão de origem térmica, a qual afeta, normalmente, os níveis baixos da atmosfera, atingindo espessuras entre os 2000 e os 3000 m. É nesta situação meteorológica que ocorrem os valores mais altos da temperatura do ar, uma vez que a entrada de ar tropical continental, vindo

do Norte de África, é facilitada, atingindo toda a geografia peninsular. Como se viu, a cadeia penibética não é uma barreira eficaz para impedir a entrada na península desta massa de ar saariano. Por isso, os recordes absolutos de temperatura verificam-se quando esta massa de ar permanece no interior peninsular; daí os 52°C registados no vale do Guadalquivir e os valores superiores a 45°C, observados não só no SW peninsular mas também em vales profundamente encaixados no Douro Superior, com 46°C no Pinhão. Para além disto, a conjugação da depressão do interior peninsular e do anticiclone dos Açores provoca um gradiente de pressão no litoral português, originando, por consequência, a típica Nortada – vento que sopra persistente, e por vezes forte, nas praias da fachada atlântica, durante o verão.

Na fachada levantina, a situação descrita pode, muitas vezes, estar na origem de precipitações no interior peninsular. De facto, a invasão de ar húmido vindo do Mediterrâneo, resultante do fluxo de Este e Sueste dirigido para o mínimo barométrico do interior, conduz a fenómenos de forte convecção que, quando associados a advecção de ar frio em altitude, podem determinar a ocorrência de precipitação. Esta precipitação merece destaque não apenas pela quantidade, que pode ser importante, mas sobretudo por resultar do facto de a península, no verão, desenvolver um fenómeno de tipo monsonico (Capel-Molina, 1999). Na realidade, estando rodeada por oceanos, o fluxo que se estabelece para o mínimo barométrico favorece uma circulação ciclónica que vai dar origem às precipitações. Acresce que, quando a este mínimo barométrico se associam baixas pressões no Mediterrâneo adjacente, onde a água do mar no fim do verão pode atingir valores superiores a 26°C, conjugam-se condições para a ocorrência de aguaceiros no litoral do Leste e SE peninsular, registando-se precipitações diárias que podem situar-se nos 200 a 300mm (Figueiredo e Gonçalves, 2008).

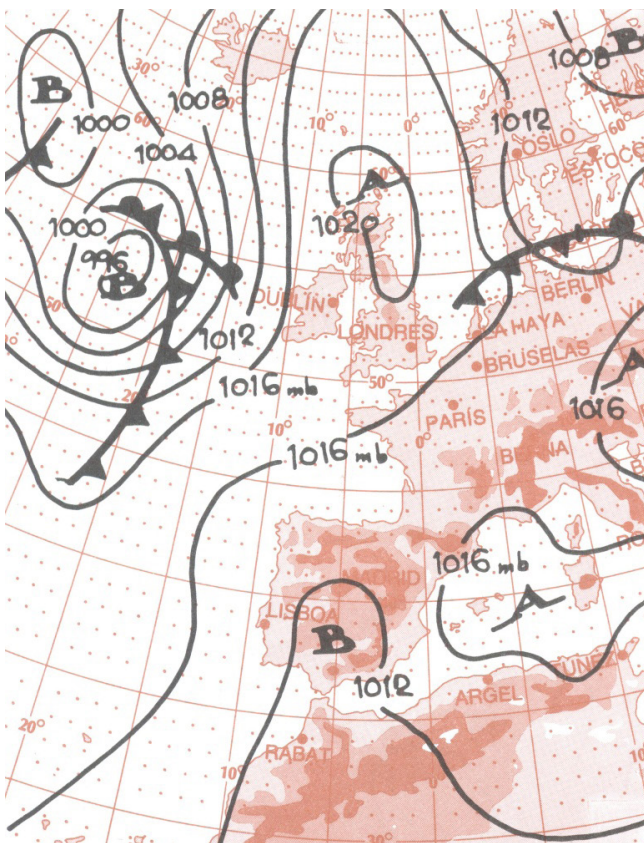


Figura 14 – Situação sinóptica típica do verão peninsular

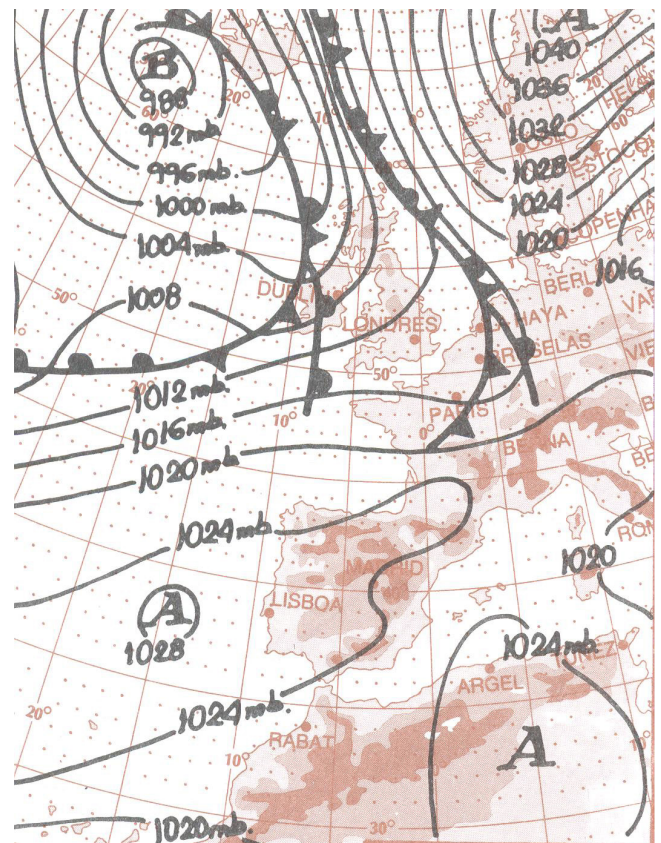


Figura 15 – Situação sinóptica típica de bloqueio anticiclónico

Na Figura 15 apresenta-se a situação que impede a ocorrência de precipitações em toda a geografia peninsular e que corresponde à presença de anticiclones de bloqueio. No caso, o anticiclone dos Açores migra para esta geografia, impedindo a chegada das depressões baroclínicas da frente polar (por isso com trajeto por latitudes mais elevadas), como é típico no verão mediterrânico. Todavia, estas situações são, por vezes, muito persistentes, conduzindo a que, mesmo nos meses de inverno, não ocorra qualquer tipo de precipitação, como é frequente nos anos secos, nomeadamente no NW peninsular. Por outro lado, são estas situações meteorológicas que favorecem o estabelecimento de um fluxo de Leste no sector meridional da Península Ibérica, afetando de forma expressiva o Estreito de Gibraltar. Gera-se então o típico vento que nessas regiões se designa de Levante, também característico no Algarve. Vale a pena sublinhar que, mesmo num quadro de ausência de precipitação no todo peninsular, tais ventos podem produzir aumento de nebulosidade na orla adjacente ao estreito de Gibraltar e eventualmente chuva nos relevos que se estendem da Serrania de Ronda até ao próprio estreito. A orientação dos relevos é perpendicular ao fluxo de Leste, acentuando o efeito orográfico, naturalmente facilitando o recrudescimento das precipitações orográficas. A importância ecológica desta situação é por demais evidente, já que a região da Serrania de Ronda constitui uma área húmida, em acentuado contraste com as áreas circundantes, caracterizadas pela xerofilia típica do Sul peninsular.

Como ficou demonstrado, verifica-se que, dada a complexidade da fisiografia peninsular, prevalecem vários regimes térmicos e da precipitação. Situações há em que se estabelece uma assimetria espacial da distribuição da precipitação com padrão distinto da tendência traduzida pelas médias. O Sul e o Leste peninsular são, nessas circunstâncias, as zonas mais pluviosas, tal como se verificou em 2010 e no inverno de 2010-2011, no qual ocorreram pelo menos 5 inundações no vale do Guadalquivir. Estes factos resultam de a frente polar ter descido para latitudes mais baixas do que o habitual, seguindo um trajeto das Canárias e Ilha da Madeira para o golfo de Cádiz e Ilhas Baleares. Em equilíbrio dinâmico com a zona depressionária, desenvolveram-se altas pressões no Norte peninsular, impedindo a frente polar de se deslocar para Norte. Uma das consequências foi a falta de neve nas estações de desportos de inverno que afectou não só a cordilheira Cantábrica como também o Maciço Central francês e os Pirenéus, uma vez que impediu a reposição de neve antes fundida pela influência de massas de ar quentes e húmidas que invadiram esses sistemas montanhosos, nomeadamente na vertente Atlântica. De facto, este é um forte handicap das estações de inverno peninsulares, que estão muitas vezes sujeitas à influência dos sectores quentes das depressões Atlânticas.

Na realidade, a península ibérica apresenta uma diversidade de ambientes naturais nas suas montanhas que resultam da interação da sua complexa fisiografia e a circulação geral da atmosfera o que se traduz numa variedade infindável de paisagens que o homem ao longo do tempo soube explorar com muito equilíbrio, assegurando o povoamento multissecular deste território (Ribeiro, 1987). Assim, vemos a imensa policultura do NW, onde se podem apreciar paisagens sempre verdes, mantendo contudo nuances, que nos sectores sul e sueste são já paisagens de transição para a Ibéria Parda.

Seguindo para este encontramos a encosta Cantábrica voltada ao mar do mesmo nome, onde a policultura do NW dá passagem à verdadeira Ibéria Verde, dos climas da Europa média, resultante de precipitações bem distribuídas ao longo do ano. Este verde das encostas Cantábricas resulta da combinação das manchas florestais e das pastagens permanentes típicas das zonas

alpinas. Esta paisagem desenvolve-se por todo o Cantábrico e zona Pirenaica. Na zona oriental desta cordilheira voltam a aparecer zonas de transição entre a Ibéria Verde e a Ibéria Parda, já em plena região da Catalunha.

Para sul desta faixa verde, desenvolve-se aquilo a que chamamos Ibéria Parda e que resulta de facto das perturbações que a circulação geral de oeste sofre ao ser intersetada pelas cadeias montanhosas do NW e N Peninsulares, impedindo as massas de ar atlânticas de atingir as mesetas interiores.

No entanto, vamos observar nuances importantes à medida que nos deslocamos pela diversa geografia peninsular. Assim, depois de deixar os relevos Galaico-Durienses, cordilheira Cantábrica e Pirenéus, ingressamos nas Mesetas norte e sul, onde a altitude, o isolamento do mar e a fisiografia quase plana permitiu ao homem a sua utilização extensiva para a cerealicultura e pastagens de sequeiro em consociação com floresta de quercíneas, que contrastam com manchas de agricultura intensiva com base no regadio.

Nas montanhas entre Mesetas e mercê de uma maior quantidade de precipitação, desenvolve-se paisagens agrícolas polivalentes, associadas a paragens de grande valor cénico, que constituem áreas protegidas, como por exemplo as de Montesinho e Sanábria.

Mais para sul, as montanhas da orla Mediterrânica apresentam uma fisiografia muito enérgica, onde são visíveis a influência dos eventos meteorológicos intensos que aí ocorrem periodicamente. Como resultado da intensa erosão desenvolveram-se zonas de aluviões que são intensamente explorados por uma agricultura super intensiva tão típica das huertas Murcianas.

2.4 Nota Final

A síntese apresentada regista o forte vínculo da distribuição dos climas às suas condicionantes fisiográficas na Península Ibérica, seja na relação com os grandes domínios climáticos e ecológicos aqui estabelecidos (expressivamente referenciados como a Ibéria Verde e a Ibéria Parda), seja pelos estados de tempo que a afetam, parcial ou integralmente, e, na verdade, com carácter persistente ou esporádico, caracterizam os climas desta grande unidade geográfica. Deste modo, cabe aos seus mais salientes relevos a particular responsabilidade de determinar as condições potenciais, os constrangimentos e os gradientes dos fatores do meio que justificam por sua vez a distribuição e diversidade ecológica de que são depositárias as zonas de montanha ibéricas.

As zonas de montanha, por outro lado, representam de modo exemplar desafios sociais da maior relevância, com a emergência de novos conflitos pela utilização dos recursos naturais que encerram, de que os da atmosfera e os hídricos são clara evidência, e de novos conceitos associados a formas de valorização dos territórios, todavia ainda carecendo de ajustada métrica. Também pela sua fragilidade e pelos riscos a que estão sujeitos em tal contexto, estes ambientes assumem-se, pois, no quadro da Península Ibérica, como áreas do maior interesse científico, tendo em vista a fundada preservação do património e dos recursos naturais destas zonas, em larga medida dependentes do clima em que historicamente aí evoluíram ecossistemas e paisagens (Figueiredo, 2010).

Referências bibliográficas

- Agroconsultores e Coba (1991) – Carta dos solos, carta do uso actual da terra e carta de aptidão da terra do nordeste de Portugal. Vila Real, UTAD/PDRITM.
- Barry, R. (2008) – Mountain weather and climate. New York, Cambridge University Press, 506 p.
- Capel-Molina, J.J. (1999) – La presión y los vientos del Monzón Ibérico en la Península Ibérica. Reflexiones sobre el Monzón Ibérico. *Nimbus: Revista de Climatología y Paisaje*, vol. 4, p. 5-60.
- Figueiredo, T. (2010) – Montesinho and the mountains of Northern Portugal: Introduction. *In*: N. Evelpidou, T. de Figueiredo, F. Mauro, V. Tecim & A. Vassilopoulos (Eds), *Natural heritage from East to West: Case studies from 6 EU countries*. Berlin, Springer Verlag, p. 111-118.
- Figueiredo, T. e Gonçalves, D. (2008) – Erosividade das precipitações e erosão hídrica dos solos: exercícios de estimativa face a cenários de alteração climática. Workshop internacional sobre clima e recursos naturais nos países de língua portuguesa: Parcerias na área do clima e ambiente (WSCRA08). Ilha do Sal, Institutos de Meteorologia de Cabo Verde e de Portugal, 8p. (CD-ROM).
- Font Tullot, I. (1983) – Climatología de España y Portugal. Madrid, Instituto Nacional de Meteorología, 296 p.
- Font Tullot, I. (1988) – Historia del clima de España. Madrid, Instituto Nacional de Meteorología, 297 p.
- Gonçalves, D.A. (1985a) – Contribuição para o estudo do clima da Bacia Superior do Rio Sabor. (Influência da circulação geral e regional na estrutura da Baixa Atmosfera). Dissertação de doutoramento. Vila Real, Instituto Universitário de Trás-os-Montes e Alto Douro. 510 p.
- Gonçalves, D.A. (1985b) – A Rega de lima no interior de Trás-os-Montes. Alguns aspectos da sua energética. Trabalho Complementar apresentado às provas de doutoramento. Vila Real, Instituto Universitário de Trás-os-Montes e Alto Douro. 62 p.
- Gonçalves, D.A. (1990) – Caracterização agro-ecológica do Vale da Vilarça. Bragança, Instituto Politécnico de Bragança, 12 p.
- Gonçalves, D.A. (1991a) – Terra Fria, Terra Quente. 1ª Aproximação. Bragança, Instituto Politécnico de Bragança, 14 p.
- Gonçalves, D.A. (1991b) – O clima e os ecossistemas agro-ecológicos do Parque Natural de Montesinho. II Seminário técnico sobre conservação da natureza nos países do Sul da Europa. Faro, Serviço Nacional de Parques Reservas e Conservação da Natureza, 18 p.
- Gonçalves, D.A. e Ferreira, T.C. (1994) – Quantificação dos fluxos energéticos numa cultura pratense. *Recursos Hídricos*, vol. 15, p. 49-55.
- Grande Encyclopédie de la Montagne (1977) – Grande encyclopédie de la montagne. Vol. 3. Paris, Editions Atlas, 717 p.
- Péguy, P.Ch. (1970) – Précis de climatologie. Paris, Masson, 468 p.
- Peixoto, J.P. (1973) – Hidrometeorologia dinâmica. Lisboa, Universidade de Lisboa, Faculdade de Ciências, 496 p.
- Ribeiro, O. (1987) – Portugal o Mediterrâneo e o Atlântico. Lisboa, Livraria Sá da Costa, 189 p.

CAPÍTULO

3

A flora e a vegetação das montanhas de Portugal continental

Carlos Aguiar e Carlos Vila-Viçosa

Resumo

Este capítulo tem por objeto a vegetação natural potencial, respetivas etapas suberiais e flora associada, do interior norte e centro de Portugal continental. O coberto vegetal foi caracterizado com maior detalhe nos grandes alinhamentos montanhosos. O texto principia com uma breve descrição do meio físico. Segue-se uma revisão dos bosques climatófilos, edafoixerófilos, ripícolas e tempori-higrófilos. Os bosques climatófilos caducifólios têm o seu ótimo nas áreas temperadas e no andar supramediterrânico. No andar mesomediterrânico coexistem vários tipos bosques perenifólios e semi-caducifólios. É feita uma análise crítica do significado do castanheiro e dos pinhais no coberto vegetal primitivo. Os matos altos com mais expressão regional são dominados por leguminosas da tribo das genístas. Identificaram-se dois grandes tipos de matos baixos mesófilos, os urzais e os estevais, por norma subseriais, respetivamente, de bosques caducifólios e de bosques perenifólios. A vegetação herbácea da área de estudo é particularmente complexa. Pela sua importância económica e paisagística, foi dada particular atenção à vegetação de cervunais e lameiros.

Carlos Aguiar (✉)

Centro de Investigação de Montanha (CIMO) e Escola Superior Agrária,
Instituto Politécnico de Bragança, Campus de Santa Apolónia, 5300-253 Bragança
Email: cfaguiar@ipb.pt

Carlos Vila-Viçosa

CIBIO – Centro de Investigação em Biodiversidade e Recursos Genéticos / InBIO Laboratório Associado, Universidade do Porto, 4485-661 Vairão

3.1 Introdução e objetivos

De acordo com o critério de Kapos *et al.* (2000) seguido nesta obra, a montanha ocupa cerca de 39% da superfície emersa de Portugal continental, com quase 36.140 km². Sob um outro conceito de montanha – espaços de cota superior a 700 m de altitude – também comum na bibliografia portuguesa, a montanhas constituem 11% da superfície de Portugal Continental. Qualquer que seja a definição adotada, a montanha está concentrada na metade norte de Portugal. Neste vasto território identificam-se quatro grandes alinhamentos montanhosos (Figura 1):

- i) As montanhas Galaico-Portuguesas constituem uma primeira linha de montanhas frente ao mar, iniciam-se na Serra da Peneda e prolongam-se até à Serra da Aboboreira, na margem direita do rio Douro [verde];
- ii) As Serras Galaico-Durienses incluem os sistemas montanhosos interiores de Trás-os-Montes, organizados em três linhas de elevações de orientação NE-SW: Padrela-Falperra, Alto de Justes e Serra de S. Domingos [lilás]; Montesinho, Coroa, Nogueira, Serra de Bornes e planalto de Carrazeda [azul-escuro]; e Variz, Mogadouro e Reboredo [azul-claro];
- iii) As Serras Beira-Durienses integram num alinhamento W-E, entre outras, as Serras de Caramulo, Freita, Montemuro, Leomil, Lapa e Penedono [amarelo];
- iv) Mais a sul encontra-se o Sistema Central que se estende pelas Serras da Malcata, Estrela, Gardunha, Açor e Lousã [vermelho], atingindo, os 1993 m de altitude na Torre (Serra da Estrela), o ponto mais alto de Portugal continental.

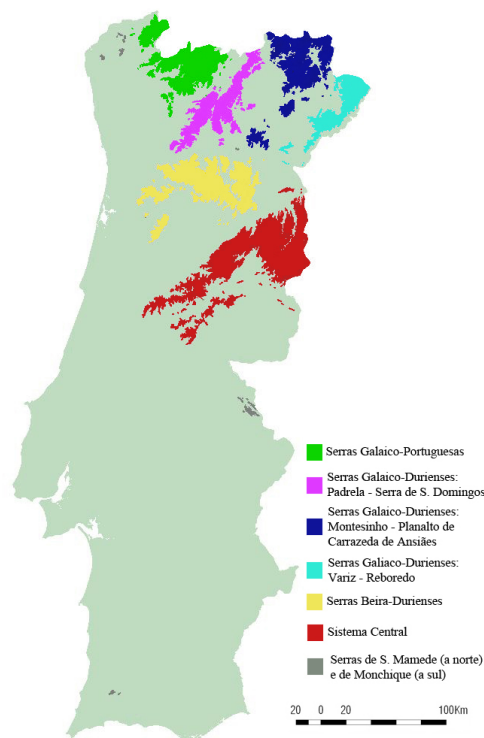


Figura 1 – Principais maciços montanhosos do Norte e Centro de Portugal (Aguiar *et al.*, 2009).

Este capítulo baseia-se em larga medida na publicação de Aguiar e Vila-Viçosa (2016). Tem por objeto a paisagem vegetal do arco constituído pelas Montanhas Galaico-portuguesas, Serras Beira-Durienses mais exteriores (Montemuro, Freita e Caramulo) e Sistema Central, mais o território nele incluso. Corresponde *grossa modo* às antigas províncias administrativas de Trás-os-Montes e Beira Alta. Em torno deste arco montanhoso – correspondente ao tramo português

do Eixo de Culminação Ibérico – dispõem-se outras elevações com mais de 700 m de altitude, como sejam as Serras d'Arga e do Corno do Bico, no Minho, as Serras Galaico-Durienses e a Serra de S. Mamede. Com uma história geológica muito distinta, no extremo SW do país, situa-se o maciço sub-vulcânico de Monchique. Estas montanhas e os territórios enrugados imediatamente vizinhos não foram abordados de modo a garantir alguma consistência espacial ao capítulo.

3.2 O meio físico

A área de estudo está localizada em pleno Maciço Ibérico, um dos fragmentos do Soco Hercínico. Xistos paleozoicos e granitoides variscos, frequentemente interrompidos por cristas quartzíticas, são os tipos litológicos dominantes. Como se refere mais adiante, as rochas básicas e ultrabásicas dos Maciços de Bragança-Vinhais e de Morais, interrompem a monotonia de uma paisagem de rochas siliciosas ácidas. Pequenos e esporádicos afloramentos calcários possuem uma flora de grande interesse botânico. Os solos de maior potencial agrícola estão restringidos aos coluviões e aluviões que bordejam os vales ou preenchem o fundo de depressões tectónicas, aos afloramentos de rochas básicas, e a alguns depósitos de cobertura (e.g. Planalto de Miranda). No restante território dominam solos ácidos, nutricionalmente desequilibrados, pobres em bases de troca e em fósforo, muitas vezes deficientes em boro, e com teores tóxicos de alumínio e manganês biodisponível. Embora geralmente delgados, os solos formados *in situ* demonstram alguma espessura nos planaltos graníticos.

Caracteriza o relevo da área de estudo a presença de uma peneplanície, geneticamente relacionada com a peneplanície de Castela-a-Velha, dissecada por vales profundos, pontualmente interrompida por bacias tectónicas (grabens) de extensão variável (e.g. vales de Chaves e da Vilarça, e bacias tectónicas de Mirandela e de Bragança). A feição planáltica é uma característica maior do relevo português. Como enfatiza Birot (1950): “o relevo português decompõe-se em fragmentos de planaltos mais ou menos extensos, mais ou menos elevados, mais ou menos recortados por vales. Quase todos os acidentes topográficos são escarpas que separam planaltos de diferentes altitudes”. A génese da fisiografia atual da área de estudo iniciou-se com a ascensão diferencial de blocos de uma peneplanície poligenética primitiva, pela reativação de um sistema de falhas paleozoico durante a Orogenia Alpina. A compressão alpina, resultante da convergência entre as placas Africana e Euroasiática, explica, também, os sistemas de montanhas intraplaca que delimitam a área de estudo (Gutiérrez *et al.*, 2014).

Os fragmentos melhor conservados da superfície aplanação primitiva têm uma altitude entre os 600-900m de altitude. A sua persistência está correlacionada com a distância ao nível basal definido pelos rios Douro e Mondego e com a resistência à erosão de granitos e quartzitos. Nas cotas mais altas da muralha granítica que bordeja a área de estudo identifica-se algum modelado periglacial ou glacial, evidenciado, por exemplo, por lagoas terrestrializadas (e.g. Lama Grande na Serra de Montesinho e Nave de Stº António na Serra da Estrela), ou por vales glaciares e formas associadas (e.g. *eskers* e campos de blocos caóticos), dos quais o vale do Rio Zêzere, a montante de Manteigas, é o mais conhecido. Genericamente, os cursos de água na região nascem nos planaltos e descem rapidamente por vales profundos em forma de V, ao encontro dos grandes rios que fluem para W ou SW em direção ao mar. A rede de drenagem regional tem um forte controlo estrutural. Em grande parte está inclusa nas bacias hidrográficas do Douro e Mondego. Estes dois rios abandonam a área de estudo numa cota de ca. de 50 m de altitude.

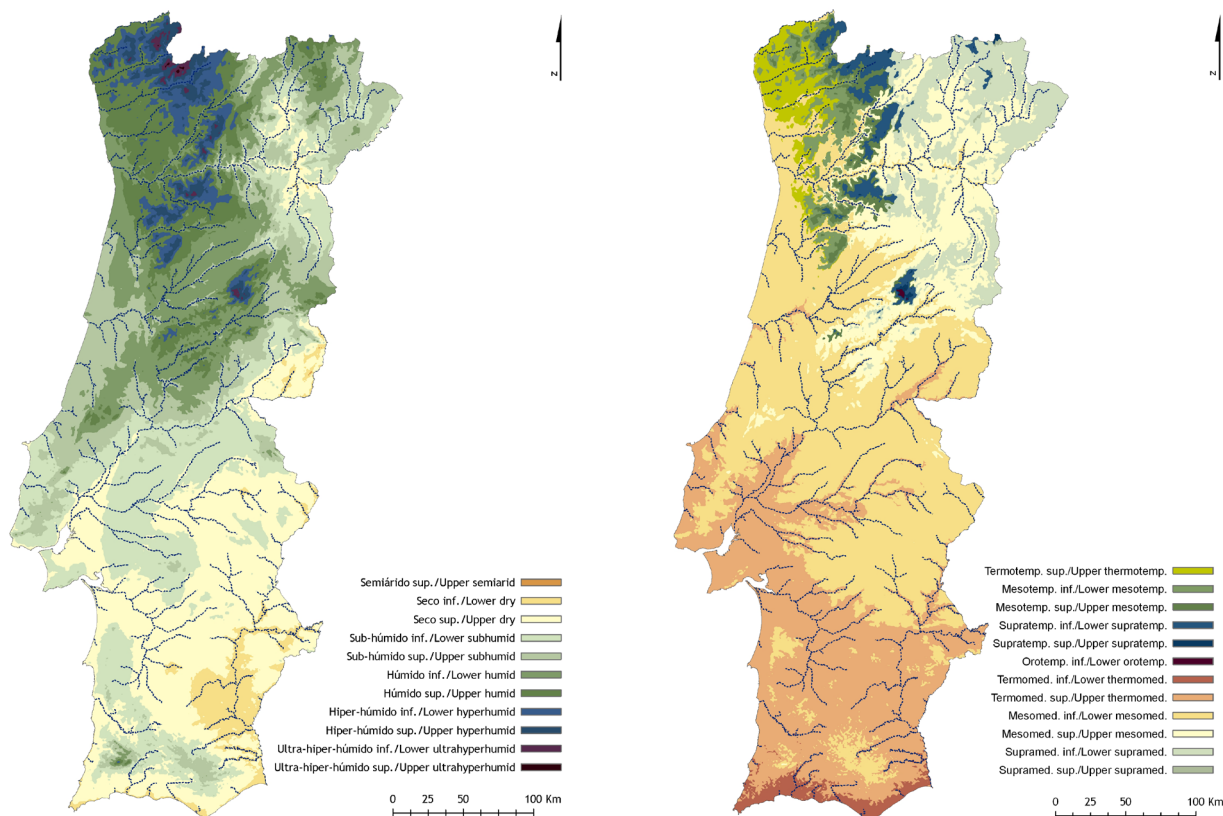


Figura 2 – Bioclimatologia da área de estudo. A) Mapa dos ombrótipos. B) Mapa dos termótipos. Figuras de Monteiro-Henriques et al. (2016).

A precipitação geralmente tem uma origem frontal. As superfícies frontais provenientes do atlântico são obrigadas a subir as montanhas mais a oeste. Um intenso efeito de Foehn causa uma redução da precipitação e uma alteração dos regimes de temperatura a leste. Em cerca de 100 km em linha reta, a precipitação diminui de cerca de 3.000 mm/ano (bioclima supratemperado ultra-hiper-húmido) na Serra do Gerês, para menos de 400 mm/ano na região de Barca D’Alva (bioclima mesomediterrânico inferior seco inferior). A figura 2 resume as características bioclimáticas – de acordo com o sistema bioclimático de Rivas-Martínez – da área de estudo. As superfícies planálticas são essencialmente supratemperadas ou supramediterrânicas, húmidas, descendo ao ombroclima sub-húmido no planalto de Miranda. Os bordos dos planaltos espraiam-se pelo andar mesomediterrânico sub-húmido. As montanhas mais elevadas têm um distinto andar supratemperado hiper-húmido, eventualmente ultra-hiper-húmido. No Planalto Central da Serra da Estrela atinge-se o andar orotemperado ultra-hiper-húmido. Os vales e bacias tectónicas transmontanos e alto-beirenses são mesomediterrânicos seco-superiores a sub-húmidos. Os andares supratemperado/supramediterrânico são genericamente conhecidos por Terra Fria, enquanto a chamada Terra Quente corresponde aos espaços mesomediterrânicos. A Plataforma do Mondego não está a fechada ao Mar por uma barreira montanhosa como Trás-os-Montes, por isso tem um ombroclima mesotemperado húmido inferior.

Os conceitos de “meio em fase de pedogénese” e “meio em fase de morfogénese”, seguidos na carta geomorfológica de Agroconsultores e COBA (1991), são de grande utilidade prática na interpretação da paisagem vegetal. Nos meios em fase morfogénese a erosão é intensa e o efeito da topografia como fator pedogenético é determinante. A pendente favorece a erosão hídrica e

o rolamento das partículas de solo por ação da gravidade (reptação ou *creeping*)¹; o equilíbrio entre processos erosivos e pedogenéticos verifica-se com solos delgados e poucos evoluídos (leptossolos). Nos meios em fase de pedogénese o equilíbrio entre a exportação de partículas pela erosão natural e a pedogénese é favorável a esta última; os solos, desde que não perturbados por catástrofes ou pela ação erosiva do Homem (erosão acelerada), podem desenvolver-se na dependência direta do clima (solos zonais). A fisiografia das montanhas continentais portuguesas cria, então, três espaços de equilíbrio distintos entre a pedogénese e a erosão natural. Nas encostas mais inclinadas preponderam a morfogénese e os solos delgados. Nos planaltos e nos fundos dos vales prevalecem “meios em fase de pedogénese”. Nos planaltos, sobretudo em granitos, são frequentes catenas de solos com solos relativamente profundos (cambissolos e regossolos). No fundo dos vales desenvolvem-se catenas complexas de solos que incluem regossolos e eventualmente estreitos depósitos de fluvisolos paralelos ao talvegue. Os conceitos de “meio em fase de pedogénese” e “meio em fase de morfogénese” podem, com as devidas precauções de escala, relacionar-se com os conceitos sinfitossociológicos de série de vegetação climatófila, edafo-higrófila e edafo-xerófila (Quadro 1.). Os meios em pedogénese são, por excelência os biótopos das séries de vegetação climatófilas ou, nos solos hidricamente compensados, de séries climatófilas edafo-higrófilas ou tempori-higrófilas. Os meios em morfogénese são predominantemente ocupados por séries edafo-xerófilas. Regra geral, na proximidade de fronteiras biogeográficas ou macrobioclimáticas, sobretudo sob um mesoclima mais favorável (húmido), as séries climatófilas podem estender-se aos meios em morfogénese. Tal é o caso dos sobreirais edafo-xerófilos observáveis, por exemplo, no Vale de Chaves ou dos carvalhais que cobrem declives acentuados nas serranias de bioclima temperado (e.g. Barroso).

Quadro 1 – Conceitos básicos de sinfitossociologia

Sinfitossociologia	A sinfitossociologia, ou fitossociologia dinâmica, é uma ciência ecológica baseada na fitossociologia clássica (braunblanquetiana) que estuda os complexos de comunidades vegetais que se relacionam entre si através do processo sucessional. Define e sistematiza a paisagem vegetal através das associações maduras (climácicas) e das suas substituintes (etapas subseriais) (vd. série de vegetação).
Série de vegetação	Também denominada de sigmetum ou sinassociação, expressa o conjunto de comunidades vegetais que se podem desenvolver e suceder numa área tesselar (ecologicamente homogénea com um único tipo de vegetação climácica). Inclui a associação representativa da etapa madura (clímax ou cabeça de série), bem como as associações subseriais que a substituem por processos naturais (e.g. movimentos de massa e fogos de ignição natural) ou antrópicos (e.g. corte, mobilização do solo e queimadas). A série de vegetação ou Sigmetum, é a unidade básica da Sinfitossociologia. Distinguem-se séries climatófilas, edafo-xerófilas, tempori-higrófilas e edafo-higrófilas,.
Série climatófila	Série de vegetação concordante e exclusivamente dependente do mesoclima de uma determinada área geográfica, estando unicamente dependente da água da chuva. Geralmente colonizam os chamados solos zonais, na área de estudo cambissolos (de maior expressão nos andares supratemperado e supramediterrânico) ou luvisolos (andar mesomediterrânico).
Série edafo-higrófila	Série de vegetação que ocupa solos especialmente húmidos, com recursos hídricos adicionais e permanentes, desenvolvendo-se nas proximidades de rios, zonas palustres, lagoas, sapais ou turfeiras, i.e., em solos onde superficialidade do lençol freático é notória.
Série tempori-higrófila	Situam-se espacialmente entre as séries climatófilas e edafo-higrófilas, onde por razões topográficas os solos recebem entradas (inputs) suplementares de água por escorrência superficial ou sub-superficial, durante a época mais chuvosa do ano.

1) Em condições particularmente propícias – elevados declives e solo desnudado – podem suceder movimentos catastróficos do solo por solifluxão.

Quadro I – Conceitos básicos de sinfitossociologia (continuação)

Série edafoxerófila	Designação da série de vegetação situada em estações/biotopos xerófitos (de acentuada secura), como sejam os solos delgados (leptosolos), cascalheiras, rochedos, cristas e todo o tipo de meios rupícolas, encostas, esporões ou falésias. A xericidade pode dever-se ainda a fatores ambientais como o vento, a salsugem, a cobertura de neve (quinofilia/quinofobia) ou edáficos, como os solos salinos ou com metais pesados (e.g. rochas ultrabásicas), as areias/dunas, as dolomites ou os gessos.
Vegetação natural potencial (VNP)	Comunidade vegetal estável, que numa determinada área ou tessela, representa a última etapa da sucessão vegetal, equivalente ao clímax. Pode distinguir-se em VPN climatófila, edafoxerófila, edafohigrófila, primitiva ou primária (não alterada pelo homem), atual (resultante de um processo de sucessão secundário) e reliquial (depois de destruída não se consegue voltar a estabelecer (zimbrais). É característico de cada local ter uma série de vegetação que corresponde à VPN com determinadas e específicas etapas de substituição.
Etapa serial (ou subserial)	Em Geobotânica, etapa serial ou subserial, refere-se a todas as etapas que não são climáticas num determinado lugar ou tessela estando integradas na dinâmica sucessional de uma série de vegetação. Segundo a Escola de Clements o termo suberial está relacionado com a destruição do clímax por fatores antrópicos ou naturais.

3.3 Bosques

A vegetação Natural Potencial (Quadro 1) da área de estudo, salvo raras exceções, tem uma fisionomia arbórea. O andar orotemperado da Serra da Estrela, que *grosso modo* corresponde ao chamado Planalto Central estrelense, é demasiado frio e exposto para ser colonizado por árvores (pelo menos pelas espécies disponíveis na *pool* de espécies regional). O seu coberto vegetal é discutido mais adiante. Os diagramas polínicos obtidos no Norte e Centro de Portugal mostram, invariavelmente, uma recuperação da vegetação florestal no final da glaciação de Würm—início do Holocénico (ca. 11.500 cal BP²). Na Serra da Estrela o pico da ocupação florestal ocorre ca. 8.500 BP (Van der Knaap e Van Leeuwen, 1995). A hipótese de um coberto florestal quase contínuo antes das desflorestações antrópicas está hoje descartado. Além de se aceitar a coexistência das várias etapas subseriais organizadas num “mosaico itinerante³” (Bormann e Likens, 1979) é muito provável que as áreas somitais das nossas montanhas mais elevadas nunca tenham sido conquistadas pelas árvores no Holocénico (Vieira, 1995). Por outro lado, a estrutura florística e a disposição espacial das florestas variou durante o Holocénico. Na montanha, as oscilações climáticas profundas que ocorreram no Holocénico geraram deslocamentos altitudinais dos andares de vegetação. Note-se que em Portugal Continental a temperatura média anual diminuiu ca. de 0,5°C/100m de latitude. Uma vez que a precipitação evidencia um forte gradiente longitudinal na área de estudo, flutuações de longo prazo na precipitação e da continentalidade climática traduziram-se em movimentos este-oeste das espécies botânicas e da vegetação. Por exemplo, os remanescentes de *Quercus robur* subsp. *broteroana* dispersos pelo vale do Douro ou na Serra de Montesinho são, provavelmente, um testemunho de períodos de clima mais oceânico e húmido. A desflorestação profunda descrita pelos viajantes e memorialistas do séc. XIX, e a erosão acelerada associada ao cultivo de cereais em solos marginais generalizada a partir do final do séc.

2) Cal. BP, data calibrada (cal.) antes do presente (BP).

3) A perturbação natural pela herbivoria de grandes mamíferos ou por catástrofes naturais (e.g. tempestades e fluxos de massa), facilitada pelo envelhecimento das árvores, permitiria o desenvolvimento de outros ecossistemas característicos dos espaços florestais naturais [e.g. comunidades vegetais funcionalmente dependentes dos carvalhais, pastagens mesofíticas e lenho em decomposição], num mosaico flutuante no tempo e no espaço.

XIX, alterou a área de ocupação potencial de bosques edafoixerófilos e climatófilos. Por exemplo, a área de ocupação potencial dos bosques edafoixerófilos de *Q. rotundifolia* aumentou em detrimento das formações climatófilas de *Q. pyrenaica* (o *Q. pyrenaica* exige solos mais espessos do que o *Q. rotundifolia*) e do efeito de massa causado pela chuva de sementes provenientes das árvores de *Q. rotundifolia* sobreviventes em afloramentos rochosos.

3.3.1 Bosques climatófilos e edafoixerófilos

Bosques caducifólios

As elevações e planaltos supramediterrânicos e supratemperados e encostas adjacentes são, por excelência, o domínio climático dos bosques de *Quercus* caducifólios (subgénero *Quercus*), da sub-aliança *Quercenion pyrenaicae*, em Portugal. Os fogos frequentes que ciclicamente percorrem as montanhas, pese embora a lentidão do processo, não estão a impedir uma robusta restauração natural destas florestas. Nos bosques maduros de *Quercus* caducifólios, o estrato herbáceo é dominado por espécies adaptadas à sombra (i.e. esciófilas) onde se destacam três grandes grupos de plantas: geófitos (plantas com rizomas e bolbos, e.g. *Narcissus* sp.pl. e *Erythronium dens-canis*) de floração precoce (anterior à emergência tardi-primaveril das folhas); plantas graminóides (e.g. *Luzula forsteri*, *Poa nemoralis*, *Holcus mollis* e *Brachypodium rupestre*); e dicotiledóneas perenes (e.g. *Laserpitium eliasii* subsp. *thalictrifolium* e *Melampyrum pratense* subsp. *latifolium*). Nas linhas de montanhas mais ocidentais, concretamente nas montanhas Galaico-Portuguesas e nas elevações mais a oeste das Serras Beira-Durienses, pela influência do mar mais oceânicas e húmidas (andar supratemperado), diferenciam-se bosques climatófilos de *Quercus robur* (*Quercenion robori-pyrenaicae*), frequentemente mistos de *Q. pyrenaica* (*Quercenion pyrenaicae*) (Figura 3). A seleção negativa secular do *Q. robur* – a madeira do *Q. robur* tem notáveis vantagens tecnológica – justificará, em muitos casos, a dominância relativa do *Q. pyrenaica*. Por outro lado, esta última espécie é mais tolerante à continentalidade e à mediterraneidade climática do que o *Q. robur*, e tem a vantagem de se disseminar colonialmente por rebentos de toixa e raiz, uma adaptação apropriada a paisagens com uma longa história de perturbação antrópica. Uma outra fagácea abundante no interior norte de Portugal, o castanheiro (*Castanea sativa*), não faz originalmente parte dos bosques indígenas (Caixa 1, Figura 5). Em condições eutemperadas hiper-húmidas superiores, os bosques de *Q. robur* ganham uma nova árvore – a *Betula celtiberica* (Honrado, 2003). Nos biótopos climatófilos ultra-hiperhúmidos das Serras do Gerês e Estrela, a *B. celtiberica* pode volver dominante nos bosques climáticos. Nestas serras, os bidoais climáticos ocupam uma faixa altitudinal significativa, entre dos 1200-1700m de altitude (Meireles *et al.*, 2012). A flora eurossiberiana é naturalmente pobre em árvores: além da *B. celtiberica* surgem eventualmente nos bosques de *Q. robur* árvores como o *Ilex aquifolium* e mais raramente, *Sorbus aucuparia* ou *Taxus baccata*. Os dados paleopalinológicos mostram que a faia (*Fagus sylvatica*) penetrou no território continental português a meio do Holocénico retirando-se em datas mais recentes. Não deixa de ser interessante que a faia se assilvestrou no Parque Nacional do Gerês, precisamente em áreas de macrobioclima supra-eutemperado, a partir de indivíduos cultivados.



Figura 3 – Regeneração natural de *Quercus robur* (Fagaceae) na Serra da Peneda. Foto de Carlos Aguiar.

A descida dos bosques de *Quercus* caducifólios ao andar mesotemperado ou mesomediterrânico hiper-oceânico, no noroeste e centro-oeste do país (vale do Rio Mondego) é marcado pelo influxo de espécies termófilas de que são exemplo as árvores *Q. suber* e *Prunus lusitanica* subsp. *lusitanica*, os arbustos *Viburnum tinus* e *Ruscus aculeatus*, e trepadeiras como a *Smilax aspera*. Todas as populações portuguesas de *Q. robur* enquadram-se, aparentemente, na subsp. *broteroana*, uma árvore geralmente semi-caducifólia: perde parte das folhas na estação desfavorável, permanecendo algumas delas funcionais até ao abrolhamento dos gomos, na primavera.

À medida que se avança nas montanhas do Norte e Centro em direção a oeste, o *Q. robur* cede dominância ao *Q. pyrenaica*. Os bosques estremos de *Q. pyrenaica* instalam-se a partir das serras da Padrela-Falperra e Leomil-Lapa, respetivamente, a norte e a sul do rio Douro. Ao nível da flora ocorre, tanto na orla como no interior dos bosques, uma substituição de espécies de carácter temperado (e.g. *Ajuga reptans*, *Allium scorzonerifolium*, *Anemone trifolia* subsp. *albida*, *Circaea lutetiana* e *Euphorbia dulcis*) por espécies em Portugal de ótimo mediterrânico (e.g. *Brachypodium rupestre*, *Doronicum plantagineum* subsp. *plantagineum*, *Euphorbia angulata*, *Festuca elegans* e *Geum sylvaticum*). Os carvalhais de *Q. pyrenaica* são particularmente informativos sobre o impacto da perturbação antrópica na diversidade florística (número de espécies por unidade de área) e fitocenótica (número de comunidades vegetais por unidade de área). Nas florestas mais antigas, em paisagens de matriz florestal, o sub-bosque é pobre e dominado por espécies gramínoides. Em contrapartida nas orlas e clareiras prosperam complexos mosaicos de vegetação herbácea e lenhosa. Os 6.000 ha de carvalhal da Serra de Nogueira são o local ideal para estudar o efeito da história do uso da floresta na diversidade biológica, às escalas local e da paisagem (Azevedo *et al.*, 2013) (Figura 4). Nas orlas e clareiras da serra de Nogueira identifi-

O castanheiro

É consensual que o castanheiro se refugiou na Península Ibérica durante a última glaciação (concluída cerca de 11.500 anos cal BP). Nas sondagens paleopalinológicas obtidas no norte e centro do território continental Português, e em regiões espanholas vizinhas, os grãos de pólen de castanheiro são mais ou menos constantes num pequeno período quente chamado Interstadial Tardiglacial (ca. 14.000-12.700 cal BP). O castanheiro acompanha a regressão da vegetação arbórea associada ao Dryas recente, um curta pulsação fria com cerca de mil anos de duração (ca. 12.700-11.500 cal BP), e não recupera com a chegada do Holocénico (de 11.500 cal BP até hoje), ou as suas concentrações polínicas nas sondagens paleopalinológicas são tão baixas que existe o risco do seu pólen ser confundido com outros pólenes análogos (e.g. *Sedum* e *Hypericum*) (van Mourik, 1986 cit. Ramil-Rego et al, 1995).

Alguns autores defendem que a *C. sativa* seria uma espécie pioneira de solos florestais intactos, o que justificaria a sua raridade durante o período de máxima expansão dos bosques holocénicos (grosso modo entre 1/4 e 1/2 do Holocénico) e a sua (modesta e pontual) recuperação, antes da romanização, em consequência de um incremento das atividades humanas durante as Idades do Bronze e Ferro. Outros autores, com base em macrorrestos recolhidos em Portugal, propõem que o castanheiro teria persistido até muito tarde no NW de Portugal, em bosques de biótopos (sítios) húmidos e quentes, possivelmente próximos do litoral. Malato Beliz questionava, em 1987, a carácter indígena do castanheiro em Portugal, com base em dois argumentos: o castanheiro está sempre associado à presença do homem (Figura 5), e ausente dos bosques caducifólios mais bem conservados (Malato-Beliz, 1987). Os surtos de tinta do castanheiro iniciados no século XIX não explicam esta ausência porque os solos de bosque são supressivos (impedem a ação) para o agente desta doença. O mais provável – os dados paleopalinológicos e a ecologia atual da espécie assim o indicam – é que o castanheiro se tenha extinguido no território continental Português, num momento impossível de precisar, algures durante o último quarto do Holocénico. Se o castanheiro teve como habitat preferencial solos florestais húmidos (não encharcados), ricos em nutrientes, das terras baixas do NW de Portugal, é admissível que estes tenham sido, na sua totalidade, reclamados pela agricultura. Os castanheiros que hoje se cultivam no país são domesticados de origem, por enquanto, muito discutida. O castanheiro não é, portanto, indígena de Portugal!

Uma revisão com mais de uma década das fontes históricas e paleoecológicas disponíveis sobre a história antiga do castanheiro como planta cultivada na Europa, oferece-nos quatro importantes conclusões (Conedera et al., 2004): a primeira evidência do alargamento da distribuição do castanheiro liderado pelo Homem provém da Anatólia (Turquia) e data de 2100-2050 a.C.; o cultivo do castanheiro terá sido levado para a Península Itálica pelos Gregos; não existem provas da plantação e cultivo sistemático do castanheiro fora da Península Itálica durante o período romano; o castanheiro só ganha importância como planta frumentária no NW europeu na Alta Idade Média, consolidando-se nos sistemas tradicionais de agricultura a partir do séc. XI. Esta última conclusão é particularmente importante. A cultura do castanheiro para fruto é, então, uma das inovações tecnológicas agrícolas da "revolução agrícola medieval".

cam-se as seguintes comunidades: matos altos esciófilos de *Erica arborea* (*Genisto falcatae-Eri-cetum arboreae*), comunidades lianoides ricas em *Rubus* endémicos (e.g. *R. vigoii*, *R. lainzii* or *R. vagabundus*) da aliança *Rosenion carioti-pouzinii*, comunidades herbáceas perenes com plantas de flores ou inflorescências de grandes dimensões (*Linarion triornithophorae*, *Trifolio-Geranie-tea*), arrelvados de *Festuca elegans* subsp. *merinoi* e *Phalacrocarpum hoffmannseggii* (*Festucion merinoi*), comunidades escionitrófilas anuais da *Geranio-Anthiscion caucalidis*. As florestas caducifólias jovens, em paisagens muito alteradas pela ação do homem, são pobres em espécies e em fitocenoses funcionalmente dependentes das florestas, e, frequentemente, estão invadidas por plantas de etapas subseriais de carácter ruderal (Aguiar, 2001; Graae e Sunde, 2000). Sabe-se que as espécies de orla de bosque se dispersam lentamente (Ehrlén e Eriksson, 2000) facto que incrementa o valor conservacionistas das florestas antigas.



Figura 4 - Bosque de *Quercus pyrenaica* (Fagaceae) da Serra de Nogueira. Foto de Carlos Aguiar.



Figura 5 – Souto de castanheiros nos concelho de Bragança. Foto de Carlos Aguiar.

Bosques perenifólios

Árvores isoladas testemunham a presença de bosques esclerófilos reliquiais nas montanhas exteriores do NW (e.g. azinheiras na Sorreira do Meio-Dia, na Serra do Gerês). A cotas mais baixas, ainda no andar supratemperado, os biótopos edafoxerófilos (i.e., de meios em morfogénese) favorecem a ascensão altitudinal de versões finícolas empobrecidas de bosques mistos de *Q. robur* e *Q. suber*. Os bosques edafoxerófilos perenifólios ganham expressão territorial e autonomia fitossociológica nas encostas mais declivosas das montanhas supramediterrânicas e supratemperadas de maior influência mediterrânica. Nos vales supramediterrânicos do NE de Portugal são frequentes azinhais edafoxerófilos, os mais orientais com a presença repetida de *Genista hystrix*. Este bosque, que toma o nome fitossociológico de *Genista hystrix-Quercetum rotundifoliae*, estende-se a fisiografias planálticas a norte e noroeste de Miranda do Douro e nas terras beiranas de Figueira de Castelo Rodrigo, Pinhel e Almeida (Figura 6). Nas encostas que marginam a Plataforma do Mondego foram recentemente descritos outros dois tipos de bosque perenifólio edafoxerófilo, um de azinheira (*Teucrio salvistri-Quercetum rotundifoliae* no andar supramediterrânico), evidente, por exemplo, no troço da A3 que vai do desvio para Celorico da Beira até às proximidades da Guarda, e outro de sobreiro (*Teucrio salvistri-Quercetum suberis* nos andares mesomediterrânico e mesotemperado), que contactam, respetivamente, com bosques climatófilos de *Q. pyrenaica* (*Genista-Quercetum pyrenaicae*) ou bosques termófilos de *Q. robur* subsp. *broteroana* (*Viburno-Quercetum broteroana*). Num passado já distante os pinhais eram parte integrante da vegetação edafoxerófila regional.

Os pinhais

Evidências polínicas e macrorrestos encontrados em assentamentos humanos pré-históricos mostram que as florestas de *Pinus sylvestris* e de *P. pinaster* estiveram presentes na área de estudo durante a maior parte do Holocénico (Figueiral, 1995). Alguns núcleos de *P. sylvestris* referenciados desde o final do Séc. XIX na Serra do Gerês, refugiados do fogo em ambientes ripícolas a grande altitude, são, com elevada probabilidade, os últimos representantes de antigas florestas desta espécie em Portugal (Fernandes e Devy-Vareta, 2015). Os bosques orófilos de *P. sylvestris* na Serra da Estrela extinguiram-se algures na segunda metade do Holocénico. A história do *P. pinaster* nas montanhas portuguesas é igualmente difícil de perseguir. Os macrorrestos de pinheiro-bravo encontrados, por exemplo, no Planalto de Miranda (Sanchez, 2000) e em outras estações arqueológicas pré e proto-históricas transmontanas e alto-beirenses não deixam dúvida de que a área de distribuição do pinheiro-bravo se estendia ao interior de Portugal. Na montanha esta população, certamente da denominada subsp. *escarena* (ecótipo continental ibérico), ocupavam habitats edafoxerófilos (encostas declivosas e cristas). Serão as referências dos séculos XVIII e XIX de *P. pinaster* para o oriente de Trás-os-Montes, reunidas por Rozeira (1945), todas de árvores cultivadas ou resultantes da regeneração de plantas indígenas? Aparentemente, as populações atuais de *P. pinaster* do interior de Portugal pertencem ao ecótipo litoral (subsp. *atlantica*). Os estudos filogeográficos de Ribeiro et al. (2001) mostram que não existe uma estrutura genética geográfica das populações portuguesas atuais de *P. pinaster*. Possivelmente, os raros núcleos sobreviventes às intensas desarborizações que caracterizam o último terço do Holocénico foram geneticamente abastardados, por introgressão, devido à plantação massiva de pinheiro-bravo de proveniência litoral, massificada a partir dos finais séc. XIX (Aguilar e Capelo, 2004).

As florestas de *Q. suber* da Terra-Quente transmontana são o bosque perenifólio com a composição florística mais original da área de estudo. Nos planaltos mesomediterrânicos superiores sub-húmidos, por exemplo numa parte significativa do concelho de Macedo de Cavaleiros, desenvolve-se um bosque climatófilo de *Q. suber* originalmente descrito para o vale do Rio Sil, na Galiza (Espanha), o *Physospermo cornubiensis-Quercetum suberis*. A mesma floresta é observável nas encostas sobranceiras ao vale de Chaves e nos mortórios (terraços abandonados durante a crise da filoxera no final do séc. XIX), no Baixo Corgo e parte do Cima Corgo (Região Demarcada do Douro). A variante dominante deste bosque inclui além do *Q. suber*,



Figura 6 – Bosque edafo-xerófilo de *Quercus rotundifolia* (Fagaceae) no vale do Rio Sabor. Foto de Carlos Aguiar.

Q. faginea s.l.⁴, *Q. pyrenaica*, e híbridos de *Q. faginea* s.l. e *Q. pyrenaica*. O sob coberto exhibe uma combinação inconspícua de arbustos e lianas (e.g. *Daphne gnidium* e *Rubia peregrina*). No estrato herbáceo sobressaem três endemismos: *Epipactis duriensis*, *Silene coutinhoi* e, em afloramentos rochosos, o *Anarrhinum duriminium*. Os regossolos derivados de depósitos de pedimento espessos e os antrossolos abandonados (e.g. mortórios) no andar mesomediterrânico seco são o habitat do *Junipero lagunae-Quercetum suberis*. O deslocamento dos sobreirais para solos hidricamente compensados, ou excepcionalmente profundos, nos territórios de ombroclima seco é um padrão comum em toda a Península Ibérica. O bosque em causa tem um combinação original de árvores: três angiospérmicas do género *Quercus* (*Q. faginea* s.l., *Q. suber* e *Q. rotundifolia*), com uma gimnospérmica (*Juniperus oxycedrus*) (Figura 7). Nas catenas de vegetação dos vales de mesomediterrânicos secos o *Junipero-Quercetum suberis* contacta com bosques edafoxerófilos de *Q. rotundifolia* e *J. oxycedrus* (*Rusco aculeati-Juniperetum lagunae*). A interação da baixa precipitação com a continentalidade climática atrasa, ou previne, o fecho da canópia do estrato arbóreo favorecendo a penetração nestes bosques – sobreirais-zimbrais e azinhais-zimbrais – de espécies heliófilas de etapas subseriais (e.g. *Cistus ladanifer* ou *Lavandula pedunculata*).

Bosques semi-caducifólios

Antes de mais, uma precisão conceptual. As plantas ditas semicaducifólias retêm parte das folhas durante a estação desfavorável, permanecendo muitas delas funcionais. O *Quercus faginea* subsp. pl. (Fagaceae) «carvalho-cerquinho» e o *Q. robur* subsp. *broteroana* são os exemplos mais

4) As populações nordestinas de *Q. faginea* são tradicionalmente incluídas na subsp. *faginea*. O seu estatuto taxonómico está, atualmente, em revisão.



Figura 7 – Bosque misto de *Quercus suber* (Fagaceae), *Q. faginea* s.l. (Fagaceae) e *Juniperus oxycedrus* (Cupressaceae). Foto de Carlos Aguiar.

conhecido da flora portuguesa. Precisemos alguns conceitos. A retenção de órgãos secos – e.g. folhas, sépalas, pétalas, frutos e frutificações – designa-se por marcescência. Nas plantas ditas marcescentes as folhas secam na copa e aí ficam, secas e pendentes, até ao início da estação favorável. As plantas jovens de *Q. pyrenaica* são marcescentes; as plantas adultas, pelo contrário, são caducifólias, ou parcialmente marcescentes. Nesta espécie, a marcescência provavelmente atribui alguma resistência aos frios excessivos de inverno, mais graves nas plantas jovens de casca ainda pouco espessa.

Os solos meso-eutróficos formados a partir de rochas básicas do Maciço de Morais ou metassedimentos do Grupo do Douro são o domínio climácico do um bosque semi-caducifólio de *Q. faginea* s.l. (*Hedero hibernicae-Quercetum fagineae*), com um sub-bosque similar suprarreferido *Physospermo-Quercetum suberis*. A raridade deste bosque na paisagem vegetal atual do NE de Portugal está relacionada com a fertilidade dos seus solos, hoje maioritariamente ocupados com culturas agrícolas. É possível que este bosque seja, pontualmente, secundário, substituindo bosques climácicos de *Q. suber* do *Physospermo-Quercetum suberis*.

3.3.2 Bosques e matagais arborescentes edafo-higrófilos

A intrincada terminologia ligada às formações arbóreas ou arbustivas-altas de “solos anormalmente húmidos”, e respetivas etapas subseriais, está explicitada na dissertação de Pereira (2013) (vd. Quadro 1). A vegetação dita higrófila ocupa solos hidricamente compensados, i.e., com uma

disponibilidade de água quantitativamente superior à aportada pela precipitação. Este acréscimo deve-se à posição fisiográfica (e.g. fundos de vale) ou à emergência da água por exemplo por meio de sistemas de falhas geológicas. O adjetivo ripícola é usado neste texto num sentido estrito, para qualificar qualquer tipo de vegetação edafo-higrófila presente na margem do leito menor (encaixado entre margens geralmente bem definidas), de uma linha de água permanente. A vegetação higrófila de leitos de cheia, inundados ou temporariamente encharcados, ou de cursos de água temporários, diz-se tempori-higrófila. Atrás da vegetação tempori-higrófila, numa direção perpendicular ao talvegue, situam-se comunidades mesófilas, que sobrevivem, exclusivamente, à custa da água aportada pela precipitação.

Como se referiu a respeito do meio físico, no Norte e Centro de Portugal, os rios nascem em planaltos, descem ao longo de vales profundamente escavados e concentram-se em grandes rios (e.g. Douro, Águeda e Mondego) que abandonam a área estudo a cotas já muito baixas, em direção ao mar. Excluindo alguns exemplos acantonados nos planaltos, a vegetação de meios lânticos é infrequente. Como adiante se refere, nas superfícies côncavas dos planaltos supratemperados desenvolvem-se complexos de vegetação pratense edafo-higrófila que envolvem fragmentos de turfeiras, urzais higrófilos, cervunais (pastagens de *Nardus stricta*) e outros tipos de vegetação herbácea de menor expressão espacial. Árvores dispersas de *Betula celtiberica* provam a potencialidade de uma vegetação arbórea tempori-higrófila da aliança *Betulion fontqueri-celtibericae*. As turfeiras são raras no andar supramediterrânico e quase inexistentes no andar mesomediterrânico.



Figura 8 – Bosque ripícola de bidoeiro do *Carici reuterianae-Betuletum celtibericae* na Serra do Alvão. Foto de Carlos Aguiar.

rânico. A drenagem artificial dos planaltos supratemperados conduzida por serviços oficiais nos primeiros 2/3 do sec. XX incrementou a área de ocupação de um interessante bosque ripícola supratemperado de *Betula celtiberica*, o *Carici reuterianae-Betuletum celtibericae* (Figura 8). Na área de estudo, os bidoais ripícolas são substituídos a cotas inferiores a ca. de 900 m de altitude por bosques de *Alnus glutinosa*.

Os amieiros são a árvore dominante dos bosques ripícolas supramediterrânicos (pontualmente supratemperados) e mesomediterrânicos, das associações *Galio-Alnetum glutinosae* e *Scrophulario-Alnetum glutinosae*, respetivamente. Nos vales mais abruptos em forma de V, por detrás do amial ripícola, desenvolvem-se matagais arborescentes de *Salix salviifolia* (*Salicetum salviifoliae*), capazes de suportar as águas turbulentas das cheias de inverno. Os mesmos matagais protegem, em substituição dos amieiros, as margens dos cursos de águas mais rápida ou margens perturbadas pela ação do homem. Nos vales mais abertos, enchidos com depósitos coluvionares eventualmente complementados com material aluvial, os amieiros ou os matagais arborescentes de *Salix salviifolia* contactam com bosques temporari-higrófilos mesotróficos de *Fraxinus angustifolia*, e respetivas etapas de substituição (Figura 19). Na montanha, o *Q. pyrenaica* acompanha o *F. angustifolia* (*Quercus pyrenaicae-Fraxinetum angustifoliae*); nos territórios mesomediterrânicos secos a sub-húmidos soma-se ao freixo o *Q. faginea* s.l. (*Fraxino angustifoliae-Aceretum monspessulani*). Na fração mais a jusante do vale do Mondego, sob um bioclíma mesomediterrânico húmido, o freixo coexistia com o *Q. robur* s.l. (*Omphalodo nitidae-Fraxinetum angustifoliae*). As



Figura 9 – Freixos dispersos num lameiro do NE de Portugal. Foto de Carlos Aguiar.

árvores indígenas de *Prunus avium* encontram o seu ótimo ecológico e fitossociológico nos freixiais, facto que explica o insucesso das plantações desta espécie em relevos convexos. Com raras exceções, os bosques mesotróficos de *F. angustifolia* foram convertidos em lameiros, terra arável ou hortas, mas a sua importância no coberto vegetal primitivo é testemunhado pelas sebes de rosáceas espinhosas da classe de vegetação *Rhamno-Prunetea* (v.i.), e por freixos dispersos, tão característicos das paisagens com hortas e lameiros do Norte e Centro de Portugal (Figura 9).

Nas bacias tectónicas e vales mais amplos do andar mesomediterrânicos, ainda que profundamente alterados por obras seculares de drenagem (e.g. vales da Vilariça e Chaves), persistem pequenos trechos de bosques pantanosos distróficos de *Salix atrocinerea* e *A. glutinosa* (*Carici lusitanicae-Alnetum glutinosae*), invadidos por *Rubus* e outras espécies espinhosas de *Rhamno-Prunetea*, por vezes com uma espessa orla com toijas da gramínea *Molinia caerulea*. Os leitos menores dos rios que os sulcam foram fixados artificialmente e estão hoje colonizados, pelo menos parcialmente, por formações boscosas ripícolas termófilas de *S. alba*, *S. atrocinerea*, *F. Angustifolia*, *Celtis australis* e *Populus nigra* var. *betulifolia* (*Salici neotrichae-Populetum nigrae*, *Populion albae*). A chuva de irriga os planaltos supramediterrânicos e supratemperados emerge, pontualmente, nas encostas declivosas que bordejam os grandes vales termófilos do norte e centro do país. Este é o habitat preferencial dos bosques de *C. australis* (*Clematido campaniflorae-Celtidetum australis*), uma árvore frequentemente plantada nas estradas e ruas da área de estudo.

3.4 Vegetação arbustiva

3.4.1 Vegetação arbustiva alta

Os matos altos tendem a ocupar solos mais espessos do que os matos baixos (v.i.) e geralmente dispõem-se em mosaico com pastagens perenes. A dominância dos substratos ácidos pobres em fósforo explica a abundância dos matos altos de *Cytisetea scopario-striati* nos solos não hidricamente compensados da área de estudo. Predominam nestas formações leguminosas arbustivas altas de ramos eretos, longos e delgados, que geralmente perdem a folha no período mais seco do ano (e.g. *Cytisus*, *Retama*, *Adenocarpus* e algumas *Genista*), genericamente conhecidos por giestais ou piornais (se de *Genista florida*, *G. cinerascens* ou *Cytisus oromediterraneus*), eventualmente acompanhadas por tojos, concretamente de *Ulex europaeus* subsp. *latebracteatus*. Todos estes arbustos pertencem à tribo das *Cytiseae*, da família das leguminosas, e estabelecem interações simbióticas com bactérias fixadoras de azoto.

Nas terras altas supratemperadas ou supramediterrânicas os matos heliófilos de *Genista florida* são omnipresentes. A *G. florida* é uma espécie de grande versatilidade ecológica, tanto coloniza cascalheiras de montanha como orlas de bosques, valas de enxugo ou linhas de água temporárias. Na orla, ainda sombria, dos bosques desenvolvem-se densas comunidades de *Erica arborea* com *Genista florida* e vários *Cytisus* (*Genisto-Ericetum arboreae*). Na Serras da Estrela ocorrem matos de *C. oromediterraneus* (*Teucrio salviastris-Cytisetum oromediterranei*), uma espécie em Portugal exclusiva desta montanha, com uma ecologia e fisionomia que os aproxima dos matos baixos de ericáceas adiante descritos. Ainda em altitude, com particular incidência nos planaltos de Miranda e da Beira interior, sobressaem os matos de *Echinopartum ibericum*, próprios de habitats muito ventosos com solos delgados e ácidos (Figura 10).



Figura 10 – Mosaico de mato de *Echinopartum ibericum* (Fabaceae) e pastagem de *Agrostis truncatula* subsp. *truncatula* (Poaceae). Foto de Carlos Aguiar.

Nos andares supramediterrânico inferior húmido a sub-húmido, e mesomediterrânico sub-húmido, ocorrem várias combinações florísticas com espécies do género *Cytisus*. O *Cytisus multiflorus*, a giesta-de-flor-branca, é uma planta pioneira de solos abandonados pela agricultura ou perturbados por operações florestais. As propriedades do solo condicionam a sua evolução em direção a matos altos (solos mais espessos) ou matos baixos (solos truncados pela erosão). De flor amarela, o *C. striatus* tem uma marcada preferência por solos abandonados pela agricultura ou modificados por arborizações; o *C. scoparius* prefere territórios de matriz florestal. Sob ombroclima seco, os matos altos contêm, invariavelmente, *Retama sphaerocarpa* (*Cytisus multiflorus*-*Retametum sphaerocarpaceae*). Nas áreas mesomediterrânicas mais chuvosas (de ombroclima húmido) ou mesotemperadas, por exemplo na plataforma do Mondego, são comuns matos altos de *U. europaeus* subsp. *latebracteatus*, *Cytisus striatus* e *Adenocarpus complicatus* (em particular da subsp. *lainzii*), muitas vezes sendo esta última espécie, o codeço, a dominante (Figura 11). O *U. europaeus* subsp. *latebracteatus* encontra-se em acelerada expansão ao longo da rede de autoestradas e itinerários principais recentemente construída na região. Dada a pobreza dos solos, os medronhais, na região dominados por *Arbutus unedo*, *Phillyrea angustifolia*, *Erica scoparia* e *E. arborea*, têm uma expressão territorial mais limitada do que os giestais.

Em habitats tempori-higrófilos as comunidades de *Cytisetea scopario-striati* são substituídas por diferentes combinações florísticas de arbustos altos e trepadeiras com frutos carnudos dispersos por aves, maioritariamente da família *Rosaceae* (e.g. *Rosa* sp.pl., *Rubus* sp.pl., *Prunus spinosa*, *P. insititia*, *Pyrus cordata* e *Carataegus monogyna*), enquadráveis na classe *Rhamno-Prunetea*. A diversidade dos matos de *Rhamno-Prunetea* decai na descida para o andar mesomediterrânico pese embora a entrada de algumas espécies termófilas (e.g. *Prunus mahaleb*, *Acer monspessulanum* e *Clematis campaniflora*).



Figura 11 – *Adenocarpus complicatus* subsp. *complicatus* (Fabaceae). Foto de Carlos Aguiar.

3.4.2 Matos baixos

Embora real, a sucessão secundária em direção ao bosque é lenta nos planaltos supratemperados/supramediterrânicos com uma longa história de uso pastoril com fogo. Faltam árvores a produzir diásporos e o fogo ciclicamente reinicia os processos sucessionais. A paisagem vegetal continua, por isso, a ser dominada por comunidades vegetais arbustivas. Os gradientes mesotopográficos têm um forte efeito na associação de espécies arbustivas nestas condições. Nos espaços convexos de solos ácidos e nutricionalmente desequilibrados (leptosolos úmbricos) desenvolvem-se urzais mesófilos (classe *Calluno-Ulicetea*). Os solos mais profundos, enquadráveis no grupo dos regossolos, são colonizados por giestais (classe *Cytisetea scopario-striati*). As urzes (gêneros *Erica* e *Calluna*, família *Ericaceae*) são surpreendentemente incomuns nos planaltos graníticos com um rególito profundo. Distinguem-se dois grandes tipos de urzais mesófilos na área de estudo: urzais de *Erica australis* (Figura 12) e urzais-tojais de *E. umbellata*, *E. cinerea* e *Ulex minor* (Figura 13), eventualmente acompanhados por *U. micranthus* em xistos. Os primeiros são dominantes nas elevações mais continentais e mediterrânicas, os segundos em áreas de clima mais oceânico-temperado. Nas montanhas temperadas, por exemplo no Planalto da Moura no Concelho de Montalegre, os matos de *E. australis* estão relegados a afloramentos graníticos, enquanto os urzais-tojais revestem a maior parte da superfície. Nas cotas mais levadas das Serras da Estrela e Gerês, os matos de *E. australis* surgem enriquecidos com o zimbro-anão (*Juniperus communis* subsp. *alpina*). Pelo contrário, sob um ombroclima sub-húmido superior, os urzais contêm características de *Cisto-Lavanduletea* (e.g. *Lavandula pedunculata* subsp. *sampaiana* e *Cistus ladanifer*). Nos sistemas de pastoreio tradicional os urzais de *Erica australis* são pastoreados por gado miúdo (ovelhas e cabras); quatro raças autóctones de bovinos — arouquesa, cachena, barrosã e maronesa — estão adaptadas à herbivoria em matos-baixos com *Ulex minor*. Sem a evidência proporcionada pelas florestas — florestas climatófilas de *Q. pyrenaica* vrs. *Q. robur* s.l.— a transição entre as regiões biogeográficas Eurossiberiana e Mediterrânica pode ser traçada com razoável segurança com base na distribuição de duas subespécies de carqueja



Figura 12 – Urzal de *Erica australis* subserial de bosques de *Quercus pyrenaica*. Foto de Carlos Aguiar.

(*Pterospartum tridentatum*), uma espécie indefectível nos urzais de montanha: a subsp. *cantabricum*, de estandarte glabro, é eurossiberiana; a subsp. *lasianthum*, de estandarte piloso e flores maiores de um amarelo mais claro, domina nos espaços mediterrânicos (Costa *et al.*, 2008). Os urzais descem, pontualmente, ao andar mesomediterrânico em habitat muito peculiares: cristas quartzíticas próximo da fronteira entre as regiões Eurossiberiana e Mediterrânica. No sul de Portugal, pelo contrário, os urzais são frequentes nas terras baixas de clima mediterrânico.



Figura 13 – Urzal-tojal na Serra da Mourela, Montalegre. Foto de Carlos Aguiar.



Figura 14 – Esteval (classe *Cisto-Lavanduletea*) de *Cistus ladanifer* (*Cistaceae*). Foto de Carlos Aguiar.

Na área de estudo há uma correlação clara entre as comunidades de *Calluno-Ulicetea* (urzais e urzais-tojais) e os bosques decíduos de *Quercus-Fagetea*, e entre os matos baixos de *Cisto-Lavanduletea* (estevais) e as florestas esclerófilas e semi-caducifólias de *Quercetea ilicis*. Nas comunidades de *Cisto-Lavanduletea*, de ótimo mesomediterrânico sub-húmido inferior a seco são comuns espécies aromáticas como o *C. ladanifer*, *L. pedunculata* subsp. *sampaiana*, *Thymus mastichina* ou *Th. zygis* subsp. *zygis* (Figura 14). A maior altitude, incorpora-se nos estevais uma giesta espinhosa, a *Genista hystrix*. Os arbustos característicos dos matos baixos (*Calluno-Ulicetea* e *Cisto-Lavanduletea*) para além de tolerarem e serem perpetuados pelo fogo incrementam os riscos de incêndio: constroem o seu próprio habitat ⁵. Embora com espécies intermédias, os arbustos característicos dos matos-baixos seguem duas grandes estratégias perante o fogo: os *seeders* morrem após fogo e regeneram por semente (e.g. *Ulex minor* e *Cistus* sp.pl.); os *sprouters* rebentam de toça ou raiz (e.g. *Erica australis* e *Pterospartum tridentatum*) (Herrera, 1998).

3.5 Vegetação pratense

Nas últimas décadas ocorreu uma alteração profunda da classificação da vegetação pratense da Península Ibérica. A dicotomia entre pastagens anuais (*Tuberarietea guttatae*) e as pastagens perenes (várias classes de vegetação) foi estabelecida na década de 1970 pelo geobotânico espanhol, S. Rivas-Martínez. As mais recentes sínteses sintaxonómicas da vegetação ibérica Pe-

5) *Ecosystem builders*, na terminologia ecológica inglesa.

ninsula (Costa *et al.*, 2012; Rivas-Martínez *et al.*, 2001) distribuem as pastagens perenes por várias classes de vegetação, reconhecendo as subtis relações entre a sua composição florística e o termoclima, a disponibilidade de água, a trofia do solo, e a perturbação da biomassa aérea por corte ou pastoreio. Na área de estudo, as pastagens organizam-se em complexos mosaicos de vegetação de difícil interpretação, que de forma muito resumida se analisam em seguida.

3.5.1 Pastagens anuais

As pastagens oligotróficas anuais da classe *Tuberarietea guttatae* atingem um máximo de diversidade específica e fitocenótica no andar mesomediterrânico (Figura 15). A terofítia é uma adaptação recorrente a climas com uma estação seca prolongada. Embora menos diversas, as pastagens anuais estão também presentes nos planaltos supratemperados e supramediterrânicos. Sendo constituídas por plantas heliófilas e oligotróficas, são favorecidas por ciclos curtos de recorrência de fogo. Não surpreende, por isso, que geralmente se disponham em mosaico com matos baixos de *Cisto-Lavanduletea* ou *Calluno-Ulicetea*. Nos sistemas de tradicionais de pastoreio servem de alimento a ovelhas e cabras, espécies mais adaptadas a pastorear rente ao solo do que o gado bovino. Nas áreas mais secas e quentes da área de estudo verifica-se uma progressiva substituição das pastagens anuais oligotróficas por comunidades pratenses anuais de espécies subnitrófilas de *Taeniatherum caput-medusae* ou *Stipa capensis* (*Taeniathero-Aegilopion geniculatae*), por exemplo.



Figura 15 – Pastagem oligotrófica anual da classe *Tuberarietea guttatae*. Foto de Carlos Aguiar.

O pastoreio intensivo, sobretudo por rebanhos mistos com equinos e asininos a consumir a erva seca e oxidada e plantas arbustivas, deprime as espécies de *Tuberarietea guttatae* e promove as malhadas, pastagens dominadas pelo trevo-subterrâneo (na região, *T. subterraneum* subsp. *subterraneum*). Manchas de malhadas são frequentes nas pastagens localizadas à entrada de qualquer aldeia, onde os gado termina o dia de pastoreio, antes de regressar aos alojamentos com a chegada da noite. O trevo-subterrâneo é uma planta anual adaptada a suportar cargas elevadas e contínuas de pastoreio, com exceção das ovelhas durante a floração (as ovelhas pastam rente ao solo, podem comer as flores, e a taxa de sobrevivências das sementes que atravessam o seu aparelho digestivo é baixa). Esta espécie produz caules plagiotrópicos e flores cleistogâmicas; depois da fecundação o pedúnculo das inflorescências inverte em direção ao solo, onde enterra frutificações globosas com as sementes protegidas por flores estéreis (Smetham, 2003). Entre as espécies que mais frequentemente acompanham o *T. subterraneum* contam-se a *Poa bulbosa* e a *Parentucellia latifolia*, e um alargado grupo de espécies anuais hoje em dia frequentes em estradas e caminhos de solos compactados (*Poetea annuae*), e.g. *Plantago coronopus* e *Spergularia rubra*. As malhadas têm um ótimo supramediterrânico inferior sub-húmido e mesomediterrânico.

3.5.2 Prados perenes e bienais

As cristas e plataformas rochosas revestidas por uma fina camada de solo, a grande altitude, são habitados por mosaicos de pastagens anuais e comunidades de *Festuca summilusitanica* (*Hieracio castellani-Plantaginienion radicatae*), uma gramínea endémica da Península Ibérica com folhas duras, azuladas (glaucas) e células epidérmicas silicificadas (Figura 16). Em habitats similares,



Figura 16 – Planta de *Festuca summilusitanica* (Poaceae) na Serra da Estrela. Foto de Carlos Aguiar.

igualmente exportadores de nutrientes, desenvolvem-se pastagens de *Agrostis curtisii* (*Festucion merinoi*), um tipo de vegetação pratense com grande expressão no sub-bosque de plantações de *Pinus pinaster*, supõe-se, devido a um efeito depressivo dos pinheiros em alguns parâmetros que regem a fertilidade do solo (e.g. pH e grau de saturação em bases). Um ligeiro acréscimo da trofia do solo é aproveitado pelo *Agrostis x fouilladei* (ou *A. capillaris*) ou, em habitats mais favoráveis, pelo *Pseudarrhenatherum longifolium* (sobretudo em xistos supratemperados) ou pelo *Arrhenatherum elatius* subsp. *bulbosum* (mais em solos graníticos supratemperados e supramediterrânicos). As *Festuca* de folhas glaucas e os *Agrostis* são bioindicadores de solos ácidos empobrecidos em fósforo. Embora mais exigentes em fertilidade do solo, as comunidades de *A. elatius* subsp. *bulbosum*, à semelhança das anteriores, desenvolvem-se em solos pobres naquele macronutriente principal. Em terras mais férteis, por exemplo, nos coluviões que enchem os fundos dos vales favorece, a instalação de plantas características de lameiros húmidos⁶, pertencentes à classe *Molinio-Arrhenatheretea*. Todas as comunidades gramínoides perenes referidas neste ponto ocupam largas áreas nas montanhas do norte e centro de Portugal, são subseriais de bosques caducifólios de *Q. robur* e/ou *Q. pyrenaica* (*Quercenion pyrenaicae*) e beneficiadas pelo fogo. Suportam o pastoreio mas a sua biomassa é genericamente pouco palatável. Nos solos graníticos expostos a fogos severos e reiterados diferencia-se uma camada superficial cascalhenta, móvel pela ação do vento e da água, que serve de habitat a comunidades de baixa produtividade primária, dominadas pela gramínea bienal *Agrostis trunctula* subsp.pl. (*Jasiono sessiliflorae-Koelerietalia crassipedis*), com evidentes afinidades florísticas com as dunas fósseis de clima temperado (Figura 10).

3.5.3 Cervunais

Ainda em pleno planalto supratemperado/supramediterrânico, a acumulação de partículas de solo e água em relevos côncavos gera mosaicos de urzais higrófilos (*Genistion micrantho-anglicae*) e cervunais de *Nardus stricta*, subseriais dos suprarreferidos bosques de *Betula celtiberica*. O corte e o pastoreio enfraquece os caméfitos característicos dos urzais higrófilos (e.g. *Erica tetralix* e *Genista anglica*) em benefício das espécies de *Nardetea* (e.g. *Agrostis hesperica*, *N. stricta*, *Juncus squarrosus*, *Festuca rivularis* e *Danthonia decumbens*). Quando pastoreados por gado bovino, os cervunais são diversos e ricos em espécies de *Molinio-Arrhenatheretea*; o pastoreio por ovelhas deprime a diversidade específica e seleciona positivamente o *N. stricta* que facilmente ultrapassa os 50% de cobertura, como sucede na Serra da Estrela (Figura 17). Misturadas com o *N. stricta* são frequentes comunidades de outras duas espécies rejeitadas pelo gado, a *Deschampsia caespitosa* e o *Juncus effusus* (*Juncion acutiflori*). A abundância de *Molinia caerulea* é uma primeira evidência da drenagem e mineralização da matéria orgânica dos solos de cervunais e turfeiras.

Nos planaltos de drenagem deficiente das montanhas de macrobioclima temperado, os mosaicos de urzal higrófilo e cervunal circundam, a montante, turfeiras. As turfeiras são habitats onde, em condições anaeróbicas decorrentes da saturação com água, se acumula turfa. Toma o nome de turfa uma matéria orgânica ácida, fibrosa e quase inerte, que conserva as estruturas vegetais, na região em grande medida constituída por restos orgânicos de briófitos do género *Sphagnum* (Figura 18). Por razões climáticas – as áreas de clima temperado de Portugal Continental estão sujeitas a pelo menos um mês seco no verão – a maior parte das turfeiras da área de estudo são minerotróficas (= turfeiras baixas), i.e., são, pelo menos parcialmente, abastecidas por águas

6) Mais conhecidos na literatura agronómica por lameiros de regadio, uma designação menos própria porque não são necessariamente regados.



Figura 17 – Cervunal (classe *Nardetea*) estreme na Nave de St^o António (Serra da Estrela). Foto de Carlos Aguiar.

subterrâneas com nutrientes minerais em solução. Consequentemente, são mais ricas em plantas vasculares do que as chamadas turfeiras ombrotróficas (= turfeiras altas). A vegetação das turfeiras baixas da área de estudo enquadra-se na classe *Scheuchzerio-Caricetea nigrae*. É dominada por briófitos do género *Sphagnum* acompanhados por plantas vasculares como o *Eriophorum angustifolium*, a *Arnica montana* subsp. *atlantica* e várias espécies de *Carex*. Foram identificados bons exemplares de turfeiras altas de *Oxyccoco-Sphagneteta* na Serra da Peneda.

3.5.4 Lameiros

As pastagens de solos hidricamente compensados das cabeceiras planálticas sujeitas a corte, inclusivamente sob um clima mediterrânico como no Planalto de Miranda, e desde que não fertilizadas com adubos fosfatados, enquadram-se na classe de vegetação *Nardetea* (cervunais). Ensaios de campo demonstraram o papel da biodisponibilidade do fósforo na dinâmica do *N. strictae* (Hejcman *et al.*, 2007). Os lameiros de *Molinio-Arrhenatheretea* ganham significado mais a jusante, nos vales, em regossolos de fundo de encosta e nos terraços aluviais. Quanto menor a precipitação e mais vigoroso o carácter mediterrânico do clima mais contraídos em torno das linhas de água se dispõem os lameiros. Os lameiros são, na realidade, complexos de vegetação herbácea cuja composição flutua no espaço e no tempo em função da duração e intensidade do pastoreio, corte para feno, fertilização química ou orgânica ou o sistema de regadio (Aguiar *et al.*, 2000). Os coloides do solo, a água, os nutrientes e a pressão de pastoreio tendem a concentra-se nas cotas mais baixas criando um fortíssimo gradiente



Figura 18 – Mouchão de *Sphagnum palustre* (Sphagnaceae). Foto de Carlos Aguiar.

ecológico à escala do lameiro. A sombra das árvores é outro fator ecológico que controla a estrutura dos complexos de vegetação de lameiro.

Resumidamente, a estrutura fitocenótica dos complexos de vegetação de lameiro é a que se segue. Um grupo de ervas altas perenes habita as margens ainda sombrias e ricas em azoto reativo dos bosques ripícolas (amieirais ou bidoais), entre as quais se contam o *Geranium robertianum*, *Pentaglottis sempervirens*, *Filipendula ulmaria*, *Silene dioica*, *Lamium maculatum* e *Urtica dioica* (vegetação de *Galio-Alliarietalia petiolatae*). Mesclados com estes hemicriptófitos, coexistem ervas anuais aromáticas (e.g. várias espécies de geraniáceas e umbelíferas) da aliança *Geranio pusilli-Anthriscion caucalidis* (classe *Cardaminetea hirsutae*). Os juncais (*Juncion acutiflori*) exigem uma exposição direta ao sol e desenvolvem-se em solos encharcados durante grande parte do ano. Em lameiros com uma grande carga animal é frequente observar a substituição do *Juncus effusus* e do *J. acutiflorus*, pelo *J. Inflexus*, acompanhado por várias outras espécies nitrófilas como *Agrostis stolonifera*, *Potentilla reptans*, *Mentha suaveolens* e *Ranunculus repens* (*Potentillion anserinae*). As espécies até agora citadas são pouco produtivas, evitadas pelos herbívoros domésticos e produzem fenos de baixa qualidade. Para reduzir a sua presença, o manejo tradicional



Figura 19 – Lameiro de *Cynosurion cristati* alargado a solos potencialmente ocupados por florestas climatófilas através da construção de sistemas de regadio tradicionais. N.b. copa acinzentada dos matagais-arborescentes de *Salix salviifolia*. Foto de Carlos Aguiar.

dos lameiros incluía o aprofundamento e estabilização do canal da linha de água que os servia, a linearização da floresta ripícola (geralmente reduzida a uma linha de árvores), a poda em cabeça de salgueiro das árvores (geralmente com uma recorrência de sete anos), obras de irrigação, a limpeza de regos e valas, e a extração manual de ervas menos desejadas. As comunidades da aliança *Cynosurion cristati* são as mais produtivas e palatáveis para os animais. Entre as espécies que as caracterizam citam-se o *Holcus lanatus*, *Bromus racemosus*, *Cynosurus cristatus*, *Festuca arundinacea* subsp. *arundinacea*, *Plantago lanceolata*, *Trifolium pratense* e o *T. repens*. As partes mais secas dos lameiros geralmente mostram uma comunidade empobrecida de *Arrhenatherum elatius* subsp. *bulbosum* (*Arrhenatherion elatioris*), ou, em solos ainda mais secos, comunidades de *Agrostis castellana* (*Agrostion castellanae*). Na maior parte dos lameiros da área de estudo as comunidades de *Cynosurion* e de *Arrhenatherion* são subseriais dos bosques temporari-higrófilos de *Fraxinus angustifolia* (v.s.), consoante é testemunhado pela presença abundante desta árvore. Os sistemas tradicionais de irrigação têm por objetivo alargar a cotas mais elevadas a vegetação de *Cynosurion* e de *Arrhenatherion*, a solos potencialmente ocupados por florestas climatófilas (Figura 19).

A integração do pastoreio de outono e primavera, geralmente até à primeira semana de abril, com um corte para feno nos meses de junho ou julho, e um sistema de eficiente de irrigação, favorece a vegetação *Cynosurion* e aumenta a produtividade e a diversidade específica dos lamei-



Figura 20 – Lameiro de secadal (classe *Stipo giganteae-Agrostietea castellanae*) no NE de Portugal (Vila Boa de Ouzilhão, Vinhais). Foto de Carlos Aguiar.

ros, com especial incidência da componente de leguminosas. Hoje em dia, devido a redução do número de animais em pastoreio, os lameiros são sobretudo usados para a produção de fenos. Consequentemente, tem-se verificado um aumento do grau de cobertura das gramíneas, de que é exemplo maior o *A. elatius* subsp. *bulbosum*. Simultaneamente, o abandono das práticas de poda tradicional dos freixos e outras árvores facilita a invasão de espécies anuais de baixa palatabilidade (*Geranio pusilli-Anthriscion caucalidis*) e deprime as espécies heliófilas mais produtivas e apetecíveis. A expansão do *Brachypodium rupestre* e do *Carex paniculata* subsp. *lusitanica*, duas plantas ativamente rejeitadas pelos bovinos, é, geralmente, a primeira etapa do processo de abandono. Segue-se uma invasão de giestas, lianas e arbustos altos espinhosos. Nos sistemas de agricultura tradicionais de montanha, os lameiros eram o tipo de terra mais valorizado porque o número de animais dependia diretamente da quantidade de feno armazenado para o inverno; hoje as culturas lenhosas (castanheiro, oliveira e amendoeira) são as mais valorizadas.

As pastagens mediterrânicas da aliança *Agrostion castellanae* (*Stipo giganteae-Agrostietea castellanae*), embora imperfeitamente estudadas, são muito comuns nos andar mesomediterrânico e nas cotas mais baixas do andar supramediterrânico. Combinam gramíneas perenes de dormência estival de ótimo mediterrânico (e.g. *Agrostis castellana* e *Dactylis glomerata* subsp. *hispanica*), com numerosos pequenos caméfitos (e.g. *Armeria* sp.pl.), hemicriptófitos (e.g. *Sanguisorba verrucosa* e *Centaurea* gr. *paniculata*), geófitos (e.g. *Allium* e *Asphodelus* sp.pl.) e algumas anuais de grande dimensão (e.g. *Gaudinia fragilis*). Estas pastagens desenvolvem-se em pequenas “ilhas de

fertilidade” em torno de arbustos baixos (e.g. espécies de *Cistus* e *Erica*), sendo mais contínuas e frequentes sob giestais (*Cytisetea scopario-strati*). Num passado recente, pontualmente um pouco por toda a área de estudo, mantinham-se autênticos “montados” de giestas e piornos com vegetação herbácea de *Agrostion castellanae*, sendo aqueles arbustos cuidadosamente podados. Em solos profundos com alguma hidromorfia desenvolve-se uma comunidade pratense dominada pela gramínea *Gaudinia fragilis*, o *Gaudinio-Agrostietum castellanae*, associada com várias plantas de *Molinio-Arrhenateretea* (Figura 20). Este tipo de pastagens é frequente nos complexos de vegetação dos lameiros de regadio (desenvolve-se nas porções mais secas, não beneficiadas pela água de rega) sendo dominante nos chamados lameiros de secadal, lameiros de solos profundos, não regados, menos produtivos do que os de regadio, mas ainda assim com frequência pastados e fenados.

3.6 Vegetação das rochas básicas e ultrabásicas do Nordeste Portugal

As rochas metamórficas básicas e ultrabásicas constituem a litologia mais singular da área de estudo. Surgem dispersas em dois maciços: Bragança-Vinhais e Morais, situados, respetivamente, nos andares supramediterrânico e mesomediterrânico. Na área de estudo, fora desta destes maciços, excluindo algumas protusões isoladas de calcários cristalinos (e.g. calcários de Stº Adrião, Vimioso), os solos formados *in situ* são ácidos e nutricionalmente desequilibrados. As rochas básicas (e.g. anfibolitos e rochas geoquimicamente similares) produzem solos fundos e férteis. Embora em grande parte convertido à agricultura – os soutos de castanheiros mais produtivos de Portugal estão plantados em rochas básicas –, os cambissolos êutricos do maciço de Bragança-Vinhais albergam os bosques de *Q. pyrenaica* mais bem preservado de Portugal Continental, e trechos dos já referidos bosques eutróficos de *Q. faginea* s.l.. É do maior interesse reportar que a vegetação de *Calluno-Ulicetea* evita as rochas básicas, inclusivamente em ambientes hiper-húmidos a ca. de 1200m de altitude, na Serra de Nogueira. Os solos derivados de rochas ultrabásicas, pelo contrário, são intrinsecamente inférteis e seletivos para a flora vascular. Admite-se que os principais fatores adversos à vida vegetal nos solos ultrabásicos – o efeito serpentínico – são a elevada relação Mg/Ca, dois catiões bivalentes antagónicos ao nível da absorção radicular, concentrações fitotóxicas de Ni e a baixa disponibilidade de N, P, K e Ca assimiláveis (Kruckeberg, 1986). Condições ecológicas extremas como estas têm um marcado efeito seletivo nas plantas, que se traduz numa diferenciação ecotípica generalizada nas populações de espécies generalistas, e numa elevada diversidade espécies endémicas (espécies serpentínícolas) e de disjunções biogeográficas, algumas das quais de carácter reliquial (Kruckeberg, 1986). Correntemente reconhecem-se sete endemismos nas rochas ultrabásicas do Nordeste Portugal: *Antirrhinum rothmaleri*, *Anthyllis sampaioana*, *Arenaria querioides* subsp. *fontiqueri*, *Armeria eriophylla*, *A. langei* subsp. *marizii*, *Avenula pratensis* subsp. *lusitanica* e *Festuca brigantina* subsp. *brigantina*.

O *Quercus rotundifolia* é a única fagácea capaz de colonizar os solos ultrabásicos (Figura 21). Este é, talvez, o efeito mais marcante deste substrato rochoso na vegetação. Os bosques climácicos regionais enquadram-se a numa associação fitossociológica já mencionada, o *Genisto hystricis-Quercetum rotundifoliae*. O matos subseriais são comuns a outros substratos, e.g. giestais de com *Genista hystrix* (*Genisto hystricis-Cytisetum multiflori*) e estevais (*Cisto ladaniferi-Genistetum hystricis*). Com a exceção da *A. pratensis* subsp. *lusitanica* que tem o seu ótimo fitossociológico em pastagens de *Agrostion castellanae*, todos os endemismos serpentínícolas são característicos de comunidades pioneiras de pequenos caméfitos prostrados da ordem *Jasiono sessiliflorae-Koelerie-*



Figura 21 – A litologia exerce um forte controlo na distribuição dos bosques de *Quercus* nos Maciços Polimetamórficos de Bragança-Vinhais e Morais. As rochas básicas e ultrabásicas são respetivamente colonizadas por bosques caducifólios de *Quercus pyrenaica* e perenifólios de *Q. rotundifolia*. Foto de Carlos Aguiar.



Figura 22 – Comunidade seminitrófila serpentínicola de *Alyssum serpyllifolium* subsp. *lusitanicum* (*Brassicaceae*) da classe *Pegano-Salsoletea*. Foto de Carlos Aguiar.

talia crassipedis (classe *Festucetea indigestae*). A concentração das plantas endémicas em comunidades camefíticas de solos esqueléticos com afloramentos rochosos fissurados pouco declivosos é um padrão comum nos territórios siliciosos da Península Ibérica. A vegetação arbustiva semi-

nitrófila da classe *Pegano-Salsoletea* está representada na área de estudo por um única associação, o *Alyso lusitanici-Santolinetum semidentatae* (Figura 22). Esta comunidade é dominada pelo endemismo galaico-lusitano *Alyssum serpyllifolium* subsp. *lusitanicum*, um caméfito bioacumulador de Ni, adaptado a solos perturbados por ciclos de congelamento-descongelamento, ou pelas atividades humanas (e.g. mobilização do solo e circulação de máquinas).

3.7 Vegetação do andar orotemperado da Serra da Estrela

O coberto vegetal natural e semi-natural da Serra da Estrela está descrito em detalhe por Meireles (2010) e Meireles *et al.* (2012). De acordo com estes autores, o limite altitudinal inferior do andar de vegetação orotemperado na Serra da Estrela ronda os 1700m de altitude. A ausência de árvores é a característica mais evidente da vegetação orotemperada estrelense. Em posições climatófilas identifica-se um zimbral arbustivo de *Juniperus communis* subsp. *alpina* com *Erica arborea* e *Cytisus oromediterraneus* (*Lycopodio clavati-Juniperetum nanae*, classe *Junipero sabinae-Pinetea ibericae*) (Figura 23). A substituir o zimbral em solos delgados observam-se mosaicos de comunidades herbáceas graminoides onde pontificam a *Festuca summilusitanica* ou o *Agrostis trucatula*. Nos solos mais espessos, em fisiografias côncavas, são subseriais do zimbral climácico mosaicos de matos-baixos de *Calluna vulgaris* (*Potentillo herminii-Callunetum*) e cervunal (*Galio saxatilis-Nardetum strictae* e *Campanulo herminii-Festucetum henriquesii*). Em posições edafo-xerófilas, acima do zimbral, desenvolve-se uma comunidade permanente de pequenos caméfitos cespitosos, que inclui, entre outras plantas, *F. summilusitanica*, *Minuartia recurva* subsp. *juressi*, *Jasione crispa*, *Silene ciliata* e *Luzula caespitosa* (*Jasiono centralis-Minuartietum juressi*). Embora o coberto vegetal do andar orotemperado esteja, pela ação do homem, dominado por vegetação herbácea e o zimbral climácico seja hoje residual, na paisagem pristina as comunidades arbustivas e herbáceas co-existiam em mosaico, condicionadas pela herbivoria de grandes mamíferos hoje extintos.

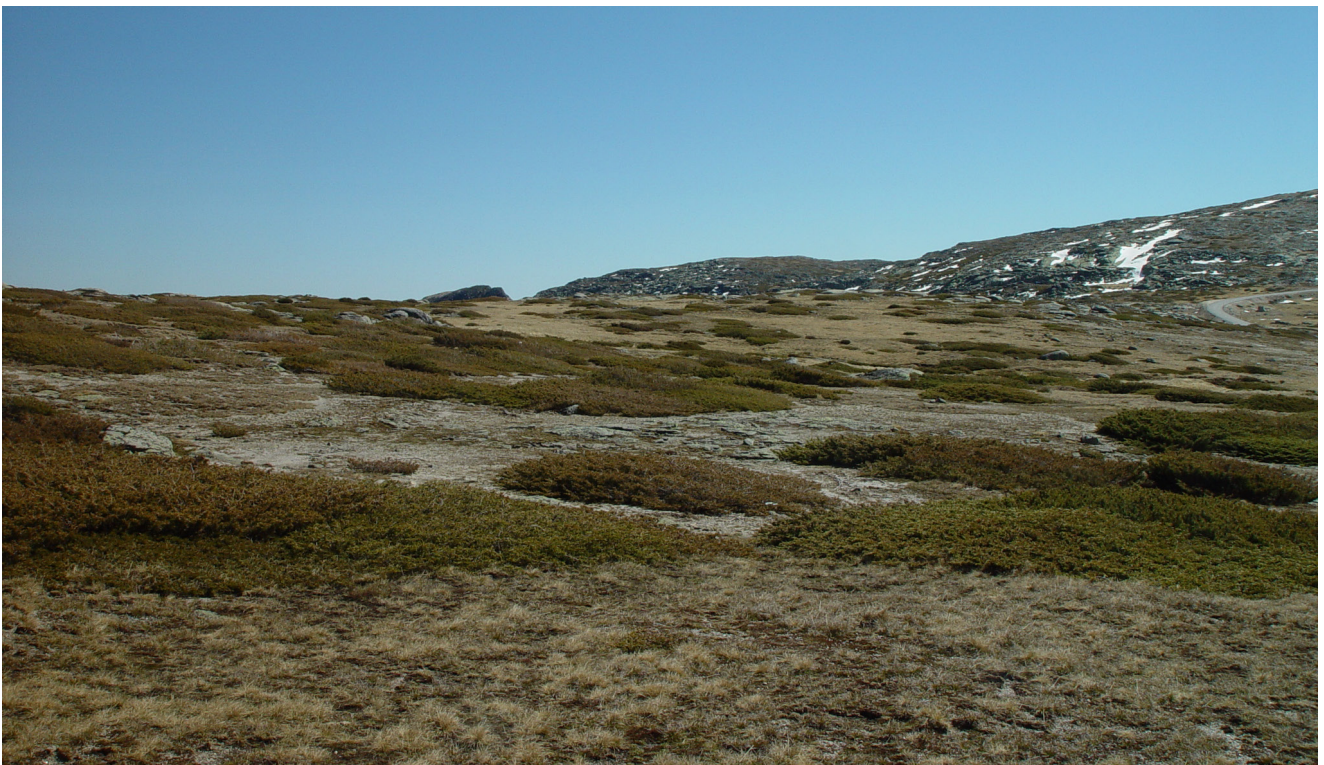


Figura 23 – Zimbral orotemperado de *Juniperus communis* subsp. *alpina* (*Cupressaceae*) na Serra da Estrela. Foto de Carlos Aguiar.

Referências

- Agroconsultores e COBA. (1991) - Carta dos Solos, Carta do Uso Actual da Terra e Carta da Aptidão da Terra do Nordeste de Portugal. Vila Real, UTAD, PDRITM.
- Aguiar, C. (2001) - Flora e Vegetação da Serra da Nogueira e do Parque Natural de Montesinho. Dissertação de Doutoramento. Lisboa, Universidade Técnica de Lisboa.
- Aguiar, C. e Capelo, J. (2004) - 2270* Dunas com florestas de *Pinus pinea* ou *Pinus pinaster* subsp. atlantica. In: ALFA (Ed.) - Tipos de Habitat Naturais e Semi-Naturais do Anexo I da Directiva 92/43/CEE (Portugal continental): Fichas de Caracterização Ecológica e de Gestão para o Plano Sectorial da Rede Natura 2000. Lisboa, ICN, ALFA.
- Aguiar, C.; Rodrigues, O.; Azevedo, J. e Domingos, T. (2009) - Montanha. In: Pereira, H.M.; Domingos, T.; Vicente, L. e Proença, V. (Eds.) - Ecossistemas e bem-estar humano: resultados da avaliação do milénio para Portugal. Lisboa, Escolar Editora, p. 295-339.
- Aguiar, C. e Vila-Viçosa, C. (2016) - Trás-os-Montes and Beira Alta. In: Loidi J. (Ed.) - The Vegetation of the Iberian Peninsula. Springer Verlag.
- Azevedo, J.C.; Possacos, A.; Aguiar, C.; Amado, A.; Miguel, L.; Dias, R., Fernandes, P.M. (2013) - The role of holm oak edges in the control of disturbance and conservation of plant diversity in fire-prone landscapes. *Forest Ecology and Management*, vol. 297, p. 37-48.
- Birot, P. (1950) - *Le Portugal. Etude de géographie regionale*. Paris, Librairie Armand Colin.
- Bormann, F.H. e Likens, G.E. (1979) - Pattern and process in a forested ecosystem : disturbance, development, and the steady state based on the Hubbard Brook ecosystem study. New York, Springer-Verlag.
- Conedera, M.; Krebs, P.; Tinner, W.; Pradella, M. e Torriani, D. (2004) - The cultivation of *Castanea sativa* (Mill.) in Europe, from its origin to its diffusion on a continental scale. *Vegetation History and Archaeobotany*, vol. 13, p. 161-179.
- Costa, J.C.; Honrado, J.; Monteiro Henriques, T.; Neto, C. e Aguiar, C. (2008) - Sobre as comunidades de *Pterospartum tridentatum* sensu lato em Portugal continental. *Silva Lusitana*, vol. 16, p. 123-127.
- Costa, J.C.; Neto, C.; Aguiar, C.; Capelo, J.; Espírito Santo, M.D.; Honrado, J.; Pinto Gomes, C.; Sequeira, M.; Lousã, M. (2012) - Vascular plant communities in Portugal (continental, the Azores and Madeira). *Global Geobotany*, vol. 2, p. 1-180.
- Ehrlen, J. e Eriksson, O. (2000) - Dispersal limitation and patch occupancy in forest herbs. *Ecology*, vol. 81, p. 1667-1674.
- Fernandes, M.; Bento, J. e Devy-Vareta, N. (2015) - Aspetos biogeográficos e paleoambientais de uma população finícola de *Pinus sylvestris* L. na serra do Gerês (NW Portugal). *Revista de Geografia e Ordenamento do Território*, vol. 7, p. 159-181.
- Figueiral, I. (1995) - Charcoal analysis and the history of *Pinus pinaster* (cluster pine) in Portugal. *Review of Palaeobotany and Palynology*, vol. 89, p. 441-454.
- Graae, B.J., e Sunde, P.B. (2000) - The impact of forest continuity and management on forest floor vegetation evaluated by species traits. *Ecography*, vol. 23, p. 720-731.
- Gutiérrez, F.; Gutiérrez-Elorza, M. e Martín-Serrano, Á. (2014) - The geology and geomorphology of Spain: a concise introduction. In: Gutiérrez, F. e Gutiérrez-Elorza, M. (Eds.) - *Landscapes and landforms of Spain*. Dordrecht, Springer Science, p. 1-23.
- Hejcman, M.; Klaudivsova, M.; Stursa, J.; Pavlu, V.; Schellberg, J.; Hejcmanova, P.; Hakl, J.; Rauch, O.; Vacek, S. (2007) - Revisiting a 37 years abandoned fertilizer experiment on *Nardus* grassland in the Czech Republic. *Agriculture Ecosystems & Environment*, vol. 118, p. 231-236.

- Herrera, J. (1998) - Flower and fruit biology in Southern Spanish Mediterranean shrublands. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, vol. 74, p. 69-78.
- Honrado, J. (2003) - Flora e Vegetação do Parque Nacional da Peneda-Gerês. Dissertação de doutoramento. Universidade do Porto, Porto.
- Kapos, V.; Rhind, J.; Edwards, M.; Price, M.F. e Ravilious, C. (2000) - Developing a map of the world's mountain forests. In: Price, M.F. e Butt, N. (Eds.) - *Forests in Sustainable Mountain Development: A State-of-Knowledge Report for 2000*. Wallingford, CAB International, p. 4-9.
- Kruckeberg, A. (1986) - An essay: The stimulus of unusual geologies for plant speciation. *Systematic Botany*, vol. 11, p. 455-463.
- Malato-Beliz, J. (1987) - As Sociedades Vegetais e a Origem do Castanheiro em Portugal. Évora, Universidade de Évora.
- Meireles, C. (2010) - Flora e vegetação da Serra da Estrela - aproximação fitossociológica da vertente meridional. Dissertação de Doutoramento. Jaén, Universidad de Jaén.
- Meireles, C.; Pinto-Gomes, C. e Cano, E. (2012) - Approach to climatophilous vegetation series of Serra da Estrela (Portugal). *Acta Botanica Gallica: Botany Letters*, vol. 159, p. 283-287.
- Monteiro-Henriques, T.; Martins, M.; Cerdeira, J.; Silva, P.; Arsénio, P.; Silva, Á.; Bellu, A. e Costa, J. (2016) - Bioclimatological mapping tackling uncertainty propagation: application to mainland Portugal. *International Journal of Climatology*, vol. 36, p. 400-411.
- Pereira, E. (2013) - Análise Geobotânica dos Bosques e Galerias Ripícolas da Bacia Hidrográfica do Tejo em Portugal. Dissertação de Doutoramento. Lisboa, Universidade de Lisboa.
- Ramil-Rego, P.; Aira, M. e Alonso-Mattias, F. (1995) - Caracterización climática y vegetacional de la Sierra do Gerês durante el Tardiglacial y el Holoceno: Análisis polínico de A Lagoa do Marinho. *Actas da 3ª Reunião do Quaternário Ibérico*. Coimbra, CTPEQ-AEQUA.
- Ribeiro, M.; Plomion, C.; Petit, R.; Vendramin, G. e Szmidt, A. (2001) - Variation in chloroplast single-sequence repeats in portuguese maritime-pine (*Pinus pinaster* Aiton). *Theoretical and Applied Genetics*, vol. 102, p. 97-103.
- Rivas-Martínez, S.; Fernández-González, F.; Loidi, J.; Lousã, M. e Penas, A. (2001) - Syntaxonomical checklist of vascular plant communities of Spain and Portugal to association level. *Itinera Geobotanica*, vol. 14, p. 5-341.
- Rozeira, A. (1945) - A espécie *Pinus pinaster* em Portugal. Nota sobre a expansão actual em Trás-os-Montes e Alto Douro. *Bol. Soc. Brot. 2ª sér.*, vol. 19, p. 669-673.
- Sanches, M. (2000) - A Pré-história da região mirandesa. Algumas notas, Estudos Mirandeses. Balanço e Orientações. Col. Textos e Estudos Mirandeses, Série Estudos, vol. 1, 179-186.
- Smetham, M.L. (2003) - A review of subterranean clover (*Trifolium subterraneum* L.): Its ecology, and use as a pasture legume in Australasia. *Advances in Agronomy*, vol. 79, p. 303-350.
- Van der Knaap, W. e Van Leeuwen, J. (1995) - Holocene vegetation succession and degradation as response to climatic change and human activity in the Serra da Estrela. *Review of Palaeobotany and Palynology*, vol. 60, p. 153-211.
- Vieira, G. (1995) - Processos morfogenéticos recentes e actuais na Serra do Gerês. Dissertação de Mestrado. Lisboa, Universidade de Lisboa.

CAPÍTULO

4

Processos hidrológicos em montanhas e alterações climáticas

João Pedro Carvalho Nunes

Resumo

Este trabalho analisou a vulnerabilidade dos serviços de ecossistema prestados por dois sistemas montanhosos, as serras do Caldeirão e Loures/Montejunto, a cenários de alterações climáticas com vários graus de severidade. Foram analisados a produção de recursos hídricos, produção de biomassa, e proteção do solo. A metodologia centrou-se numa análise combinada da exposição/sensibilidade e capacidade de resposta, a primeira recorrendo a um modelo eco-hidrológico e a segunda a métodos empíricos e análise qualitativa. Os resultados indicam como maior vulnerabilidade a produção de recursos hídricos, com reduções entre 10 e 90% em ambos os sistemas, dependendo da severidade das alterações de clima. Na serra do Caldeirão, devido ao clima atualmente mais seco, foi ainda identificada a possibilidade de insustentabilidade da vegetação florestal nos cenários mais severos (aumentos de temperatura acima de 4°C e reduções à precipitação acima de 20%). No entanto, espera-se que a sua importância aumente relativamente ao vale do Guadiana.

João Pedro Carvalho Nunes (✉)

Centro de Estudos do Ambiente e do Mar (CESAM)

Universidade de Aveiro, Campus Universitário de Santiago, 3810-193 Aveiro

Email: jpcn@ua.pt

4.1 Introdução

Existe um consenso crescente nas ciências da Terra que as temperaturas globais estão a aumentar, e continuarão a fazê-lo durante o próximo século, levando a alterações nos padrões climáticos globais (2007). Espera-se que diferentes regiões do globo tenham respostas diferentes ao aquecimento global; a região do Mediterrâneo foi identificada como um dos principais pontos de risco em termos de alterações climáticas, devido à magnitude das alterações expectáveis aos padrões de temperatura e precipitação (Giorgi, 2006), associadas ao aumento de episódios climáticos extremos tais como ondas de calor e tempestades de elevada intensidade (Räisänen *et al.*, 2004).

Os impactos das alterações climáticas esperados para as regiões Mediterrânicas apontam para uma tendência do aumento da vulnerabilidade tanto dos sistemas naturais como humanos, devido à redução dos recursos hídricos disponíveis e aumento da degradação do solo (Schroter *et al.*, 2005). Espera-se que esta tendência acelere os processos de desertificação que já ocorrem nestas regiões (Puigdefábregas, 1998; Schroter *et al.*, 2005), como se pode observar na Figura 1.

As regiões de montanha Mediterrânicas providenciam uma série de serviços de ecossistema. Para além de sustentarem a vegetação natural e várias atividades agroflorestais, em Portugal as bacias hidrográficas montanhosas são geralmente responsáveis por vários serviços na área dos recursos hídricos, como a produção de água, a regulação do escoamento superficial (prevenindo cheias) e a manutenção da qualidade da água nos cursos de água montanhosos (Pereira *et al.*, 2004). Existe portanto a necessidade de quantificar os impactos das alterações climáticas nas variáveis físicas responsáveis por estes serviços de ecossistema – recursos hídricos, qualidade do solo e produtividade vegetal – para estimar impactos e apoiar o desenvolvimento de medidas de adaptação adequadas (Huntingford *et al.*, 2006).

Estes assuntos têm sido em parte estudados nos últimos anos, graças a um esforço significativo de investigação focando-se nos impactos regionais das alterações climáticas na hidrologia (p. ex. Xu e Singh, 2004) e produtividade vegetal (p. ex. Field *et al.*, 2007). A investigação sobre os impactos na erosão do solo tem sido mais limitada, se bem que algum trabalho de modelação foi também efetuado (p. ex. Nearing *et al.*, 2004; Nunes *et al.*, 2008); Nunes e Nearing (2011) oferecem uma visão dos esforços feitos até ao presente e necessidades de investigação futuras. No entanto, estes esforços foram condicionados pela grande escala espacial e temporal a que são normalmente realizadas as previsões de alterações climáticas, o que limita estudos de impacto para bacias hidrográficas de meso-escala, dinâmicas ocorrendo dentro de bacias hidrográficas, e anomalias temporais como cheias e secas (Bronstert, 2004). Estes problemas têm ainda limitado significativamente a investigação sobre os impactos das alterações climáticas na erosão do solo, devido à elevada variabilidade no tempo e no espaço dos processos erosivos (Michael *et al.*, 2005). Estas limitações revestem-se de especial importância para bacias hidrográficas de regiões secas do Mediterrâneo, caracterizadas por uma elevada variabilidade espacial e temporal dos processos hidrológicos e de erosão quando comparadas com as de regiões húmidas (Cammeraat, 2002). Desta forma, uma análise destas relações requer geralmente o uso de modelos eco-hidrológicos relativamente complexos, capazes de representar os principais processos envolvidos às diferentes escalas espaciais e temporais a que ocorrem; os modelos são atualmente as ferramentas mais apropriadas para apoiar estudos de alterações climáticas, uma vez que codificam o conhecimento atualmente existente sobre processos de bacias hidrográficas e sua resposta a mudanças meteorológicas, permitindo a quantificação dos impactos de diferentes padrões climáticos de forma credível (Bronstert, 2004).

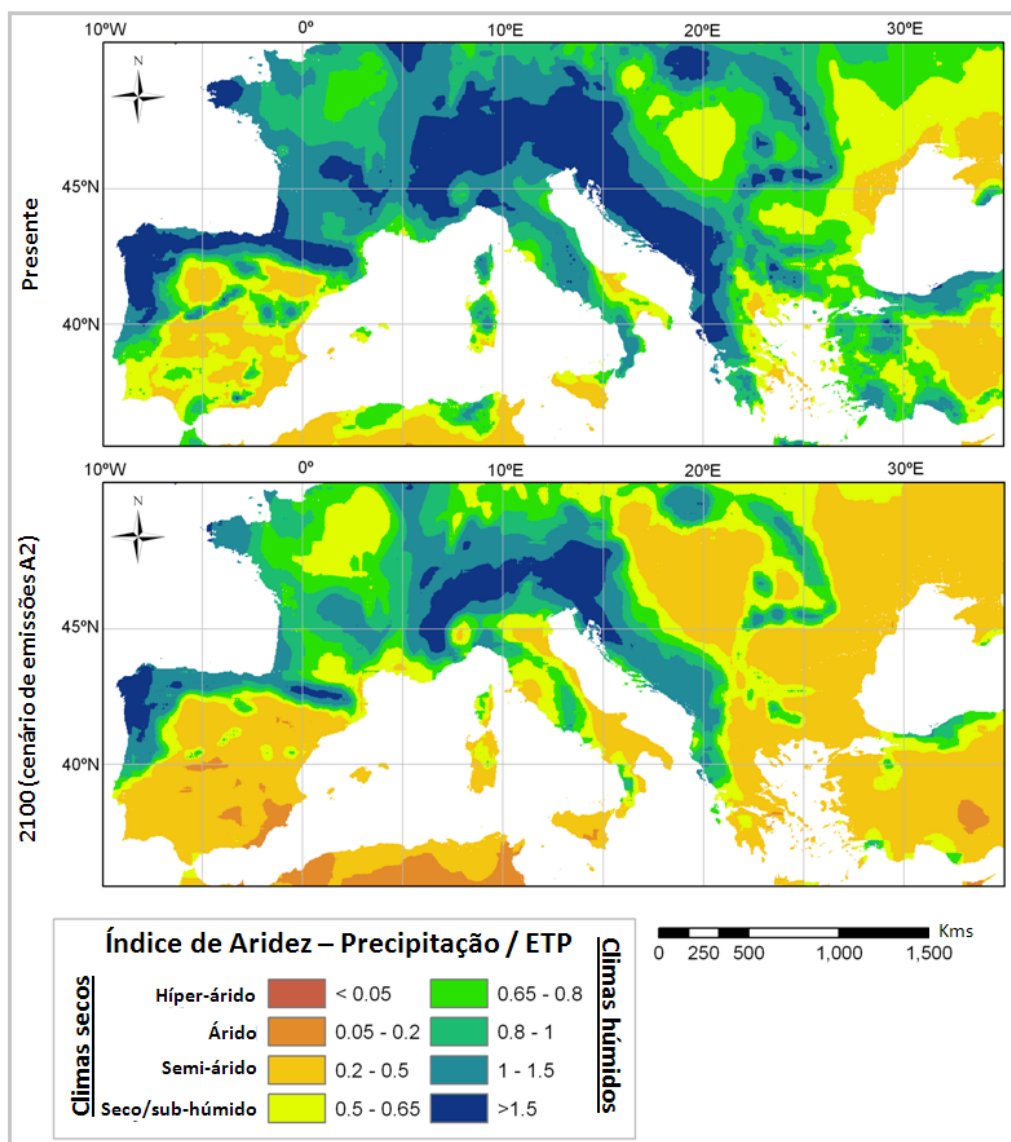


Figura I – Aridez climática no norte da bacia Mediterrânea sob condições atuais (1961-1990) e clima alterado (2071-2100, cenário de emissões A2), utilizando o índice de aridez da UNEP (Middleton e Thomas, 1997); o mapa atual é baseado nos dados climáticos de New *et al.* (2002), e o mapa de alterações climáticas é baseado nos resultados do modelo regional de clima HADRM3 obtidos através do projeto PRUDENCE (Christensen e Christensen, 2007).

Este trabalho procurou analisar e quantificar os impactes das alterações climáticas sobre as forças motrizes físicas por trás dos principais serviços de ecossistema prestados por bacias hidrográficas Mediterrâneas de montanha. O trabalho focou-se na avaliação da vulnerabilidade às alterações climáticas dos processos hidrológicos, de erosão do solo e de produtividade vegetal em áreas montanhosas Portuguesas com clima de transição entre o húmido e o seco. Para atingir este objetivo, seguiu-se uma metodologia de análise de vulnerabilidade que se focou em: (i) a sensibilidade dos padrões hidrológicos, da vegetação e da erosão a alterações no clima, (ii) a magnitude dos impactes esperados, e (iii) os principais componentes biofísicos que podem requerer adaptação, segundo os conceitos expostos por Adger (2006).

4.2 Material e métodos

Este trabalho foi desenvolvido em duas regiões montanhosas Portuguesas de clima Mediterrânico: a serra do Caldeirão, no Sotavento Algarvio, e as serras de Loures e Montejunto, a norte de Lisboa (Figura 2). A primeira área, apesar de apresentar um clima húmido, encontra-se localizada numa zona de clima seco. São Brás de Alportel apresentou, no final do século XX, uma temperatura e precipitação média anual de respetivamente 16.6 °C e 825 mm. A serra encontra-se localizada sobre xistos e grauvaques, com um litossolo esquelético e pouco profundo. O solo encontra-se ocupado principalmente por vegetação arbustiva (matos mediterrânicos; 44%) e florestas de carvalhos esclerofíticos (sobreiro e azinheira; 40%), sendo o restante ocupado por áreas agrícolas (trigo) associadas a vegetação natural (16%), resultantes em parte do abandono de terrenos agrícolas. Esta área providencia importantes serviços de aprovisionamento de água, nomeadamente para os reservatórios de Beliche e Odeleite usados principalmente para rega no Sotavento Algarvio.

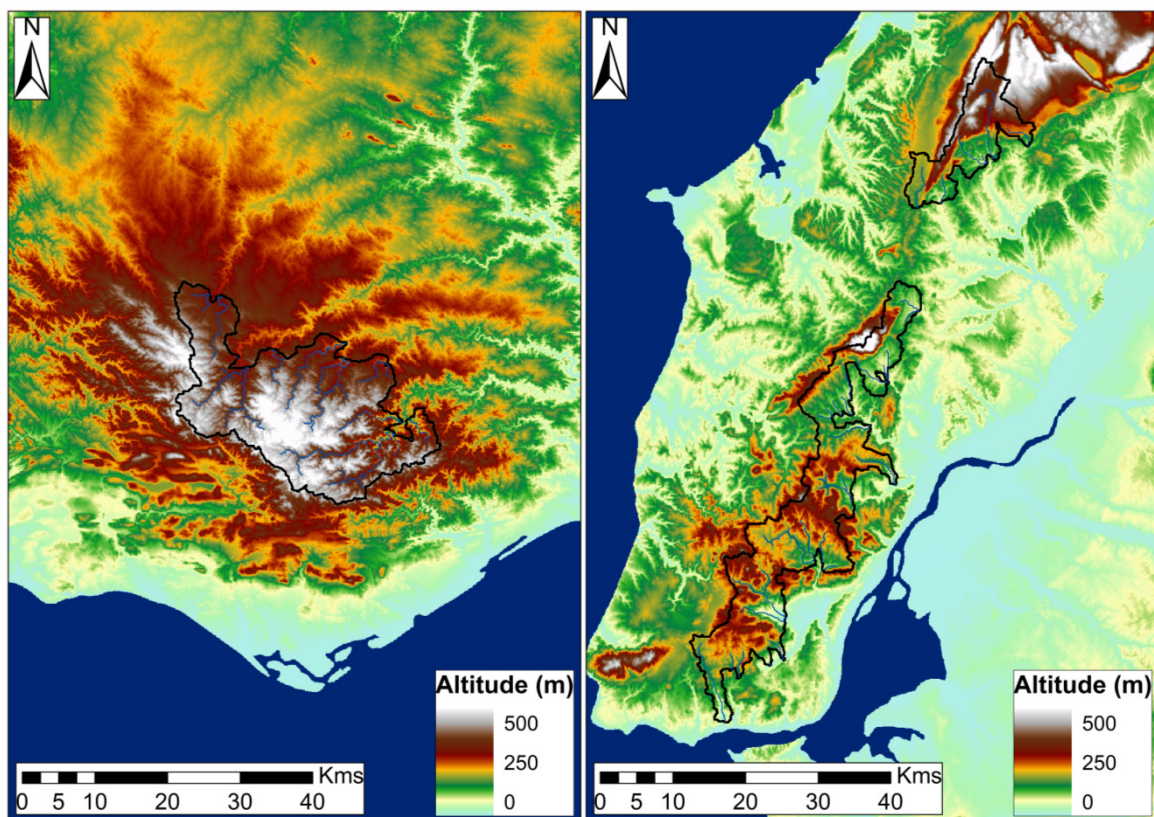


Figura 2 – Topografia e delimitação das bacias hidrográficas das áreas de estudo da serra do Caldeirão (esquerda) e Loures/Montejunto (direita).

A segunda área apresenta também um clima húmido, e encontra-se numa zona de transição entre clima húmido (a norte) e seco (a sul). No final do século XX foram medidas na Lousa 14.8 °C e 889 mm de temperatura e precipitação médias anuais, o que torna esta área ligeiramente mais húmida que São Brás de Alportel devido não só à maior precipitação mas também à temperatura menos elevada, indicando uma evapotranspiração potencial mais baixa. Os solos apresentam maior qualidade, consistindo essencialmente em Cambisolos sobre rochas sedimentares. Esta é uma área agrícola, ocupada por zonas heterogéneas de cultura de trigo e vinha (33%) ou apenas vinha (21%); contém ainda áreas de vegetação arbustiva (19%), florestas de eucalipto (13%), áreas urbanas (7%) e outras. Para além da produção agrícola, alguma da água produzida nesta

zona é captada para consumo humano em Lisboa (em Alenquer, Ota e Olhos de Água). Existem ainda problemas de inundações nas regiões urbanas a jusante de algumas linhas de água.

O esquema metodológico adotado neste trabalho consistiu numa avaliação de vulnerabilidade baseada em modelos, seguindo o esquema proposto por Adger (2006) e exemplificado na Figura 3. O trabalho consistiu no indicado na primeira parte do esquema, isto é, uma análise da exposição e sensibilidade dos processos hidrológicos, produtividade vegetal e proteção do solo a diferentes graus de alteração do clima, recorrendo à aplicação de modelação eco-hidrológica. A segunda parte do esquema consiste na identificação da capacidade de resposta dos referidos processos, e o presente trabalho procurou identificar as principais limitações a esta capacidade de forma qualitativa, bem como apresentar uma metodologia de análise de sustentabilidade dos usos de solo baseada na determinação empírica de limiares de resiliência.



Figura 3 – Esquema de avaliação de vulnerabilidade, adaptado de Gallopín (2006), incluindo a metodologia de modelação adoptada neste trabalho.

O modelo seleccionado para este estudo foi o *Soil and Water Assessment Tool*, versão 2000 (SWAT; Neitsch *et al.*, 2002). O modelo consegue simular o crescimento da vegetação, balanço hídrico, erosão do solo e ciclos de nutrientes em bacias hidrográficas à escala diária. O modelo é forçado por dados climáticos, operações agrícolas (sementeira e colheita, fertilização, irrigação, etc.) e operações de gestão de água (ligadas à operação de barragens, tomadas de água, descargas de águas residuais, etc.). A fase terrestre do modelo discretiza o espaço em Unidades de Resposta Hidrológica, combinações únicas de um determinado coberto vegetal e tipo de solo dentro de cada sub-bacia hidrográfica da área de estudo. A fase fluvial simula o escoamento de água, sedimentos e nutrientes ao longo da rede hídrica.

O modelo foi calibrado e validado para as áreas de estudo para a década de 1980. Este processo incidiu em detalhe sobre o escoamento de água e transporte de sedimentos nas linhas de água;

foi também feita uma avaliação em termos mais gerais da simulação de taxas de erosão do solo e da produtividade da vegetação. Esta aplicação do modelo encontra-se descrita detalhadamente por Nunes *et al.* (2008).

Os cenários de alterações climáticas foram produzidos utilizando o gerador estocástico de clima incorporado no SWAT. A partir da análise de diversos cenários de emissões de CO₂ e clima publicados para o sul de Portugal para 2071-2100, foram considerados quatro graus de anomalias de temperatura e concentração atmosférica de CO₂, e a cada um destes foram associadas duas anomalias de precipitação, consoante um cenário mais húmido ou mais seco. O resultado foram oito cenários de anomalias que se indicam na Quadro 1; os dados de base para estes cenários e a metodologia de seleção dos graus de anomalia estão também descritos detalhadamente por Nunes *et al.* (2008).

Quadro 1 - Anomalias de temperatura, CO₂ e precipitação consideradas nos cenários de alterações climáticas.

Anomalia de Temperatura (°C)	Anomalia de CO ₂ (%)	Anomalia de precipitação (%)	
		Cenário húmido	Cenário Seco
+1,6	+25	-2,5	-10
+3,2	+50	-5	-20
+4,8	+75	-7,5	-30
+6,4	+100	-10	-40

Estas anomalias foram introduzidas no gerador estocástico de clima para a aplicação do SWAT durante um período de 30 anos; os resultados foram comparados com uma aplicação do SWAT, também durante 30 anos, aplicando o gerador estocástico com um cenário de referência para o período de 1961-1990.

4.3 Resultados

4.3.1 Recursos hídricos

Os resultados do modelo para a variação anual dos principais componentes do balanço hidrológico estão ilustrados na Figura 4. Os resultados indicam que a redução da precipitação não se reflete na evapotranspiração, o que é expectável devido ao aumento da aridez climática (Arora, 2002). A diminuição da precipitação reflete-se essencialmente na redução da água disponível, que lhe é percentualmente muito superior. Para além disso, o efeito sente-se essencialmente sobre o caudal de base; o caudal superficial (escoamento rápido) sofre menos alterações, uma vez que a sua produção depende não só da precipitação total anual, mas também dos totais diários e da capacidade de retenção de água no solo, que limita a fração da precipitação retida independentemente da aridez climática no resto do ano. Esta diferença é superior no Caldeirão devido aos solos mais delgados e com menor capacidade de retenção de água.

Estas alterações resultam ainda numa modificação dos padrões sazonais do escoamento; conforme se ilustra na Figura 5, existe uma tendência para encurtar o período de caudais mais elevados durante o ano. No cenário de alterações de maior magnitude, este termina um mês mais cedo na serra do Caldeirão, e inicia-se um mês mais tarde nas serras de Lousã/Monte-junto; as diferenças devem-se à maior capacidade de retenção de água nos solos desta última, o que aumenta o tempo necessário para a repor depois das perdas por evapotranspiração na

primavera e verão mas também sustentem os caudais de base por maior tempo durante o início da estação seca.

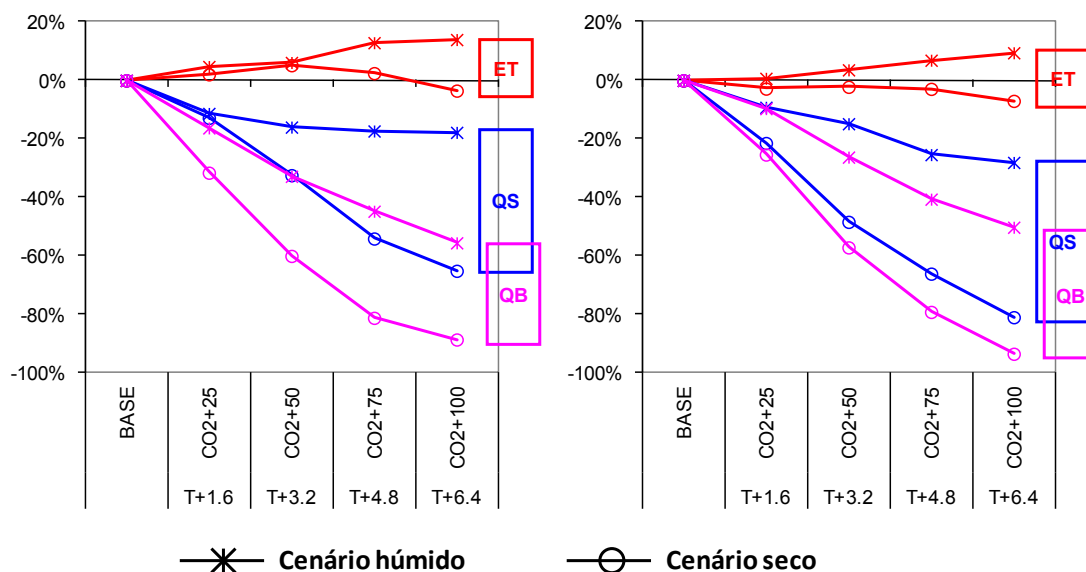


Figura 4 – Variação entre a situação atual e os cenários climáticos considerados, para a evapotranspiração (ET), caudal superficial (QS) e caudal de base (QB), na serra do Caldeirão (esquerda) e Loures/Montejunto (direita).

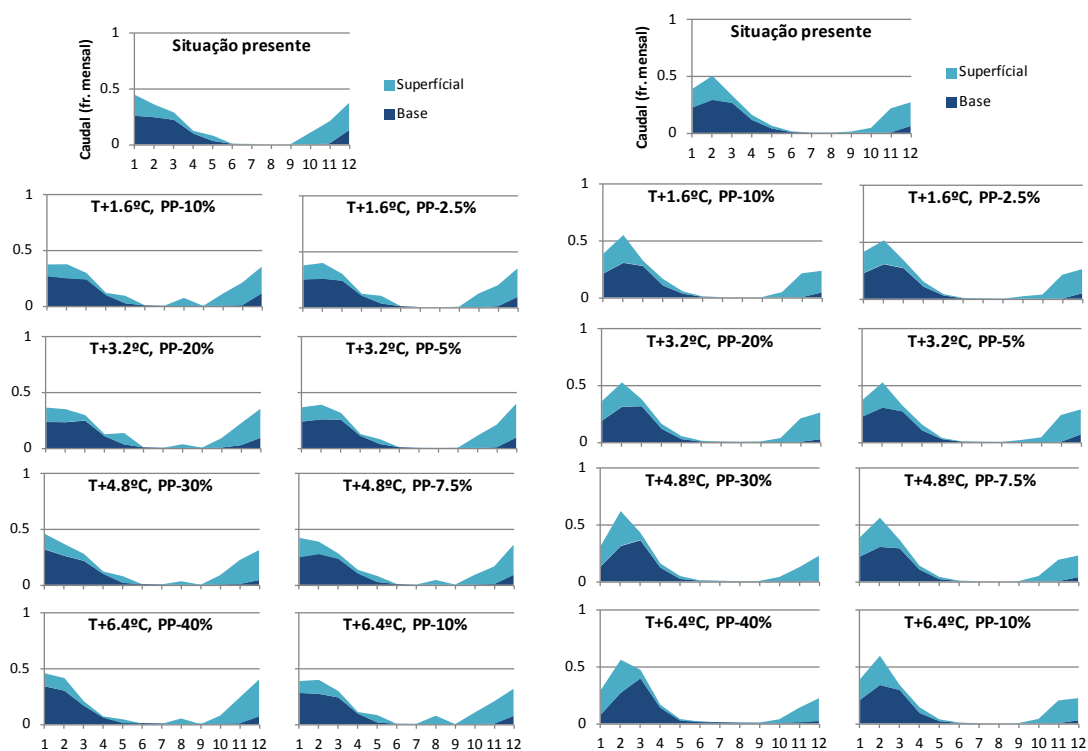


Figura 5 – Fração do caudal anual por mês, superficial e de base, para a situação atual e os cenários climáticos considerados, na serra do Caldeirão (esquerda) e Loures/Montejunto (direita).

Desta forma, pode-se afirmar que, em termos de exposição e sensibilidade dos recursos hídricos a alterações climáticas, a principal consequência dos cenários estudados será a tradução direta de reduções à precipitação em reduções à produção de caudal, da ordem dos 10 aos 90% dependendo do cenário. Por outro lado, espera-se também um aumento da variabilidade do caudal

disponível, tanto em termos sazonais como em termos de picos de cheia diários, resultado este que é visível pelo aumento da componente de caudal superficial, de maior variabilidade diária, sobre o caudal de base, mais constante. Ou seja, os principais desafios à capacidade de resposta, em termos de gestão de recursos hídricos, deverão ser uma redução tanto da quantidade como da regularidade dos recursos disponíveis.

Em termos da capacidade da resposta dos recursos hídricos a alterações climáticas, uma análise empírica frequentemente utilizada é a comparação dos recursos disponíveis com taxas de consumo (p. ex. Alcamo *et al.*, 2003). No entanto, esta metodologia é difícil de aplicar para estas áreas de estudo, uma vez que o sistema de gestão de recursos hídricos se insere numa escala regional superior, nomeadamente as bacias do Guadiana e ribeiras do Algarve para a serra do Caldeirão, e a bacia do Tejo para a serra de Loures/Montejunto. Pode-se no entanto fazer uma análise qualitativa em ambos os sistemas.

Na serra do Caldeirão, os impactos das alterações climáticas nos recursos hídricos poderão condicionar o abastecimento de água nas barragem de Odeleite e Beliche, tanto em termos de quantidade como de qualidade. O principal uso da água captada nesta barragem é o consumo agrícola; as opções de adaptação a estes cenários deverão passar por dois tipos de intervenções:

- 1– Opções de gestão de qualidade da água: uso das ferramentas de gestão de bacias hidrográficas dentro de quadros legais como a Diretiva-Quadro da Água para garantir a manutenção da qualidade da água afluente ao reservatório, bem como a gestão dos níveis de água dentro do reservatório para evitar situações críticas em termos de quantidade e qualidade da água armazenada.
- 2– Opções de gestão do uso de água agrícola: promoção da eficiência de rega nas zonas irrigadas a partir dos reservatórios de Odeleite e Beliche, e redução das necessidades de água através tanto da alteração das culturas irrigadas (substituindo-as por opções com menor consumo de água) como da redução da área irrigada.

Na serra de Loures/Montejunto, o caudal produzido junta-se ao caudal do rio Tejo com consumos a jusante, nomeadamente agrícolas, na região das Lezírias do Tejo, e captações para consumo doméstico nomeadamente em Valadas (embora existam captações de menor dimensão dentro área de estudo). Desta forma, e como afirmado acima, um problema de diminuição do caudal disponível insere-se no problema mais vasto da resposta da bacia do Tejo a alterações climáticas, embora a alteração dos caudais provenientes da zona montanhosa indique a tendência global para os caudais do Tejo. Existe ainda a possibilidade, possivelmente a ser investigada, da deterioração da qualidade da água devido à manutenção de descargas de efluentes urbanos (mesmo que tratados) em ribeiras com caudal inferior ao presente. Finalmente, e também olhando especificamente para a área de estudo, a maior irregularidade do caudal e a menor redução associada aos caudais superficiais indica que os problemas de inundações verificados atualmente a jusante das ribeiras de montante deverão continuar em cenários de alterações climáticas, apesar da redução global do caudal.

4.3.2 Produtividade vegetal e proteção do solo

Os resultados para os cenários, para alterações à produção de biomassa e perdas de solo, são variáveis de acordo com o tipo de vegetação. Por um lado, espécies melhor adaptadas a climas mais quentes e secos poderão prosperar com os cenários considerados. Além disso, em regiões

Mediterrânicas com estações húmidas e secas, a manutenção de uma estação húmida de inverno, embora mais curta, poderá manter as condições propícias ao crescimento vegetal, em especial quando associada a maiores temperaturas e efeitos de fertilização pelas concentrações de CO₂ atmosférico mais elevadas (Nunes e Seixas, 2011).

Deve-se aqui relembrar que tanto os cenários húmidos como os secos pressupõem um aumento da aridez climática por via do aumento da evapotranspiração potencial, decorrente das temperaturas mais elevadas.

Por outro, os cenários de redução da precipitação e escoamento superficial poderiam indicar taxas de erosão menores; mas em alguns casos prevê-se a diminuição da produção de biomassa, com uma conseqüente redução do coberto vegetal e maior exposição do solo às forças erosivas. Desta forma, poder-se-á esperar que as alterações a taxas de erosão dependam do efeito combinado das reduções à precipitação e coberto vegetal, sendo que caso a redução do coberto vegetal seja mais importante, as taxas de erosão poderão aumentar; este fenómeno foi proposto para outras regiões secas com prognósticos de menor precipitação (Nearing *et al.*, 2004; Nunes e Nearing, 2011).

A Figura 6 mostra a variação esperada da produtividade de biomassa e erosão do solo para vegetação natural e semi-natural na serra do Caldeirão. Em ambos os casos, o aumento das temperaturas de inverno são benéficiais para o crescimento das espécies, o que associado à sua resistência aos períodos secos estivais levam a um aumento da produtividade vegetal e conseqüente diminuição das perdas de solo. Desta forma, pode-se afirmar que a vegetação mais adaptada a climas secos tenderá a beneficiar dentro dos cenários de alterações climáticas estudados. No entanto, deve-se notar que os benefícios máximos para o montado ocorrem com aumentos de temperatura abaixo dos 4°C, e que acima destes valores os benefícios diminuem, em especial nos cenários secos. Para além disso, a ocorrência de secas extremas poderá ter efeitos de longo prazo neste tipo de vegetação, devido ao aumento de taxas de mortalidade, que não são simulados pelo modelo SWAT utilizado neste estudo.

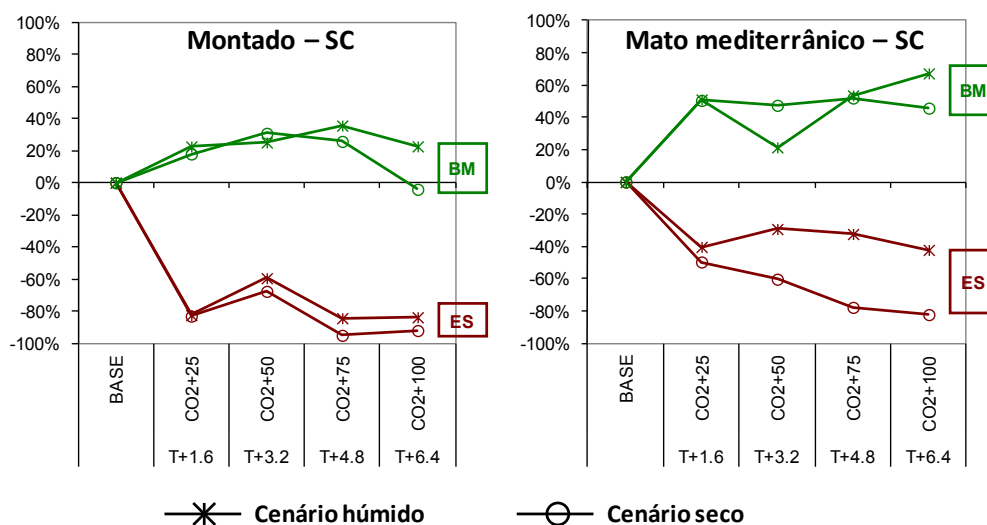


Figura 6 – Variação entre a situação atual e os cenários climáticos considerados, para a produção de biomassa (BM) e erosão do solo (ES) em montado e mato mediterrânico na serra do Caldeirão.

Os cenários de variação de biomassa e erosão do solo para a vinha e vegetação natural na serra de Loures/Montejunto são mostrados na Figura 7. Neste caso, e apesar de estes tipos de coberto vegetal serem tipicamente encontrados em climas Mediterrânicos, possuem menor adaptação a climas secos, em especial a vegetação natural que combina matos tipicamente Mediterrânicos com outras espécies vegetais. Desta forma, os cenários preveem uma diminuição da produção de biomassa, embora relativamente modesta, chegando a perdas da ordem dos 20% nos cenários mais severos. A variação das taxas de perdas de solo depende dos níveis de diminuição da precipitação; o cenário húmido mostra uma reduzida perda de solo para a vinha e manutenção das taxas de erosão atuais para a vegetação natural, enquanto o cenário seco mostra grandes reduções da perda de solo nos dois cobertos vegetais.

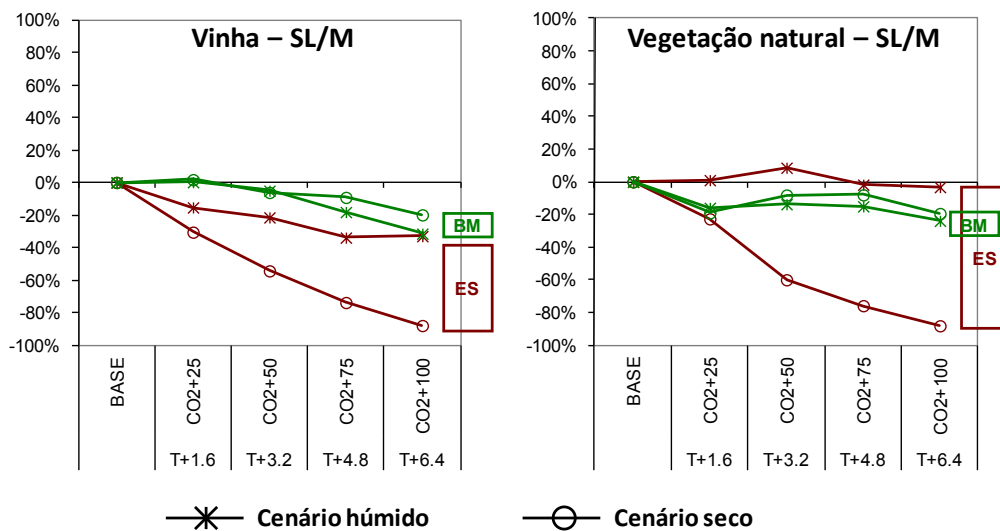


Figura 7 – Variação entre a situação atual e os cenários climáticos considerados, para a produção de biomassa (BM) e erosão do solo (ES) em vinha e vegetação natural na serra de Loures/Montejunto.

A Figura 8 mostra os cenários de alteração da produtividade de biomassa e erosão para a floresta nas duas áreas de estudo. A floresta considerada na serra do Caldeirão são pequenas plantações de pinhal, enquanto na serra de Loures/Montejunto são plantações de eucaliptal e pinhal. Em ambos os casos o modelo prevê uma diminuição da produção de biomassa, associada a menor coberto vegetal, mas estas diminuições são maiores na serra do Caldeirão devido ao maior afastamento das condições climáticas do ótimo. No entanto, o balanço entre perdas de vegetação e diminuição de precipitação leva a um aumento da erosão do solo muito importante na serra do Caldeirão; deve-se no entanto notar que as baixas taxas de erosão observadas em áreas florestais fazem com que o grande aumento percentual resulte em perdas de solo ainda relativamente reduzidas. Já em Loures/Montejunto, o balanço entre estes factores indica uma diminuição das taxas de erosão. Mais uma vez deve-se notar que a ocorrência de secas extremas poderá levar ao aumento de taxas de mortalidade, com consequências de longo prazo para o coberto florestal, e que estas consequências não foram simuladas pelo modelo SWAT.

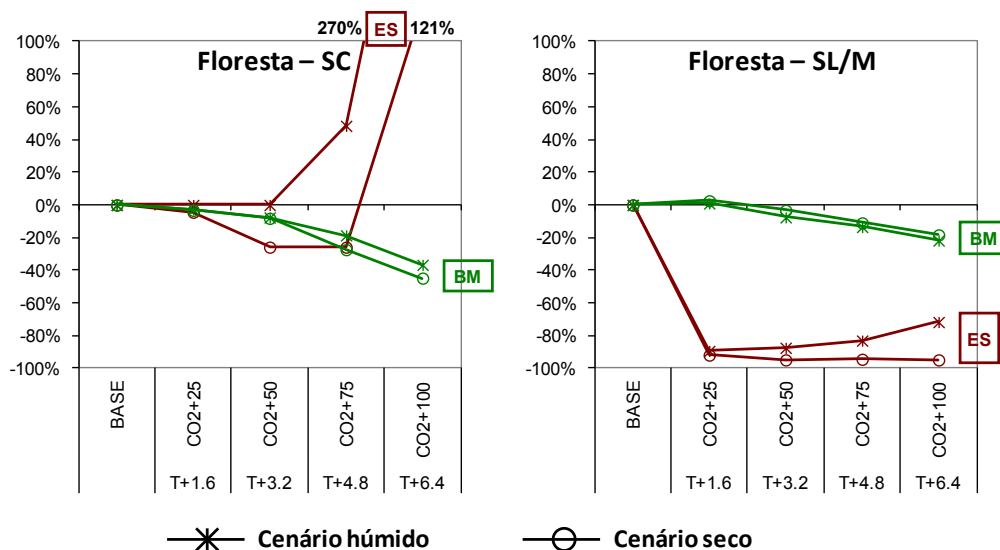


Figura 8 –Variação entre a situação atual e os cenários climáticos considerados, para a produção de biomassa (BM) e erosão do solo (ES) em floresta nas serras do Caldeirão (esquerda) e Loures/Montejunto (direita).

Finalmente, os cenários de produção de biomassa e erosão do solo para o trigo cultivado nas serras do Caldeirão e Loures/Montejunto são ilustrados pela Figura 9. Em ambos os casos, o modelo prevê uma diminuição da produtividade do trigo; esta diminuição é maior na serra do Caldeirão, onde se nota ainda que esta diminuição é superior para os cenários secos. Neste caso, o balanço entre precipitação e coberto vegetal para a erosão do solo depende da precipitação simulada. Em ambos os casos, os cenários secos mostram uma redução das perdas do solo, mas os cenários húmidos indicam um aumento das taxas de erosão. Esta previsão para zonas de cultivo de trigo é especialmente importante uma vez que são estas que apresentam, atualmente, as taxas de perdas de solo mais importantes.

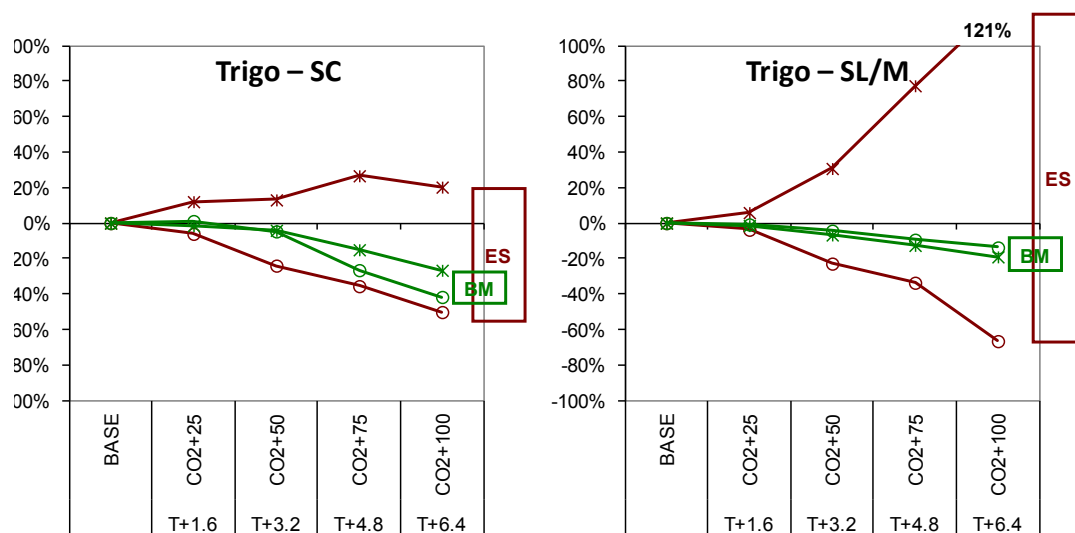


Figura 9 –Variação entre a situação atual e os cenários climáticos considerados, para a produção de biomassa (BM) e erosão do solo (ES) do trigo nas serras do Caldeirão (esquerda) e Loures/Montejunto (direita).

Em resumo, os resultados para a exposição e sensibilidade da produção de biomassa e erosão do solo indicam que a vegetação mais adaptada a climas secos – montado (azinheira e sobreiro) e arbustos Mediterrânicos – tenderão a beneficiar dentro dos cenários de alterações climáticas

(aumentos de produtividade entre 20 e 50%), pelo menos para magnitudes de alteração menores, devido à sua capacidade de beneficiar dos aumentos de temperatura e CO₂ durante a estação húmida sendo capazes de resistir melhor à estação seca. Os outros tipos de vegetação – florestas de pinheiro e eucalipto, vegetação natural (não-Mediterrânica) e trigo – poderão também beneficiar durante a estação húmida mas as perdas durante a estação seca tenderão a levar a um resultado negativo (diminuição de produtividade entre 10 e 40%). Apenas se perspetivam aumentos importantes de perdas de solo para o cultivo do trigo, e apenas nos cenários húmidos. Estes resultados enquadram-se nas perspetivas gerais para as áreas envolventes a estas serras (Nunes e Seixas, 2011).

Em termos da capacidade da resposta dos sistemas vegetais a alterações climáticas, a análise deve ter em conta a sustentabilidade destes sistemas sob os cenários de clima futuro. Os resultados do modelo SWAT são insuficientes para esta análise uma vez que, e conforme se mencionou acima, o modelo não tem em conta o efeito negativo de eventos climáticos, como secas extremas, sobre a vegetação. Para a vegetação permanente (árvores e arbustos), a mortalidade causada por estes eventos recorrentes, aliada ao longo tempo de recuperação necessária, pode impedi-los de existirem apesar de condições médias favoráveis (Puigdefábregas, 1998). Em termos agrícolas, secas recorrentes podem destruir os lucros dos agricultores devido à variabilidade inter-anual da produção agrícola (Berry *et al.*, 2006).

Uma abordagem alternativa, a chamada troca de “espaço-por-tempo”, é identificar a distribuição espacial atual de diversos tipos de coberto vegetal, relacioná-la com o clima, e usar estas relações para estimar distribuições futuras sob alterações climáticas. Nunes (2008) usou esta metodologia, utilizando o índice de aridez climático (Middleton e Thomas, 1997) como limiar de distribuição de algumas espécies de vegetação. Este índice foi selecionado por ser um indicador do grau de limitações à evapotranspiração vegetal devido a faltas de precipitação (Arora, 2002). Através de uma análise da distribuição de usos de solo no Alentejo interior (região de transição de clima húmido para semi-árido), comparada com valores para outras regiões obtidas na literatura, o autor identificou limiares de aridez climática para vários tipos de coberto vegetal, abaixo das quais a sua existência se torna difícil de sustentar.

É possível estabelecer uma análise “espaço-por-tempo” com base nesta informação, comparando os cenários futuros de índice de aridez com estes limiares, verificando se eles são ultrapassados, e utilizando esta informação para fazer previsões sobre a capacidade de manutenção dos usos de solo atuais sob cenários de alterações climáticas. Os resultados desta análise estão ilustrados na Figura 10. Na serra do Caldeirão, os cenários húmidos não apresentam grandes limitações aos usos de solo atuais, exceto para aumentos de temperatura acima dos 5-6°C e apenas para as florestas. Já os cenários secos ultrapassam o limiar de sustentabilidade das florestas para aumentos de temperatura acima de 2°C; das culturas permanentes e florestas esclerófitas para aumentos de temperatura acima dos 4°C; e para culturas anuais no cenário mais extremo. Desta forma, os resultados desta análise indicam um risco das plantações de pinhal atualmente existentes não serem sustentáveis para cerca de metade dos cenários, e o mesmo risco de sustentabilidade do montado para os dois cenários mais extremos. Estes resultados poderiam ser perceptíveis da análise com o modelo SWAT para a floresta mas não para o montado. Já para a serra de Loures/Montejunto, os atuais usos de solo parecem ser sustentáveis em todos os cenários exceto o mais extremo (aumentos de temperatura acima

dos 5-6°C, no cenário seco), que ultrapassa o limiar de sustentabilidade das florestas e vinhas presentes atualmente.

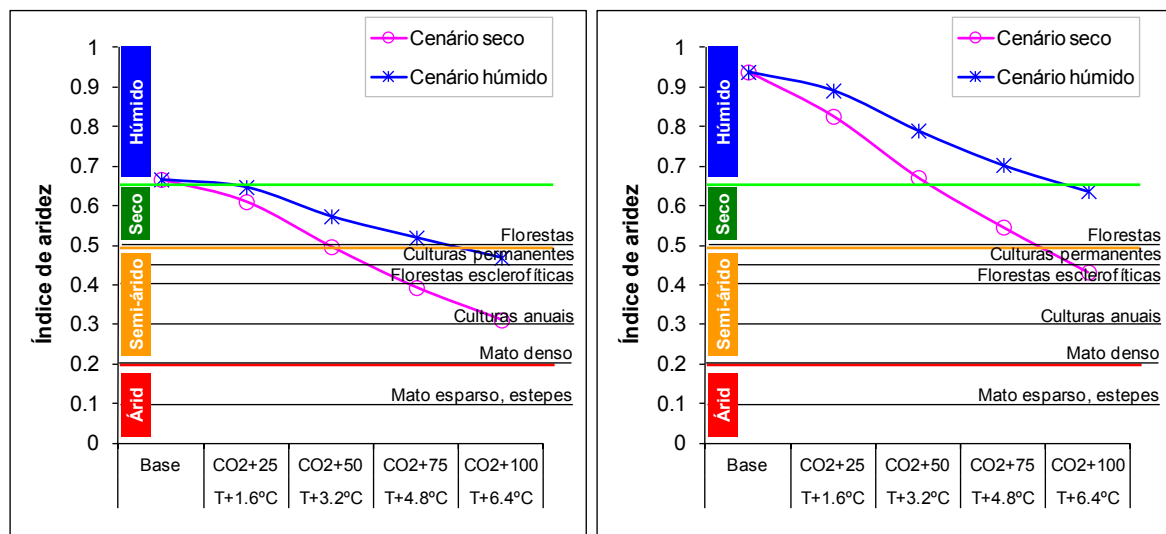


Figura 10 – Cenários de índice de aridez comparados com limiares inferiores para a existência de diversos usos de solo, conforme identificados por Nunes (2008), para as serras do Caldeirão (esquerda) e Loures/Montejuento (direita).

Os cenários de redução da disponibilidade de recursos hídricos limitam as opções de adaptação a estes cenários, uma vez que a opção de recurso à irrigação é muito limitada. Existem, no entanto, práticas agrícolas que podem ser adaptadas para este fim, como a implementação de práticas de conservação da água do solo. Outras opções passarão pela adaptação das culturas às alterações climáticas; em especial na serra do Caldeirão, as áreas de plantação de pinhal e de montado poderão ter que ser abandonadas, possivelmente a favor da recuperação dos matos Mediterrânicos naturais, seguindo aliás a tendência dos últimos anos. A adoção destas práticas na serra de Loures/Montejuento só será necessária, de acordo com os resultados deste estudo, para os cenários mais extremos. De qualquer forma, algumas práticas agrícolas (nomeadamente datas de plantio e colheita) terão sempre que ser adaptados tendo em conta a nova distribuição anual da precipitação e da temperatura.

Outro parâmetro de análise da capacidade de resposta dos sistemas vegetais é a perda de solo. Bakker *et al.* (2004) propuseram uma metodologia para análise de perda de produtividade com a perda de solo, por comparação com as profundidades de solo. Esta metodologia requer informação sobre profundidades de solo não disponível de forma detalhada para as áreas de estudo. De qualquer forma, uma análise sumária feita por Nunes (2008) sugere que os litossolos esqueléticos presentes na serra do Caldeirão, devido à sua fraca profundidade, serão mais vulneráveis a este processo e poderão perder c. 15% da sua produtividade nos próximos 100 anos independentemente do cenário considerado. Estes resultados mostram a necessidade de uma análise mais detalhada deste processo.

4.4 Conclusões

A metodologia aplicada neste trabalho estimou a sensibilidade e exposição dos recursos hídricos, produtividade vegetal e proteção do solo a cenários de alterações climáticas em duas

regiões montanhosas Portuguesas, e tentou ainda apontar pontos importantes para estimar a sua capacidade de resposta. Na serra do Caldeirão, os resultados apontam para:

- vulnerabilidade importante dos recursos hídricos, com um potencial de diminuir c. 40% nos cenários mais prováveis;
- impacte importante nos usos atuais da água, devido à redução de caudais afluentes às barragens de Odeleite de Beliche, com consequências para as áreas irrigadas a partir destas;
- impacte positivo de alterações climáticas moderadas em vegetação adaptada à seca, nomeadamente carvalhos e arbustos esclerofíticos;
- a floresta (tanto plantações de pinhal como montados) não parece ser resiliente aos cenários mais extremos (aumento de temperatura acima de 4°C e diminuição da precipitação superior a 20%).

Na serra de Loures/Montejunto, os resultados apontam para alguns resultados negativos, mas mantendo a resiliência global do sistema:

- a menor pressão sobre recursos hídricos nesta zona e nas zonas a jusante provavelmente toleram uma diminuição significativa do caudal;
- a diminuição da produtividade agroflorestal não indica a insustentabilidade destas práticas.

Duma forma geral, o principal impacte de alterações climáticas aos serviços de ecossistema prestados pelas montanhas estudadas espera-se que seja ao nível do aprovisionamento de recursos hídricos; no caso da serra do Caldeirão, e em cenários extremos, pode-se ainda esperar a perda da capacidade de suporte a alguns ecossistemas. Comparando estes resultados com as áreas geográficas mais vastas onde se inserem (Nunes, 2008; Nunes et al., 2008; Nunes e Seixas, 2011), verifica-se que a serra do Caldeirão tem uma vulnerabilidade bastante inferior à estimada para o vale do Guadiana. Isto deve-se ao facto do clima presentemente húmido permitir uma maior elasticidade na resposta a alterações do clima quando comparado com o clima sub-húmido e semi-árido do vale. Desta forma, pode-se afirmar que, apesar da diminuição dos serviços de ecossistema prestados por esta região de montanha, eles poderão adquirir uma importância maior num contexto regional de maior escassez. Já a serra de Loures/Montejunto apresenta um grau de vulnerabilidade semelhante ao da bacia do Tejo, pelo que não se esperam alterações para a sua importância relativa.

Agradecimentos

O autor gostaria de agradecer o financiamento deste trabalho pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia, no âmbito da bolsa de doutoramento com a referência SFRH/BD/5059/2001, cofinanciada pelo Fundo Social Europeu.

Referências bibliográficas

- Adger, W.N. (2006) - Vulnerability. *Global Environmental Change*, vol. 16, p. 268-281.
- Alcamo, J.; Doll, P.; Henrichs, T.; Kaspar, F.; Lehner, B.; Rosch, T. e Siebert, S. (2003) - Global estimates of water withdrawals and availability under current and future “business-as-usual” conditions. *Hydrological Sciences Journal - Journal Des Sciences Hydrologiques* vol. 48, p. 339-348.
- Arora, V.K. (2002) - The use of the aridity index to assess climate change effect on annual runoff. *Journal of Hydrology*, vol. 265, p. 164-177.
- Bakker, M.M.; Govers, G. e Rounsevell, M.D.A. (2004) - The crop productivity-erosion relationship: an analysis based on experimental work. *Catena* vol. 57, p. 55-76.
- Berry, P.M.; Rounsevell, M.D.A.; Harrison, P.A. e Audsley, E. (2006) - Assessing the vulnerability of agricultural land use and species to climate change and the role of policy in facilitating adaptation. *Environmental Science and Policy*, vol. 9, p. 189-204.
- Bronstert, A. (2004) - Rainfall-runoff modelling for assessing impacts of climate and land-use change. *Hydrological Processes*, vol. 18, p. 567-570.
- Cammeraat, L.H. (2002) - A review of two strongly contrasting geomorphological systems within the context of scale. *Earth Surface Processes and Landforms*, vol. 27, p. 1201-1222.
- Christensen, J.H. e Christensen, O.B. (2007) - A summary of the PRUDENCE model projections of changes in European climate by the end of this century. *Climatic Change*, vol. 81, p. 7-30.
- Field, C.B.; Lobell, D.B.; Peters, H.A. e Chiariello, N.R. (2007) - Feedbacks of terrestrial ecosystems to climate change. *Annual Review of Environment and Resources*, vol. 32, p. 7.1-7.29.
- Gallopín, G. (2006) - Linkages between vulnerability, resilience, and adaptive capacity. *Global Environmental Change*, vol. 16: 293-303.
- Giorgi, F. (2006) - Climate change hot-spots. *Geophysical Research Letters*, vol. 33, p. L08707.
- Huntingford, C.; Gash, J. e Giacomello, A.M. (2006) - Climate change and hydrology: next steps for climate models. *Hydrological Processes* n, 20, p. 2085-2087.
- Michael, A.; Schmidt, J.; Enke, W.; Deutschlander, T. e Malitz, G. (2005) - Impact of expected increase in precipitation intensities on soil loss - results of comparative model simulations. *Catena*, vol. 61, p. 155-164.
- Middleton, N. e Thomas, D. (1997) - *World Atlas of Desertification*. London, UNEP: United Nations Environment Program.
- Nearing, M.A.; Pruski, F.F. e O’Neal, M.R. (2004) - Expected climate change impacts on soil erosion rates: a review. *Journal of Soil and Water Conservation*, vol. 59, p. 43-50.
- Neitsch, S.L.; Arnold, J.G.; Kiniry, J.R.; Williams, J.R. e Kiniry, K.W. (2002) - *Soil and Water Assessment Tool theoretical documentation*. TWRI report TR-191. College Station, Texas Water Resources Institute.
- New, M.; Lister, D.; Hulme, M. e Makin, I. (2002) - A high-resolution data set of surface climate over global land areas. *Climate Research*, vol. 21, p. 1-25.
- Nunes, J.P. (2008) - *Vulnerability of Mediterranean watersheds to climate change: the desertification context*. Dissertação de doutoramento. Lisboa, Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciências e Tecnologia. 381 p.
- Nunes, J.P. e Nearing, M.A. (2011) - Modelling impacts of climatic change: case studies using the new generation of erosion models. In: Morgan, R.P.C. e Nearing, M.A. (Eds.), *Handbook of Erosion Modelling*. Oxford, Wiley-Blackwell, p. 289-312.
- Nunes, J.P. e Seixas, J. (2011) - Modelling the impacts of climate change on water balance and agricultural and forestry productivity in southern Portugal using SWAT. In: Shukla, M.K. (Ed.), *Soil Hydrology, Land-Use and Agriculture. Measurement and Modelling*. Wallingford, CABI, p. 366-383.
- Nunes, J.P.; Seixas, J. e Pacheco, N.R. (2008) - Vulnerability of water resources, vegetation pro-

- ductivity and soil erosion to climate change in Mediterranean watersheds. *Hydrological Processes*, vol. 22, p. 3115-3134.
- Pereira, H.M.; Domingos, T. e Vicente, L. (Eds.) (2004) - Portugal Millennium Ecosystem Assessment: State of the Assessment Report. Lisboa, Centro de Biologia Ambiental, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, 68 p.
- Puigdefábregas, J. (1998) - Ecological impacts of global change on drylands and their implications for desertification. *Land Degradation and Development* vol. 9, p. 393-406.
- Räisänen, J., Hansson, U., Ullerstig, A., Döscher, R.; Graham, L.P.; Jones, C.; Meier, H.E.M.; Samuelsson, P. e Willén, U. (2004) - European climate in the late twenty-first century: regional simulations with two driving global models and two forcing scenarios. *Climate Dynamics* vol. 22, p. 13-31.
- Schroter, D.; Cramer, W.; Leemans, R.; Prentice, I.C.; Araujo, M.B.; Arnell, N.W.; Bondeau, A.; Bugmann, H.; Carter, T.R.; Gracia, C.A.; de la Vega-Leinert, A.C.; Erhard, M.; Ewert, F.; Glendinning, M.; House, J.I.; Kankaanpää, S.; Klein, R.J.T.; Lavorel, S.; Lindner, M.; Metzger, M.J.; Meyer, J.; Mitchell, T.D.; Reginster, I.; Rounsevell, M.; Sabate, S.; Sitch, S.; Smith, B.; Smith, J.; Smith, P.; Sykes, M.T.; Thonicke, K.; Thuiller, W.; Tuck, G.; Zaehle, S. e Zierl, B. (2005) - Ecosystem service supply and vulnerability to global change in Europe. *Science*, vol. 310, p. 1333-1337.
- Solomon, S.; Qin, D.; Manning, M.; Chen, Z.; Marquis, M.; Averyt, K.B.; Tignor, M. e Miller, H.L. (Eds.) (2007) - *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, Cambridge University Press.
- Xu, C.Y. e Singh, V.P. (2004) - Review on regional water resources assessment models under stationary and changing climate. *Water Resources Management*, vol. 18, p. 591-612.

CAPÍTULO

5

Desenvolvimento sustentável e serviços de ecossistema na agricultura em Portugal: uma abordagem geral e o caso das pastagens semeadas biodiversas

Tiago Domingos, Tatiana Valada e Helena Martins

Resumo

O desenvolvimento sustentável da atividade agrícola em Portugal passa pela adequada gestão dos serviços de ecossistema, o que é demonstrado com recurso a um modelo de desenvolvimento que associa o crescimento económico a benefícios sociais, mas também à degradação de alguns ecossistemas. As alterações do uso do solo nas últimas décadas tiveram consequências negativas, como o aumento da ocorrência de incêndios e erosão do solo. Considerando as pastagens, é discutida a forma como as pastagens permanentes biodiversas podem reverter esta situação ao permitirem um aumento da matéria orgânica do solo, do encabeçamento e da produtividade. A elas está associado, portanto, um aumento da capacidade de provisão de serviços de ecossistema e da sustentabilidade ambiental, social e económica. É ainda demonstrada a forma como já é possível potenciar o seu contributo para o desenvolvimento sustentável da atividade agrícola, através da remuneração do serviço de ecossistema de sequestro de carbono no solo.

Tiago Domingos, Tatiana Valada (✉) e Helena Martins

MARETEC/LARSYS

Área Científica de Ambiente e Energia, Departamento de Engenharia Mecânica

Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Av. Rovisco Pais, 1,

1049-001 Lisboa

Email: tatiana.valada@ist.utl.pt

5.1 Sustentabilidade e serviços de ecossistema

O conceito de desenvolvimento sustentável tem sido amplamente discutido e difundido desde finais da década de oitenta (ex. Brundtland *et al.*, 1987), sendo hoje consensual a necessidade de o abordar nas suas componentes económica, social e ambiental em qualquer setor ou atividade, não sendo a atividade agrícola uma exceção.

O conceito de crescimento económico tal como apresentado por Costanza *et al.* (1997) pode ajudar a explicitar a relação entre desenvolvimento e serviços de ecossistema. Considerando um ecossistema global finito, este autor traduz o desenvolvimento económico como uma transição de um “mundo vazio” para um “mundo cheio” (ver Figura 1). Numa situação de “mundo vazio”, o capital construído é reduzido e o capital natural elevado. Numa situação de “mundo cheio”, o subsistema económico domina o ecossistema global finito.

Os serviços de ecossistema têm lugar nesta dinâmica sob a forma de serviços de produção, como alimentos e água; serviços de regulação, como de cheias, de secas e de doenças; serviços de suporte, como a formação dos solos e os ciclos de nutrientes e serviços culturais, como o recreio, o valor espiritual, o valor religioso e outros benefícios não materiais (Millennium Ecosystem Assessment, 2005).

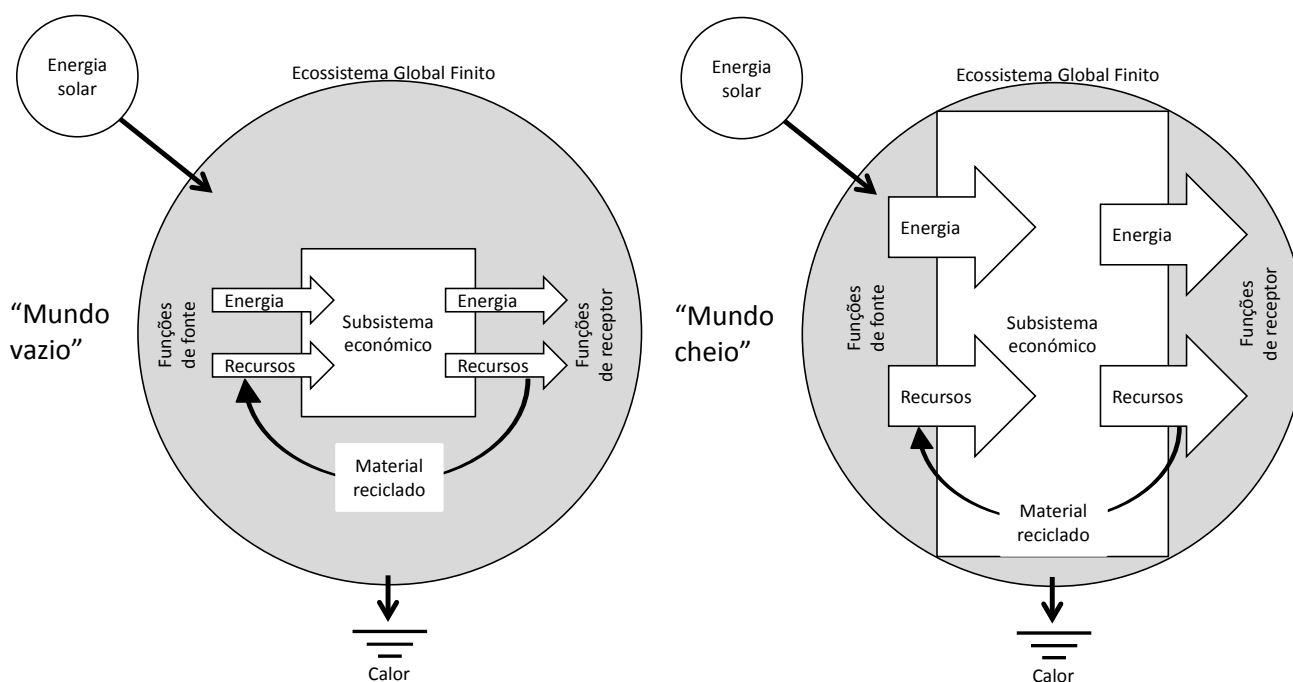


Figura 1 – Evolução do subsistema económico tendo em conta um ecossistema global finito (adaptado de Costanza *et al.*, 1997).

Historicamente, a transição para um mundo “cheio” encontra-se refletida no período temporal entre 1960 e 2000, no qual a economia global aumentou mais do que seis vezes, acompanhando uma duplicação da população. Para que tal fosse possível, teve lugar um aumento da procura pelos serviços de ecossistema, o qual se traduziu (Millennium Ecosystem Assessment, 2005):

- no aumento da produção de alimentos de cerca de duas vezes e meia.
- na duplicação do uso de água potável.

- na produção três vezes maior de madeira para papel e produtos celulósicos.
- na duplicação da capacidade de produzir energia hidroelétrica.

Em termos dos recursos consumidos, e recorrendo ao indicador da apropriação humana da produtividade primária, à escala global e para o ano 2000 (Haberl *et al.*, 2007), esta tendência está refletida no facto da espécie humana utilizar atualmente cerca de 24% da produtividade primária do planeta.

A transição descrita contribuiu, indiscutivelmente, para substanciais ganhos em bem-estar humano e desenvolvimento económico. Contudo, a crescente procura de serviços de ecossistema alterou os ecossistemas de forma mais rápida e extensa do que em qualquer outra altura do desenvolvimento humano, o que levou a significativos impactos (Millennium Ecosystem Assessment, 2005):

- aproximadamente 60% (15 em 24) dos serviços de ecossistema avaliados estão em processo de degradação ou sujeitos a uso insustentável.
- mais de dois terços da área de 2 dos 14 maiores biomas terrestres e mais de metade da área de 4 outros biomas foram convertidos até 1990, principalmente para agricultura.
- mais de 40% dos solos agrícolas têm sido degradados no último meio século devido à erosão, salinização, compactação, esgotamento de nutrientes, poluição e urbanização.
- nas últimas centenas de anos a humanidade aumentou a taxa de extinção de espécies em cerca de mil vezes (cerca de 10 a 30% dos mamíferos, aves e anfíbios encontram-se presente-mente em ameaça de extinção, sendo que os ecossistemas de água doce tendem a ser os mais afetados).
- a alteração dos ciclos do azoto, fósforo, enxofre e carbono tem vindo a ser relacionada com chuvas ácidas, proliferação anormal de algas e declínios na ictiofauna dos rios e águas costeiras.

Destes resultados se conclui que a utilização dos serviços de ecossistema pode levar a consequências negativas em termos ambientais e inviabilizar a capacidade de gerações futuras usufruírem dos serviços, comprometendo, em última análise, o desenvolvimento económico e social. Deste modo, o desenvolvimento sustentável depende de uma correta gestão dos serviços de ecossistema.

O desafio da inversão desta tendência de degradação dos ecossistemas, mantendo a satisfação da procura por serviços de ecossistemas ao mesmo tempo que se garante a sua adequada gestão, requer mudanças significativas nas políticas, instituições e práticas actuais. Uma das abordagens que tem vindo a revelar-se eficaz para este objetivo reside na inclusão destas temáticas nos mecanismos de mercado (Bowen, 2011).

É sabido que os benefícios provenientes dos serviços de ecossistema que não fazem parte do mercado são amiudamente perdidos, parcial ou totalmente, embora sejam frequentemente significativos e por vezes de maior valor do que aqueles que se encontram incluídos (Millennium Ecosystem Assessment, 2005). Refira-se, como exemplo, a análise realizada por Merlo e Croitoru (2005) sobre a inclusão ou exclusão dos benefícios associados às florestas nos mecanismos de mercado em oito países mediterrânicos. Os produtos de madeira, são responsáveis por apenas 38% do valor económico total associado aos benefícios das florestas,

enquanto o valor recreativo é responsável por 18% e o valor associado à proteção de bacias hidrográficas por 10%.

5.2 Serviços de ecossistema e agricultura em Portugal

Ainda antes de discutir o contributo dos serviços de ecossistema no desenvolvimento sustentável da atividade agrícola em Portugal, há que caracterizá-la, sendo que a sua situação atual reflete uma evolução socioeconómica que se tem vindo a fazer sentir desde a década de 60. Face à situação atual, há ainda que caracterizar os impactos ambientais das práticas agrícolas mais relevantes para a provisão de serviços de ecossistema.

5.2.1 Evolução socioeconómica da atividade agrícola

Um conjunto de situações socioeconómicas condicionou a estrutura da propriedade agrícola e o custo de trabalho, muito particularmente a partir dos anos 60, com consequências ao nível do uso do solo e das práticas agrícolas, conforme esquematizado na Figura 2.

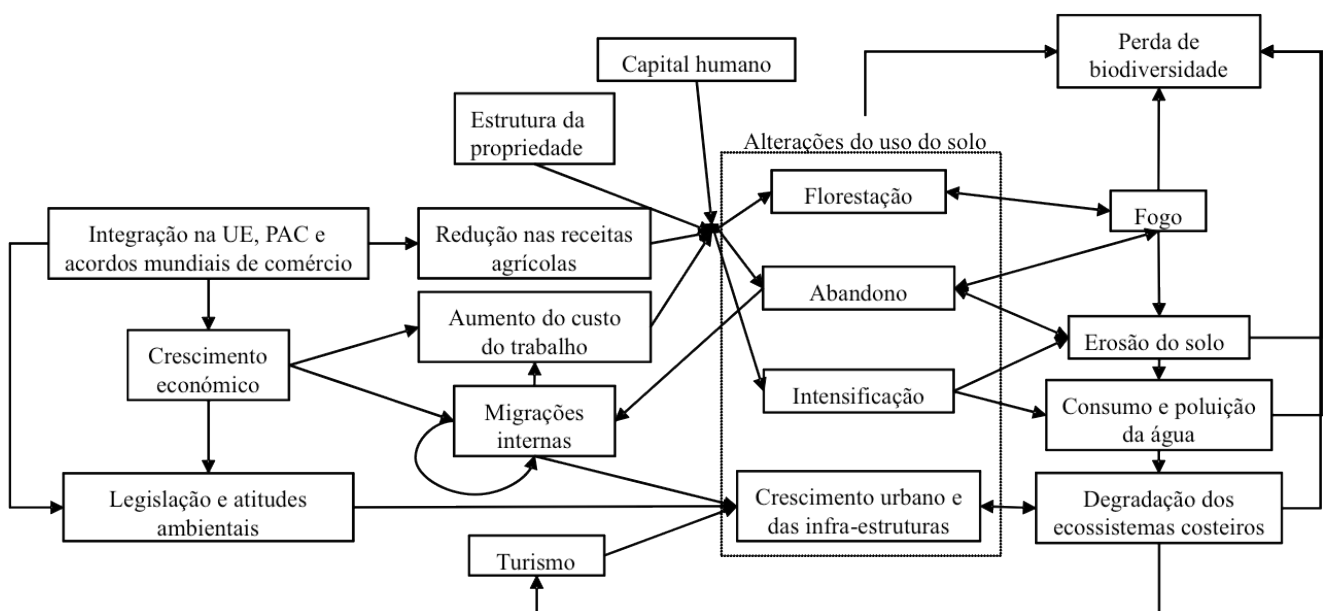


Figura 2 – Principais promotores de alterações dos ecossistemas agrícolas portugueses (adaptado de Domingos *et al.*, 2009).

Uma interpretação mais detalhada da Figura 2 deve começar pela esquerda, com uma análise do comportamento da economia portuguesa, com início, como já referido, nos anos 60. Entre os fatores que influenciaram nessa altura o comportamento da economia destacam-se a emigração, a urbanização, a liberalização de mercados, assim como uma maior abertura ao exterior resultante da adesão à *European Free Trade Association* (EFTA), do incremento simultâneo do comércio internacional em geral (resultante dos acordos do *General Agreement on Tariffs and Trade*) e da política industrial de substituição de importações (Domingos *et al.*, 2009).

Esta maior abertura ao exterior levou a um aumento do crescimento económico ao longo da década de 1960, que se acentuou depois da integração de Portugal na Comunidade Económica Europeia (CEE), nas décadas de 1980 e 1990 e criou uma atratividade crescente para as atividades

nos setores industrial e de serviços, os quais crescem tendencialmente muito mais depressa do que o setor agrícola. Por outro lado, a introdução da Política Agrícola Comum (PAC) em Portugal, nos finais da década de 1980, levou a alterações significativas na agricultura portuguesa, tais como o ajustamento estrutural, a modernização e a intensificação (Alves *et al.*, 2003; Fernandes, 2005; Domingos *et al.*, 2009). Estes efeitos foram, todavia, contrabalançados pela entrada no Mercado Comum e pelas reformas nos acordos de comércio mundial, os quais levaram a um decréscimo nos preços agrícolas, só parcialmente compensados pela introdução ou aumento de subsídios.

No que diz respeito ao custo do trabalho na agricultura, quer custos de mão de obra assalariada, no caso de empresas agrícolas, quer custos de oportunidade, para agricultores por conta própria, tem-se assistido a um crescente aumento que leva a que seja necessário um aumento na produtividade do trabalho para manter a viabilidade económica das explorações agrícolas. Este aumento tem vindo a ser conseguido através de dois caminhos, com expressividade diferente consoante a região e o sistema de produção (Domingos *et al.*, 2009):

- extensificação, ou seja, substituição do trabalho por terra.
- intensificação, ou seja, substituição do trabalho por capital fixo (máquinas, infraestruturas) e consumos intermédios (água, fertilizantes, material genético melhorado).

A escolha entre estas duas possibilidades é controlada, à partida, pelas características dos fatores de produção (trabalho e terra, compreendendo esta última a área da exploração agrícola, a qualidade do solo e a disponibilidade de água) e pela capacidade financeira do agricultor. A escolha pela intensificação tende a aumentar com a diminuição da área da propriedade e com o aumento da qualificação do trabalho, da qualidade do solo, da disponibilidade de água e da capacidade financeira. Na ausência de níveis adequados destes fatores tem lugar a extensificação, a qual pode significar uma transição de agricultura para produção animal extensiva, mas também florestação. Caso a extensificação também não seja possível, nomeadamente devido à falta de dimensão das explorações agrícolas, o mais provável é ocorrer abandono agrícola. No início da década de 1970 este último era já visível em áreas significativas do território, designadamente nas regiões de minifúndio (Domingos *et al.*, 2009). De facto, as zonas de risco elevado de abandono são predominantemente constituídas por explorações de muito pequena e pequena dimensão. A baixa produtividade do trabalho agrícola, associada a condições naturais desfavoráveis ou a contextos de menor desenvolvimento socioeconómico, é apontada como causa do abandono. Tal é particularmente visível nas regiões de montanha.

No caso de ocorrer intensificação, as alterações tecnológicas incluem o uso crescente de produtos químicos, nomeadamente fitofármacos, herbicidas e adubos químicos, assim como motomecanização das operações culturais, pelo que é de esperar um aumento da produtividade. Em Portugal esta teve, de facto, uma tendência geral ascendente ao longo do século XX, com uma subida muito acentuada durante a Campanha do Trigo (1931–1935), rapidamente voltando aos níveis anteriores, devido ao esgotamento dos solos, mas recuperando a partir da década de 50.

Em termos sociais, importa compreender o papel da atividade agrícola na geração de emprego e na tendência de fixação de população. De um modo geral, tem vindo a assistir-se a uma diminuição do emprego no setor agrícola, apenas interrompida por períodos de estabilidade em

meados da década de 70, em meados da década de 80 e em meados da década de 90, devido a períodos de crise económica, ao regresso de situações de guerra ou à atribuição de incentivos à atividade agrícola (Alves *et al.*, 2003; Fernandes, 2005; Domingos *et al.*, 2009). A esta tendência de diminuição do emprego encontra-se necessariamente associada uma diminuição da fixação das populações rurais. À medida que as populações rurais diminuem, torna-se menos viável a manutenção de serviços públicos, como escolas, estabelecimentos de ensino superior ou hospitais, levando a um aumento no diferencial de atratividade entre as zonas do interior e as zonas urbanas costeiras (Domingos *et al.*, 2009).

A evolução socioeconómica da agricultura descrita contextualiza os dados do mais recente Recenseamento Geral Agrícola (INE, 2011a), os quais dão conta de que a atividade agrícola em Portugal ocupa metade do território nacional, sendo predominantes as explorações de pequena dimensão. A dimensão das explorações agrícolas é, em média, 5 hectares inferior à da União Europeia. Verificaram-se igualmente mudanças estruturais relevantes na paisagem deste 1999, ganhando maior expressão os sistemas de produção mais extensivos, com as pastagens permanentes a ocuparem praticamente metade da Superfície Agrícola Utilizada.

Níveis mais baixos de formação e explorações de menor dimensão representam potenciais bloqueadores de uma gestão agrícola adequada, e têm, conseqüentemente, impacto negativo na sustentabilidade e provisão de serviços de ecossistema. Contudo, o atual paradigma do setor agrícola em Portugal possui também impactos ambientais positivos, tais como aumento de biodiversidade associada ao abandono agrícola (Domingos *et al.*, 2009) e o aumento de matéria orgânica do solo associado a menor mobilização do solo.

5.2.2 Sustentabilidade ambiental e provisão de serviços de ecossistema na agricultura – estado atual

A discussão dos impactos ambientais tem, portanto, de ser feita de forma profunda servindo a Figura 2 para explicar como se pode passar da relação causa-efeito associada aos impactos negativos para possibilidades de resolução. De acordo com esta Figura, uma das conseqüências da evolução apresentada na secção anterior é o aumento da ocorrência de incêndios associado à transição para sistemas mais extensivos, como a produção animal e florestação, bem como ao abandono com a conseqüente ocupação dos campos agrícolas por matos.

Em termos de extensificação, quando esta implica a transição de culturas anuais para produção animal, nas regiões interiores, tal pode levar a um incremento na utilização do fogo pelos pastores para manter o ecossistema numa etapa inicial da sucessão ecológica, dominada por espécies herbáceas. Este é um factor que certamente contribui para o aumento das ignições de fogos. A transição de agricultura para floresta leva, em geral, também a um aumento do risco de fogo quando não existe gestão ativa da floresta e em sistemas de floresta de produção caracterizada pela associação com matos pirófilos, como é o caso do pinhal bravo. O abandono agrícola facilita a fixação de arbustos correspondentes aos estágios iniciais da sucessão ecológica, afetando, tanto positiva como negativamente, a fauna e a flora (efeito particularmente conhecido no montado de azinho). Adicionalmente, os custos crescentes do trabalho tornam inviável o corte dos arbustos para a cama do gado. Em paralelo, o abandono da agricultura leva a um menor número de pessoas a ocupar e a tratar da paisagem, e a uma redução na compartimentação da paisagem (Domingos *et al.*, 2009; Correia *et al.*, 2006).

Produz-se assim uma expansão de áreas de floresta e matos não geridas, que acumulam cargas crescentes de combustíveis, com múltiplas consequências relativamente à gestão e proteção da floresta. Todos estes efeitos criam condições para o desenvolvimento de ciclos de fogo frequentes e severos, especialmente quando são criadas grandes áreas contínuas de matos e de monoculturas. Efetivamente, e em termos estatísticos, a média anual ardida de 2000 a 2004 foi cerca de 85% superior ao valor da década de 1990, que, por sua vez, já tinha sido cerca de 40% superior à média da década de 1980. A percentagem de área ardida em Portugal é significativamente superior aos valores registados em qualquer um dos restantes quatro países mediterrâneos da UE. Enquanto naqueles países os valores parecem estar estabilizados, Portugal apresenta uma forte e preocupante tendência de agravamento da situação (Pereira *et al.*, 2006; Silva e Saldanha, 2008; Pereira *et al.*, 2009a).

As taxas de erosão são também influenciadas quer diretamente pelo abandono, quer indiretamente pela intensificação agrícola. O abandono de terras agrícolas poderá ter efeitos negativos ou positivos na proteção do solo por erosão. Na bacia do Mediterrâneo, e em áreas de elevado risco de erosão, o abandono é seguido por uma regeneração da vegetação natural o que resulta numa diminuição da erosão. Do ponto de vista teórico, à medida que aumenta a vegetação arbustiva, a proteção do solo também aumenta, diminuindo a erosão. Após o abandono, as propriedades do solo, tais como a matéria orgânica, estrutura do solo e taxa de infiltração melhoram, resultando numa mais efetiva proteção do solo contra a erosão. Contudo, o abandono de técnicas tradicionais de gestão do solo pode também potenciar o aumento da erosão. Esta relação causal é particularmente visível em zonas declivosas, nas quais tinham lugar a técnica de terraceamento, tal como acontece no Norte de Portugal (Koulouri e Giourga, 2007).

A intensificação agrícola é apontada, pela Agência Europeia do Ambiente (EEA, 2003), como potenciadora da ocorrência de técnicas de gestão de solo insustentáveis, que levam a processos de degradação do solo, tais como a erosão. De facto, embora a intensificação agrícola seja apontada como uma importante força motriz nos processos de erosão do solo, os efeitos adversos potenciais podem apenas ter lugar em locais de médio e elevado risco de erosão de solo. Para além do exposto, a adoção de técnicas como o terraceamento e presença de culturas de cobertura podem mitigar ou minimizar o processo de erosão (EEA, 2003). Entre as técnicas de agricultura intensiva que potenciam a erosão são de salientar o uso de maquinaria e o pastoreio excessivo (tanto em termos de encabeçamento como de tempo de permanência do gado).

De acordo com o exposto, uma questão chave é então o conhecimento do risco de erosão. A análise incide sobre a erosão hídrica, dada a sua importância nos solos agrícolas portugueses. De facto, para a Europa, a erosão hídrica do solo apresenta-se como a forma mais importante de degradação do solo, afetando cerca de 105 milhões de hectares, o correspondente a 16% da área total da Europa (EEA/JRC, 2010). A região mediterrânica é particularmente vulnerável a este tipo de erosão, uma vez que se encontra sujeita a longos períodos de baixa precipitação, seguidos por chuvas intensas que atingem zonas declivosas e solos frágeis. Em algumas zonas mediterrânicas, a erosão atingiu um estado de irreversibilidade provocando a perda total do solo (EEA/JRC, 2010). No caso de Portugal, contribuem para os elevados níveis de risco de erosão as incorretas práticas de gestão, as áreas de xisto e granito, os declives acentuados e os baixos teores em matéria orgânica. Uma das consequências da erosão do solo é a transferência de nutrientes

para os recursos hídricos, associada a possíveis problemas de eutrofização (EEA/JRC, 2010).

Poderá também existir uma relação entre a intensificação e poluição dos recursos hídricos. Dependendo das técnicas de gestão aplicadas, à aplicação de produtos químicos como pesticidas, herbicidas e adubos poderão estar associados fenómenos de eutrofização, no caso dos recursos superficiais, e poluição por nitratos e salinização, no caso dos recursos subterrâneos.

Para a poluição dos recursos hídricos superficiais contribuem, não só as atividades agrícolas, como também os efluentes urbanos e industriais, sendo complexa a correspondência causa-efeito (Ongley, 1996). Uma avaliação efetuada pelo Instituto da Água (INAG, 2005) indica que as pressões mais significativas se observaram nas regiões a sul do Tejo, resultantes de efluentes domésticos, agricultura de regadio e fontes industriais. Em termos de recursos subterrâneos as avaliações realizadas no Plano Nacional de Água e nos Planos de Bacia Hidrográfica mostram a existência de concentrações de nitratos de origem agrícola superiores a 50mg/L¹ em sistemas aquíferos como os gabros de Beja, da Campina de Faro e aluviões do Tejo. Os resultados indicam como áreas de alta suscetibilidade à contaminação a região da Golegã-Chamusca, Abrantes e o polígono Cartaxo - Benavente - Alverca - Vila Franca de Xira, respeitantes a áreas de agricultura intensiva. Como zonas de muito alta suscetibilidade foram identificados afluentes do rio Tejo, onde estão instalados extensos arrozais (INE, 2011b).

Para a perda de biodiversidade contribuem não só os impactos já descritos, como a própria alteração do uso do solo. Relativamente aos primeiros, a análise segue a ordem exposta anteriormente, começando pelo fogo, erosão do solo e poluição da água. O impacto mais evidente da ocorrência de incêndios é a morte dos organismos ao nível do solo. O efeito sobre a biodiversidade do solo depende da intensidade do incêndio, sendo que pode ocorrer uma total esterilização (Jeffery *et al.*, 2010). Em termos de erosão, o impacto na biodiversidade ocorre quer devido à remoção de habitat por perda de solo quer devido a alteração da vegetação. A vegetação ao nível do solo é afetada pela erosão através da perda de nutrientes sob a forma de matéria orgânica, a qual se encontra presente em elevadas concentrações nas camadas superficiais do solo, as mais sujeitas a erosão (EEA/JRC, 2010; Jeffery *et al.*, 2010). Os compostos responsáveis pela poluição dos recursos hídricos poderão igualmente estar associados a uma parcial ou total destruição de dada característica no ecossistema, influenciando a biodiversidade que dela dependia (EEA/JRC, 2010). No que respeita às alterações do uso do solo, estas foram já consideradas como prováveis motores de alteração na biodiversidade para zonas mediterrâneas. De notar que as florestas, incluindo temperadas, representam, de forma geral, os biomas com níveis mais elevados de biodiversidade, pelo que qualquer alteração será acompanhada de uma perda desta (Jeffery *et al.*, 2010).

Dada a importância do solo para os impactos descritos, este será analisado de forma mais profunda na secção seguinte.

5.2.3 A importância do solo e do seu teor em matéria orgânica

A atividade agrícola, e respetiva gestão do solo, pode desencadear processos de degradação ou, pelo contrário, proporcionar uma melhoria na fertilidade do solo. Apresenta, por isso, uma forte influência também na prestação de serviços de regulação (um solo degradado tem uma menor

1) Valor paramétrico para a água destinada ao consumo humano, de acordo com o Decreto-Lei 306/2007.

capacidade de regulação de fenómenos extremos, como cheias), de suporte (os processos de degradação do solo implicam um impacto negativo na formação do solo) e culturais (um solo degradado suporta ecossistemas com inferior valor recreativo). Em última análise, a gestão do recurso solo apresenta-se como basilar para um desenvolvimento sustentável.

Um solo de elevada qualidade² e resiliência³ possui quatro funções principais, as quais representam ganhos ambientais (de Varennes, 2003):

- suporta o crescimento das plantas, quer mecanicamente, quer em termos de disponibilidade de água e nutrientes.
- permite a existência de condições de reciclagem de resíduos animais e vegetais e tecidos mortos, tornando os seus componentes de novo disponíveis nos ecossistemas.
- suporta a existência de nichos ecológicos para a fauna, fazendo deles parte, desde bactérias e fungos a pequenos mamíferos. Desta forma, promove e suporta a biodiversidade.
- regula o ciclo hídrico, quer em termos quantitativos quem em termos qualitativos, mantendo a água disponível para as espécies vegetais e, simultaneamente, permitindo uma regulação do fluxo de água, diminuindo a ocorrência de cheias.

Os impactos descritos na secção acima estão associados a uma diminuição no desempenho das funções do solo à qual se juntam características físicas pouco favoráveis. De um modo geral, os solos com elevada capacidade de produção de biomassa são escassos, dos quais os mais notáveis são os barros do complexo vulcânico de Lisboa-Mafra e os barros de Beja, os solos de aluviões localizados nas zonas adjacentes das linhas de água e as areias húmidas (Magalhães, 2001). A maior parte dos solos situados nas vertentes e nos cabeços são solos degradados e pedregosos, pouco férteis e altamente suscetíveis à erosão, com perda da sua fração fina (Magalhães, 2001).

Embora, em termos absolutos, o solo seja um recurso renovável, a sua degradação pode apresentar-se irreversível à escala de gerações, representando portanto um grave problema de sustentabilidade e de provisão de serviços de ecossistema. Nomeadamente, diminuição de produtividade vegetal (serviços de produção), menor capacidade de retenção de água e conseqüente aumento do escoamento superficial (serviços de regulação), interrupção do ciclo de nutrientes (serviços de suporte). Em termos de serviços culturais, é possível considerar que um solo degradado encontra-se associado a um ecossistema com um menor valor para atividades de recreio e lazer.

A quantidade de matéria orgânica de um solo é um parâmetro chave na reversão da sua degradação, sendo que 57,1% dos solos de Portugal possuem teores baixos ou muito baixos de matéria orgânica (EEA, 2004). A matéria orgânica do solo é composta por organismos vivos, animais mortos e tecidos vegetais em diversos estágios de decomposição, mas ainda assim reconhecíveis, e uma mistura complexa de material decomposto, modificado ou reprocessado, denominada de húmus. A quantidade de matéria orgânica influencia a qualidade e resiliência do solo, determinando as suas propriedades físicas e químicas. É também crucial para o aumento dos nutrientes disponíveis para as plantas e da capacidade de retenção de água no solo. Quanto maior for a quantidade de matéria orgânica que é decomposta e entra na estrutura do solo, maior a quantidade de nutrientes que são reciclados e ficam disponíveis para as plantas (de Varennes, 2003). É

2) A qualidade do solo é definida como a capacidade do solo de aceitar, reter e reciclar água, nutrientes e energia (de Varennes, 2003).

3) A resiliência é definida como a capacidade dos solos de (quase) reverter para a situação inicial, depois de sujeito a perturbação (de Varennes, 2003).

assim aumentada a produtividade das plantas e reduzido o escoamento de água, o que, por sua vez, reduz a perda de sedimentos e a erosão de solo (EEA, 2004; Trumbore e Czimczik, 2008).

A matéria orgânica contém cerca de 58% de carbono, proveniente do carbono atmosférico sequestrado pelas plantas durante a fotossíntese (Trumbore e Czimczik, 2008). Por esta via, no solo tem lugar um outro serviço de ecossistemas que tem ganho particular relevo no âmbito da ratificação do Protocolo de Quioto, o sequestro de carbono.

5.3 Serviços de ecossistema e pastagens

De acordo com Pereira *et al.* (2009b), no decurso da avaliação para Portugal do *Millennium Ecosystem Assessment*, foram apresentadas algumas propostas para a reversão de degradação do solo, sendo de destacar as apresentadas pelo Projeto Extensivity focadas na gestão de pastagens (Teixeira, 2010). Tratou-se de um projeto liderado pelo Instituto Superior Técnico, em parceria com agências governamentais, organizações não governamentais da área da agricultura e empresas privadas (www.extensivity.pt).

De acordo com as linhas diretrizes assumidas neste Projeto, a alteração das condições estruturais nas zonas rurais, nomeadamente no que diz respeito a aspetos económicos (aumento de receitas) e sociais (aumento da informação e conhecimento), irá positivamente influenciar a adoção de usos de solo mais sustentáveis. Por sua vez, a adoção de usos de solo mais sustentáveis trará benefícios ambientais generalizados, quer em termos de sustentabilidade quer de provisão de serviços de ecossistema (Teixeira, 2010). Neste contexto, é aqui analisada a evolução do sistema de pastagens em Portugal, nomeadamente a transição de pastagens naturais para um sistema de pastagens melhoradas, denominadas de pastagens permanentes semeadas biodiversas ricas em leguminosas PPSBRL, bem como os seus impactos em termos de serviços de ecossistema. A análise termina com a apresentação dos mecanismos existentes em Portugal para remuneração dos serviços de ecossistema prestados pelo sistema de PPSBRL.

5.3.1 Evolução do sistema de pastagens em Portugal

As pastagens observadas na paisagem rural nacional são maioritariamente pastagens naturais, que surgem em áreas de baldio e em áreas sujeitas a abandono, estando frequentemente invadidas por arbustos. A produção de animais em modo tradicional apresenta-se nelas pouco intensiva em termos de trabalho e materiais sendo, portanto, um uso de solo comum nas zonas rurais sob influência das dinâmicas de abandono e extensificação acima descritas (Domingos *et al.*, 2009). Contudo, os processos de instalação e manutenção que lhes estão associados podem dar origem, em termos de alimentação animal, a pastagens em estágios desinteressantes e degradados. Este tipo de pastagens apresenta ainda variações inter e intra anuais no que respeita ao fornecimento de alimento, sendo necessário fornecer ao gado alimento concentrado. Esta necessidade representa um custo elevado e contribui para o desequilíbrio das contas dos agricultores.

Embora a presença de gado contribua para o controlo dos arbustos, as pastagens espontâneas degradadas apenas suportam uma quantidade reduzida de animais, não permitindo um controlo adequado. Uma vez que o uso de fogo para o controlo arbustivo representa um risco elevado, recorre-se frequentemente a métodos mecânicos de controlo segundo práticas intrusivas e des-

trutivas para a estrutura do solo, às quais estão associados problemas de erosão e de perda de carbono do solo. Neste contexto, nos últimos 50 anos, para uma fração crescente dos solos agrícolas portugueses, assistimos a situações de elevado risco de incêndio, quer pelo facto do fogo ser usado no renovo da pastagem quer porque a própria vegetação arbustiva aumenta o risco de incêndio, ou a situações de elevada erosão e perda de carbono, devido a controlo mecânico que implica mobilização do solo (Teixeira, 2010).

Associada à necessidade de melhoria das pastagens naturais, assistiu-se ao desenvolvimento, a partir dos anos 70, de um novo sistema, as pastagens permanentes semeadas biodiversas e ricas em leguminosas. Estas consistem numa mistura de até 20 espécies ou variedades de sementes, rica em leguminosas.

A mistura de sementes para dada localização é escolhida tendo em conta as características do local e após análise do solo. Este facto, juntamente com a multiplicidade de espécies e variedades origina a existência de menos lacunas na cobertura vegetal. Embora não haja assim uma mistura fixa, algumas espécies tipicamente presentes são o *Trifolium subterraneum*, *Trifolium michelianum*, *Ornithopus spp.*, *Biserrula pelecinus*, *Medicago spp.*, tal como gramíneas do género *Lolium*, *Dactylis* e *Phalaris*. As misturas de sementes são comumente enriquecidas com sementes de espécies espontâneas, tais como *Plantago spp.*, *Vulpia spp.*, e *Bromus spp.*. As leguminosas são inoculadas com bactérias do género *Rhizobium* que induzem o aparecimento de nódulos fixadores de azoto nas raízes das leguminosas o qual, por sua vez, é utilizado pelas gramíneas. Deste modo, o sistema como um todo é autossuficiente em termos de azoto, eliminando o impacto associado aos fertilizantes azotados (Teixeira *et al.*, 2011).

Apesar de existir já uma experiência documentada com pastagens semeadas, publicada pela FAO/CIHEAM (2008), este sistema apenas existe em Portugal, e numa menor extensão, em Espanha e Itália. Embora existam estudos acerca do papel da biodiversidade na produtividade, as PPSBRL constituem o único exemplo divulgado de aplicação em grande escala da chamada “engenharia da biodiversidade”.

5.3.2 Avaliação integrada das pastagens permanentes semeadas biodiversas ricas em leguminosas

A Figura 3 ilustra a forma como a implementação do sistema de PPSBRL influencia o setor agrícola em Portugal, para áreas onde teve lugar a sua implementação e gestão.

Em termos de impactos diretos, e comparativamente com as pastagens naturais, as PPSBRL são mais produtivas, quer superficialmente quer em profundidade. Este aumento de produtividade superficial permite um aumento do encabeçamento, e conseqüente aumento de provisão de serviços de produção (salvaguardando a ocorrência de compactação do solo): em média, o encabeçamento associado às PPSBRL é o dobro daquele das pastagens naturais (Teixeira, 2010). Nos sistemas de PPSBRL, a alimentação dos animais com recurso às espécies vegetais permite uma redução da utilização de alimento concentrado. Quer o aumento do encabeçamento, quer a diminuição da necessidade do uso de alimento concentrado representam benefícios em termos de sustentabilidade económica, quer via aumento da receita, quer diminuição de custo.

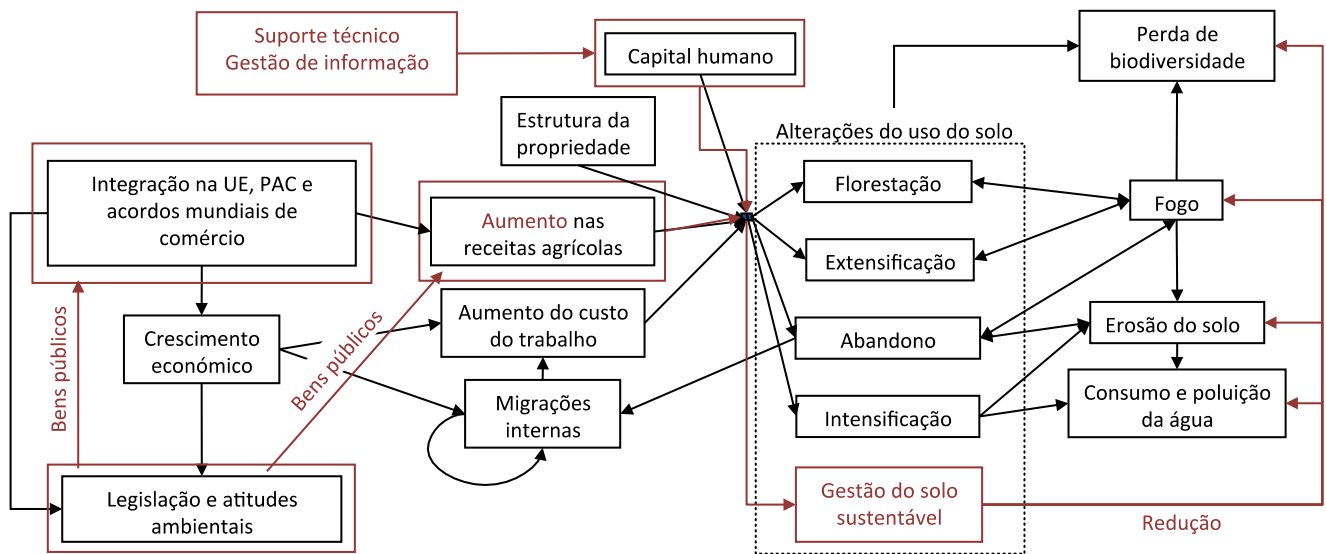


Figura 3 – Efeito da implementação de PPSBRL nos principais promotores de alterações dos ecossistemas agrícolas portugueses (adaptado de Domingos *et al.*, 2009).

Relativamente à produtividade em profundidade, o sistema radicular das espécies vegetais é renovado anualmente e uma maior diversidade de espécies implica uma maior diversidade de sistemas radiculares. Estes efeitos contribuem para o aumento da acumulação da matéria orgânica (Reeder e Schuman, 2002). Solos com maior quantidade de matéria orgânica são mais estáveis, menos suscetíveis à erosão, permitem uma melhor retenção de água e regulação de cheias. O aumento de matéria orgânica no solo implica ainda um aumento de carbono no solo e respetivo sequestro de carbono. Ocorre assim um benefício ambiental e aumento da capacidade de provisão de serviços de ecossistema. Dada a sua importância, a dinâmica de acumulação de matéria orgânica em pastagem é discutida de seguida na secção seguinte.

Dado que as pastagens são ativamente pastoreadas, há menor necessidade de controlo mecânico da vegetação arbustiva, com consequentes vantagens económicas e ambientais. Em termos de sustentabilidade económica, o benefício ocorre via diminuição de custos. Em termos de sustentabilidade ambiental, a redução de operações mecanizadas implica uma menor destruição da estrutura do solo (Basch e Tebrügge, 2001).

Seria expectável que, devido à maior produtividade e consequente aumento de encabeçamento, tivesse lugar um decréscimo da diversidade de aves. Contudo, não foi possível encontrar tal variação. A presença de aves nas pastagens parece estar mais relacionada com fatores externos às pastagens, tais como a presença de árvores, locais de nidificação, cercas ou outras localizações apropriadas. Os resultados podem também ser explicados pelo facto das aves possuírem uma área de atividade muito maior do que a área de estudo das pastagens. No que respeita aos insetos, as PPSBRL mostram um aumento representativo da quantidade de animais. De facto, o aumento da matéria orgânica do solo pode explicar o aumento da microfauna (Henriques *et al.*, 2008).

Os impactos ambientais diretos e indiretos são quantificados de acordo com uma abordagem de

análise de ciclo de vida⁴, comparando o desempenho das PPSBRL com as pastagens naturais. A comparação é aqui efetuada considerando que, numa situação inicial, os terrenos encontram-se em regime de pastagens naturais, sendo o gado alimentado com recurso a concentrado. Para o mesmo terreno, ocorre a transição para PPSBRL, em área suficiente para a manutenção do encabeçamento sem recurso a rações. São analisadas as categorias de impacto que dizem respeito a gases com efeito de estufa, camada de ozono, acidificação, eutrofização, metais pesados, carcinogénicos, *smog* de inverno, *smog* de verão e recursos energéticos. Os impactos ambientais são, então, avaliados para as duas situações, por hectare, tornando possível avaliar a vantagem associada à mudança. Os resultados indicam que a transição de pastagens naturais para PPSBRL apresenta-se como favorável para todas as categorias de impacto analisadas.

De notar que, para dado ano, a transição de pastagens naturais para PPSBRL, em 60 ha, seriam suficientes para suprir os impactos anuais de um cidadão europeu médio (em todas as categorias, exceto a aquela que diz respeito à depleção da camada de ozono). O sistema de PPSBRL foi o ponto fulcral do Projeto Extensity, havendo um acompanhamento do trabalho dos agricultores, com evidentes vantagens em termos sociais, nomeadamente de transmissão e organização de informação.

5.3.3 A dinâmica da matéria orgânica nas pastagens permanentes semeadas biodiversas ricas em leguminosas

Como discutido acima, a uma maior produtividade das PPSBRL encontra-se associado um aumento da matéria orgânica do solo. De acordo com a literatura, os sistemas de pastagens constituem reservas de matéria orgânica particularmente elevadas e estáveis. Guo e Gifford (2002) indicam que as reservas de carbono orgânico diminuem após alteração do uso do solo para práticas agrícolas em cerca de 59%, e aumentam aquando da passagem de agricultura para pastagens em cerca de 19%. Martens *et al.* (2004) mostra que, para sistemas de pastagens imperturbadas há 130 anos, os solos possuíam cerca de 25% mais carbono do que solos agrícolas.

Existem alguns trabalhos publicados que permitem compreender a dinâmica da matéria orgânica no solo de pastagens, nomeadamente de PPSBRL. Six *et al.* (2002) propuseram uma curva assintótica para descrever a variação de carbono orgânico no solo com a entrada de carbono, considerando um limite de saturação para este. West e Six (2007) dedicaram-se ao estudo do ponto de saturação de carbono do solo, argumentando que é possível aumentar o nível de carbono orgânico através da escolha de dadas técnicas de gestão do solo (tais como sementeira directa e aumento de fertilizantes), mas apenas até um dado máximo. Este limite tem lugar quando a taxa de entrada de matéria orgânica no solo iguala a taxa de saída, através da mineralização (respiração do solo). Dada a sua importância na permanência da matéria orgânica no solo, tem lugar uma discussão acesa na literatura acerca dos parâmetros que controlam a taxa de mineralização (Cao *et al.*, 2004; Raich e Tufekcioglu, 2000). Não obstante a controvérsia, de modo geral, o que todos os estudos apontam é que a gestão do solo em pastagens apresenta um elevado potencial para a acumulação estável de matéria orgânica no solo. Esta acumulação encontra-se naturalmente limitada por um limite superior.

4) Análise efetuada sobre toda a “vida” do produto ou processo, desde o seu início (por exemplo, desde a extração das matérias-primas) até o final da vida (quando passa a ser resíduo), passando por todas as etapas intermediárias (manufatura, transporte, uso).

Para o caso português, estudos indicam que, em solos com sistema de PPSBRL há cerca de 10 anos, ocorreu um aumento de 1 a 3% na quantidade de matéria orgânica (Crespo, 2004). Estes valores são suportados por exemplos de aplicação, tal como o que teve lugar na Herdade dos Esquerdos, em Vaiamonte. Nesta herdade, seguindo um programa de instalação de PPSBRL, a concentração de matéria orgânica no solo aumentou de entre 0,7% e 1,2% em 1979 para valores de 1,45% e 4,40 em 2003 (Crespo *et al.*, 2004; Crespo, 2006). Este aumento de matéria orgânica é superior àquele que poderia ser atingido numa pastagem natural, sob qualquer forma de gestão.

Um estudo mais detalhado sobre PPSBRL, elaborado por Teixeira *et al.* (2011), apresenta um modelo que pretende compreender as tendências médias de evolução da concentração de matéria orgânica em pastagens naturais e em PPSBRL, para Portugal. O modelo considera que a variação de matéria orgânica é função do balanço de entradas e saídas, atingindo assintoticamente um equilíbrio a longo prazo. Os resultados indicam que o nível de matéria orgânica no solo, para o estado de equilíbrio, é superior para o sistema de PPSBRL. No período de 10 anos, tem lugar um aumento de 0,19-0,20 g_{matéria orgânica}/100 g_{solo} por ano para o sistema de PPSBRL, e de 0,07-0,08 g_{matéria orgânica}/100 g_{solo} para as pastagens naturais.

O sistema de PPSBRL possui um maior aumento de matéria orgânica devido à fertilização e sementeira, sendo as taxas de mineralização consideradas iguais para todos os tipos de pastagem. Relativamente ao aumento do teor de matéria orgânica associado à sementeira, de notar o facto de que a mistura seleccionada é rica em legumes com variedades seleccionadas e altamente produtivas.

De acordo com o explicado acima, a um aumento da matéria orgânica no solo encontra-se associado um sequestro de carbono. Usando os dados referentes às vendas da Fertiprado, principal empresa de venda da mistura de sementes, é estimado um sequestro de carbono de 3,5 Mt CO₂ no período temporal que vai de 1996 a 2008, devido à alteração de sistemas de pastagens naturais para PPSBRL.

5.3.4 A remuneração dos serviços de ecossistema das pastagens permanentes semeadas biodiversas ricas em leguminosas

O Programa Português de Desenvolvimento Rural, para o período 2007-2013 contribui para os objetivos do Programa Nacional para as Alterações Climáticas, e consequentemente do Protocolo de Quioto, ao incluir uma medida de suporte económico à instalação e manutenção das PPSBRL, mas apenas se estas forem geridas de acordo com as regras da produção integrada e agricultura biológica.

Para além da possibilidade de pagamento através de subsídio há ainda a considerar a hipótese de uma remuneração sobre o produto. De forma a verificar se haveria perceção, por parte do consumidor, de um aumento do valor da carne ao ser produzida em sistemas de PPSBRL, foram conduzidos inquéritos aos consumidores no âmbito do Projeto Extensity. Os resultados indicam que a carne de bovino produzida em modo convencional é a mais consumida, sobretudo devido à difícil acessibilidade a produtos certificados e o preço elevado dos mesmos. Contudo, os consumidores estariam dispostos a pagar um valor mais elevado por carne produzida em sistemas de PPSBRL, uma vez certificada. Esta preferência, devido a restrições orçamentais é previsível que represente uma diminuição do consumo de carne, e é baseada no princípio de maior quali-

dade alimentar, ao invés de motivada por questões de bem-estar animal (Marta-Pedroso *et al.*, 2008; Marta-Pedroso, 2009).

Os agricultores que optem por PPSBRL dispõem, assim, de mecanismos de remuneração associada às práticas agrícolas e por via da valorização dos produtos provenientes destes sistemas de pastagem pelos consumidores. Mas está implementada uma outra via de remuneração associada aos serviços de ecossistema provenientes da instalação e manutenção de PPSBRL com mercado estabelecido, a do sequestro de carbono. Pode dizer-se que a grande divulgação do potencial das PPSBRL no sequestro de carbono deveu-se ao Projeto Extensity acima referido, o qual lançou as bases para a elaboração de contratos de provisão de sequestro de carbono. Destes destaca-se, pelo seu pioneirismo, o contrato de carácter privado estabelecido entre a EDP e a Terraprima, uma empresa spin-off do Instituto Superior Técnico responsável pela gestão de uma pequena propriedade na Cova da Beira com o papel de exploração piloto no Projeto Extensity. O contrato iniciou-se em 2006, prolongando-se até 2012, e tinha por objeto a remuneração de carbono em PPSBRL numa rede de várias propriedades agrícolas. Mais tarde, em 2008, houve o reconhecimento do potencial contributo das PPSBRL para o cumprimento dos objetivos do Programa Nacional para as Alterações Climáticas e dos compromissos assumidos por Portugal no âmbito do Protocolo de Quioto, particularmente no âmbito do artigo opcional 3.4 que respeita à gestão de pastagens. Este reconhecimento traduziu-se, primeiro, no apoio do Programa Português de Desenvolvimento Rural à instalação e à manutenção de PPSBRL no período 2007-2013, mas têm sido, sobretudo, os contratos de provisão públicos celebrados com o Fundo Português de Carbono (FPC) que mais têm contribuído para a expansão deste sistema de pastagens. Mais concretamente os contratos estabelecidos entre o FPC e, mais uma vez, a Terraprima que assim tirou partido da experiência proporcionada pelos anteriores projetos e pela vasta rede de agricultores constituída.

O primeiro contrato entre a Terraprima e o FPC resultou de candidatura à 1ª fase do Programa de Apoio a Projectos no País em 2008, à qual se sucedeu um segundo contrato numa 2ª fase em 2009. Na 1ª fase, o FPC apoiou sementeira de novas áreas de PPSBRL em 2009 e 2010 e a sua correta gestão até 2012. A 2ª fase reporta-se a sementeiras realizadas em 2011 e 2012, com respetiva gestão até 2014. Para além dos contratos estabelecidos diretamente entre o FPC e a Terraprima, existem ainda contratos de provisão de serviço ambiental estabelecidos com os cerca de 500 agricultores envolvidos. A área semeada ao abrigo destes contratos totaliza já cerca de 60.000 ha de PPSBRL, esperando-se que venha a contribuir em 2014 com 1 Mt CO₂.

O Projeto Extensity contribui ainda com uma informação adicional que interessa aqui considerar pelo facto de apontar uma outra via possível para a remuneração de serviços de ecossistemas das PPSBRL, a da remuneração sobre o produto. De forma a verificar se haveria perceção, por parte do consumidor, de um aumento do valor da carne ao ser produzida em sistemas de PPSBRL, foram conduzidos inquéritos aos consumidores. Os resultados indicaram que a carne de bovino produzida em modo tradicional é a mais consumida, sobretudo devido à difícil acessibilidade a produtos certificados e o preço elevado dos mesmos. Contudo, os consumidores estariam dispostos a pagar um valor mais elevado por carne produzida em sistemas de PPSBRL, uma vez certificada.

5.4 Conclusões

O desenvolvimento social e económico associado à transição de um “mundo vazio” para um “mundo cheio” incluiu um significativo ganho de bem-estar humano. Para que tal fosse possível, teve lugar uma utilização dos serviços de ecossistema com consequências negativas em termos ambientais. Estas, podem inviabilizar a capacidade de gerações futuras usufruírem dos serviços de ecossistema, comprometendo, em última análise, o seu desenvolvimento económico e social. Deste modo, uma correta gestão dos serviços de ecossistema é crucial para um desenvolvimento sustentável.

No contexto português, um conjunto de condições socioeconómicas condicionou o setor agrícola e impacto deste na sustentabilidade e capacidade de provisão de serviços de ecossistema. Assim, neste capítulo é analisada a influência nestes de técnicas de gestão de solo em sistemas de pastagens. Nomeadamente é aqui avaliada a transição de sistemas de pastagens naturais para sistemas de pastagens permanentes biodiversas ricas em leguminosas. Em comparação com as primeiras, estas permitem um aumento da matéria orgânica do solo, um maior encabeçamento, são mais produtivas e não requerem adição de fertilizantes azotados.

Solos com teor mais elevado de matéria orgânica possuem uma maior capacidade de provisão de serviços de ecossistemas uma vez que são mais produtivos, menos suscetíveis à erosão, permitem uma melhor retenção de água e regulação de cheias. Associado ao aumento de matéria orgânica no solo encontra-se ainda sequestro de carbono, o qual é remunerado como serviço de ecossistema, contribuindo para a sustentabilidade económica. O aumento do encabeçamento representa não só um benefício para a sustentabilidade económica como permite um aumento na eficácia do controlo arbustivo com potenciais melhorias a nível da sustentabilidade ambiental. A maior produtividade deste sistema permite uma diminuição do uso de alimento concentrado, com incremento na sustentabilidade económica. Uma diminuição da adição de fertilizantes azotados apresenta-se como um benefício em termos de sustentabilidade económica. Contudo, ao ser evitada a sua produção e transporte, ocorre também um aumento de sustentabilidade ambiental. Devido ao acompanhamento prestado aos agricultores, nomeadamente através da transmissão e organização de informação, ocorreu um incremento na sustentabilidade social.

É assim possível concluir que a transição de sistemas de pastagens naturais para pastagens permanente semeadas biodiversas ricas em leguminosas permite não só um aumento na capacidade de provisão de serviços de ecossistema, como aumenta a sustentabilidade ambiental, económica e social.

Referências bibliográficas

- Alves, A. (coord.); Carvalho, N.; Silveira, S.; Marques, J.; Costa, Z. e Horta, A. (2003) - O abandono da actividade agrícola. Lisboa, Ministério da Agricultura do Desenvolvimento Rural e das Pescas.
- Basch, G. e Tebrügge, F. (2001) - The importance of conservation tillage with regard to the Kyoto Protocol. In: Proceedings of the International Meeting on Climate Change and the Kyoto Protocol. Évora, Portugal.
- Bowen, A. (2011) - The case of carbon pricing. Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment; Londres, Centre for Climate Change Economics and Policy.
- Brundtland, G.; Khalid, M.; Agnelli, S.; Al-Athel, S.; Chidzero, B.; Fadika, L.; Hauff V.; Lang, I.; Shijun, M.; Botero, M.; Singh, N.; Nogueira-Neto, P.; Okita, S.; Ramphal, S.; Ruckelshaus, W.; Sahnoun, M.; Salim, E.; Shaib, B.; Sokolov, V.; Stanovnik, J.; Strong, M. e MacNeill, J. (1987) - Our common future. The world commission on environment and development. Oxford, Oxford University Press.
- Cao, G.; Tang, Y.; Mo, W.; Wang, Y.; Li, Y. e Zhao, X. (2004) - Grazing intensity alters soil respiration in an Alpine meadow and on the Tibetan plateau. *Soil Biology & Biochemistry*, vol. 36, p. 237-243.
- Correia, T. P. (coord); Breman, B.; Jorge, V. e Dneboská, M. (2006) - Estudo sobre o abandono agrícola em Portugal Continental-Análise das dinâmicas da ocupação do solo, do sector agrícola e da comunidade rural-Tipologia de áreas rurais. Évora, Universidade de Évora.
- Costanza, R.; Cumberland, J.; Daly, H.; Goodland, R. e Norgaard, R. (1997) - An introduction to ecological economics. Florida, St. Lucie Press.
- Crespo, D. (2006) - The role of pasture improvement in the rehabilitation of the “montado/dehesa” system and in developing its traditional products. In: EAAP Publication nº 119, Proceedings of the Conference “Animal products from the Mediterranean area”. Santarém, Portugal, p. 185-195.
- Crespo, D.; Barradas, A.M.C.; Santos, P.V. e Carneiro, J.P.G.; (2004) - Sustainable improvement of Mediterranean pastures. Apresentação de poster. EGF2004 General Meeting, “Land use systems in grassland dominated regions”. Luzern, Switzerland.
- de Varennes, A. (2003) - Produtividade dos solos e ambiente. Lisboa, Escolar Editora.
- Domingos, T.; Sequeira, E.; Magalhães, M.; Valada, T.; Vicente, L.; Martins, H. e Ferreira, M. (2009) - Promotores de alterações nos ecossistemas. In: Pereira, H.; Domingos, T.; Vicente, L.; Proença, V. (Eds.) *Ecossistemas e bem-estar humano: avaliação para Portugal do Millennium Ecosystem Assessment*. Lisboa, Escolar Editora, p. 57-89.
- EEA (2003) - Assessment and reporting on soil erosion. Background and workshop report. Technical report 94. Copenhaga, Agência Europeia do Ambiente.
- EEA (2004) - Reports of the technical working groups, established under the thematic strategy for soil protection, Volume III, Organic matter. Van-Camp, L.; Bujarrabal, B.; Gentile, A.; Jones, R.; Montanarella, L.; Olazabal, C.; Selvaradjou, S. (Edt). Copenhaga, Agência Europeia do Ambiente.
- EEA/JRC (2010) - The European environment – State and outlook 2010: Soil. Copenhaga, Agência Europeia do Ambiente.
- FAO/CIHEAM (2008) - Sustainable Mediterranean grasslands and their multi Functions. Options Méditerranéennes, Série A: Séminaires Méditerranées, nº79. Roma, Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Fernandes, M. (2005) - Abandono agrícola: um problema de segurança e defesa nacionais. Série

de estudos e documentos, Documento nº 11. Lisboa, Gabinete de Planeamento e Política Agro-Alimentar.

- Guo, L. e Gifford, R. (2002) - Soil carbon stocks and land use change: a meta analysis. *Global Change Biology*, vol. 8, p. 345-360.
- Haberl, H.; Erb, K.; Krausmann, F.; Gaube, V.; Bondeau, A.; Plutzer, C.; Gringrich, S. e Lucht, W. (2007) - Quantifying and mapping the human appropriation of net primary production in earth's terrestrial ecosystems. *PNAS*, vol. 104, p. 12942-12947.
- Henriques, I.; Marques, C. e Alcazar, R. (2008) - Monitorização da biodiversidade nas quintas-Piloto. Tarefa 5, Relatório final. Projecto Extensivity – Sistemas de Gestão Ambiental e de Sustentabilidade na Agricultura Extensiva. Castro Verde, Liga para a Protecção da Natureza.
- INAG (2005) - Relatório síntese da caracterização das regiões hidrográficas prevista na Directiva Quadro da Água. Lisboa, INAG/MAOTDR.
- INE (2011a) - Recenseamento agrícola 2009 – Análise dos principais resultados. Lisboa, Instituto Nacional de Estatística.
- INE (2011b) - O Uso da água na agricultura 2011. Lisboa, Instituto Nacional de Estatística.
- Jeffery, S.; Gardi, C.; Jones, A.; Montanarella, L.; Marmo, L.; Miko, L.; Ritz, K.; Peres, G.; Römbke, J. e van der Putten, E. (Eds.) (2010) - European atlas of soil biodiversity. Luxemburgo, European Commission, Publications Office of the European Union.
- Koulouri, M. e Giourga, Chr. (2007) - Land abandonment and slope gradient as key factors of soil erosion in Mediterranean terraced lands. *Catena*, 69, p. 274-281.
- Magalhães, M. (2001) - A Arquitectura paisagista: morfologia e complexidade. Lisboa, Editorial Estampa.
- Marta-Pedroso, C.; Marques, G. e Domingos, T. (2008) - Can the guaranteed sustainability label play a role in implementing sustainable agriculture? A report from Portugal. Apresentação oral. ACES Conference, a Conference on Ecosystem Services. Naples, USA.
- Marta-Pedroso, C. (2009) - Avaliação das preferências e efeitos da restrição orçamental no consumo de carne de bovino com Sustentabilidade Garantida. Apresentação oral. Seminário “Territórios Sustentáveis”. Lisboa, Portugal.
- Martens, D.; Reedy, T. e Lewis, D. (2004) - Soil organic carbon content and composition of 130-year crop, pasture and forest land-use managements. *Global Change Biology*, vol. 10, p. 65-78.
- Merlo, M. e Croitoru, L. (2005) - Valuing Mediterranean forests. Towards total economic value. Londres, CABI Publishing.
- Millennium Ecosystem Assessment (2005) - Ecosystems and human well-being: Synthesis. Washington, D.C., Island Press.
- Ongley, E. (1996) - Control of water pollution from agriculture – FAO irrigation and drainage paper 55. Roma, Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Pereira, J.; Correia, A.; Correia, A. e Borges, J. (2009a) - Floresta. In: Pereira, H.; Domingos, T.; Vicente, L.; Proença, V. (Eds.) *Ecosistemas e bem-estar humano: avaliação para Portugal do Millennium Ecosystem Assessment*. Lisboa, Escolar Editora, p. 183-211.
- Pereira, H.; Domingos, T.; Vicente, L. e Proença, V. (Eds.) (2009b) - *Ecosistemas e bem-Estar humano: avaliação para Portugal do Millennium Ecosystem Assessment*. Lisboa, Escolar Editora.
- Pereira, J. S.; Pereira J. M.; Rego, F.; Silva, J. e Silva, T. (Eds.) (2006) - *Incêndios florestais em*

- Portugal. Caracterização, impactes e prevenção. Lisboa, ISA Press.
- Raich, J. e Tufekcioglu, A. (2000) - Vegetation and soil respiration: correlations and controls. *Biogeochemistry*, vol. 48, p. 71-90.
- Reeder, J. D. e Schuman, G. E. (2002) - Influence of livestock grazing on C sequestration in semi-arid mixed-grass and short-grass rangelands. *Environmental Pollution*, vol. 116, p. 457-463.
- Silva, J.; Deus, E. e Saldanha, L. (eds.) (2008) - Incêndios florestais 5 anos após 2003. Lisboa, Liga para a Protecção da Natureza, Autoridade Florestal Nacional.
- Six, J.; Conant, R.; Paul, E. e Paustian, K. (2002) - Stabilization mechanisms of soil organic matter: implications for C-saturation of soils. *Plant and Soil*, vol. 241, p. 155-176.
- Teixeira, R. (2010) - Sustainable land uses and carbon sequestration: the case of sown biodiverse permanent pastures rich in legumes. Dissertação de doutoramento. Lisboa, Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior Técnico.
- Teixeira, R.; Domingos, T.; Costa, A.; Oliveira, R.; Farropas, L.; Calouro, F.; Barradas, A. e Carneiro, J. (2011) - Soil organic matter dynamics in Portuguese natural and sown rainfed grasslands. *Ecological Modelling*, vol. 222, p. 993-1001.
- Trumbore, S. e Czimczik, C. (2008) - An uncertain future for soil carbon. *Science*, vol. 321, p. 1455-1456.
- West, T. e Six, J. (2007) - Considering the influence of sequestration duration and carbon saturation on estimates of soil carbon capacity. *Climate Change*, vol. 60, p. 25-41.

CAPÍTULO

6

Sistemas de produção animal em regiões de montanha em Portugal

Marina Castro

Resumo

Neste trabalho descrevem-se os sistemas de produção animal extensivos representativos das regiões de montanha do Norte de Portugal, ou seja, os sistemas de pastoreio de Percurso, Livre pastoreio e Transumância. Considerando os recursos naturais, particularmente genéticos e territoriais, que estão na base do desenvolvimento dos sistemas descritos, enfatiza-se a necessidade de os preservar como meio de conservação do património genético e paisagístico. Analisa-se a situação das raças autóctones. Discutem-se as externalidades e fragilidades destes sistemas no quadro da Política Agrícola Comum, assim como as medidas propostas para as mitigar.

Marina Castro (✉)

Centro de Investigação de Montanha (CIMO) e Escola Superior Agrária
Instituto Politécnico de Bragança, Campus de Santa Apolónia, 5300-253 Bragança
Email: marina.castro@ipb.pt

6.1 Introdução

A produção mundial de produtos de origem animal (carne, leite e ovos) tem vindo a centrar-se num reduzido número de raças de alto rendimento, que apenas expressam todo o seu potencial quando exploradas em sistemas de produção do tipo industrial. A intensificação do processo produtivo foi motivada pelo aumento da procura de produtos de origem animal e facilitada pelos avanços da genética, tecnologias de produção e globalização na circulação de todo o tipo de *inputs* agronómico/pecuários.

A intensificação e a industrialização contribuíram tanto para elevar o rendimento da produção animal como para alimentar a crescente população humana. Contudo, este processo não é isento de impactos negativos na conservação da diversidade biológica, quer de forma direta nos recursos genéticos animais quer de forma indireta nos ecossistemas e paisagens de reconhecido valor natural. Desde finais do século passado que é amplamente reconhecida a necessidade de traçar políticas destinadas a minimizar a perda potencial da diversidade dos recursos genéticos animais.

Apesar da utilização universal da terminologia, não é fácil, em absoluto, definir o que se entende por sistemas de produção intensiva ou extensiva, de forma isolada, podendo as evoluções ou relativizações, ser qualificadas sem ambiguidade (Landais e Balent, 1995). O conceito de intensificação, de origem microeconómico, está diretamente ligado ao de substituíbilidade de fatores de produção (Bonnieux, 1986).

Neste contexto, um sistema de produção animal seria tanto mais intensivo quanto menos adaptado (dependente) estivesse aos fatores ecológicos do meio sobre os quais se desenvolve. É mais extensivo quanto mais ajustado e menos dependente de fatores de produção extrínsecos. Conhecemos hoje toda uma gama de sistemas de exploração de recursos que vão desde a itinerância na busca de recursos alimentares presente em algumas zonas de África, até aos sistemas ditos industriais feitos na ausência de terra, caso das explorações intensivas de monogástricos, designadamente aves e suínos.

Os sistemas extensivos caracterizam-se pelo baixo consumo de *inputs* agronómicos e/ou veterinários e procura constante de regulações/ ajustamentos internos, ou seja, uma rentabilidade baseada em baixos consumos de capital, mantendo a produtividade em níveis aceitáveis. O cerne dos sistemas extensivos é a procura de rusticidade, a busca da produtividade apenas surge em fases posteriores, correspondendo esta, a uma intensificação paulatina dos sistemas.

O desenvolvimento da pastorícia extensiva nas regiões menos favorecidas, a coincidência dos sistemas extensivos com o efetivo das raças autóctones, e o seu desenvolvimento assente em formas ancestrais de pastoreio como sejam Transumância, Livre pastoreio, Pastoreio de Percurso, etc., encontra portanto justificação num dos dois extremos dos modelos de produção -- o **extensivo**, onde se procura rusticidade, segurança, por oposição ao **intensivo**, onde a busca é pela produtividade e rentabilidade.

Em Portugal, os sistemas de produção animal extensivos são, portanto, mais expressivos nas regiões de Trás-os-Montes, Beira Interior, Ribatejo, Alentejo e parte do Algarve e Minho (zonas serranas) englobando, as áreas de pastoreio de montanha, planalto, montado e restolhos de cereais (Roquete, 2004).

Neste trabalho serão objeto de análise, os sistemas de produção animal associados às zonas de montanha (terras a cota superior a 700 m), considerando o critério definido por Aguiar *et al.* (2010). De acordo com os autores, este limite, além de ser um critério inequívoco, está amplamente relacionado com as condições climáticas e, naturalmente, com as opções produtivas. A operacionalização do conceito de montanha assim definido implica a inclusão de algumas superfícies planálticas, Planalto de Miranda e Planalto da Beira Interior, como zonas de montanha.

6.2 As opções produtivas das zonas de montanha

As alternativas produtivas nas zonas de montanha mediterrânica sempre foram escassas, devido às suas limitações abióticas. As baixas temperaturas inverniais associadas à *secura* estival restringem a atividade agrícola de maior rentabilidade. Também a reduzida qualidade dos solos, própria de processos erosivos naturais, potenciam os seus *handicaps* naturais. Por outro lado, estas regiões estiveram historicamente submetidas a um forte isolamento que naturalmente também dificultava as trocas comerciais e obrigava à autossustentação (Castro, 2004).

No entanto, ao longo da história, as comunidades rurais de montanha alcançaram formas de exploração agrícola muito equilibradas e compatíveis com as possibilidades que o meio oferece. Imitando em muitas ocasiões, o que ocorria na natureza, as populações humanas souberam tirar partido de um território de recursos naturais frágeis, elegendo formas de gestão comunitária e proporcionando produções de fácil armazenamento.

Gómez Sal (1988) sublinha que as culturas agrárias tradicionais funcionaram com um sentido ecológico adaptado às características concretas do meio. Na sua opinião, o traço mais marcante da agricultura a que chamamos tradicional, seria provavelmente, a coincidência que existiria entre as limitações ambientais e a existência de um capital que não se podia desperdiçar. Na mesma linha, Díaz-Pineda (1993; 1996) refere-se ao mundo mediterrânico como paradigma de culturas que otimizaram a produção agrícola, ao mesmo tempo que conservaram uma elevada diversidade de plantas, animais, paisagens, tornando possível a persistência de espécies emblemáticas e espaços naturais agrestes. Concluindo, estas culturas foram hábeis em desenvolver sistemas de usos compatíveis com a ideia moderna de desenvolvimento sustentável.

A grande complexidade dos sistemas de usos de recursos nestas regiões não foi compreendida nem valorizada durante muito tempo. A aplicação de políticas agrárias, por vezes, pouco adaptadas ao contexto rural provocou desequilíbrios difíceis de superar (Castro e Castro, 2003). Entre elas, sobressaem o estímulo ao incremento da produção cerealista em ambientes de limitados recursos edáficos – campanha do trigo a partir de 1929, a Política coerciva de povoamento florestal de terrenos comunitários – os baldios – abundantes nas regiões de montanha, a partir de 1938. À época, a florestação dos baldios, obrigou à emigração massiva de diversas comunidades rurais.

Mais tarde, com a integração de Portugal na União Europeia, a tendência para a aplicação de políticas pouco adaptadas ao contexto socioeconómico aumenta. Portugal, à época, apresenta algumas debilidades na busca de soluções para a montanha, pelo que adapta frequentemente soluções alóctones. Com o passar dos anos, os modelos importados (raças exóticas, substituição das raças de bovinos de carne por leite, utilização de variedades vegetais mais produtivas não adaptadas, florestações desordenadas e insustentáveis) não resultaram, sendo abandonadas,

enquanto os sistemas tradicionais paulatinamente se desmoronavam, sem qualquer esforço de atualização, melhoramento ou adaptação aos novos tempos. São exemplo os sistemas tradicionais pastoris que ainda hoje se continuam a apoiar em formas de trabalho com reduzida viabilidade social no presente.

As comunidades rurais tiveram tradicionalmente regras muito claras na utilização do espaço. Num contexto de escassos recursos, o respeito pelos saberes ancestrais e pela organização secular era a regra, e como exemplos podemos citar, os caminhos por onde circulava o gado, a cultura de cereal em folhas de ano e vez, o trabalho comunitário, os rebanhos comunitários ou as vezeiras, entre outros. Com a depauperação e despovoamento das sociedades rurais, estas condições alteraram-se profundamente. Por outro lado, a ausência de políticas agrárias consistentes agravou a problemática do ordenamento do território, incrementando as dificuldades para as atividades que ainda persistem, como por exemplo, para a pecuária extensiva (Castro 2008).

Para que alguns dos sistemas de uso tradicional dos recursos se possam manter nas regiões de montanha, são precisas intervenções de cúpula, intervindo para restaurar a organização agrária do território, recreando mecanismos de coordenação de atividades produtivas e promovendo políticas ativas dirigidas à viabilidade social. As soluções devem ser encontradas no próprio meio onde se desenvolvem. O programa *Leader* que tem por objetivo fomentar a emergência e o ensaio de novas abordagens do desenvolvimento integrado e sustentável, insere-se precisamente nesta filosofia. A compatibilidade entre a conservação da natureza e a melhoria das condições de vida das populações locais, é um eixo central da Política de Desenvolvimento Rural da União Europeia para as regiões de montanha.

6.3 As externalidades dos sistemas de produção extensiva

A importância dos sistemas de produção animal extensivos superam largamente os aspetos económicos. A sua relevância em termos culturais, sociais e ecológicos é enorme e amplamente reconhecida. A pastorícia é uma das práticas mais antigas da Humanidade, o seu legado cruza usos e costumes, vocabulário, artesanato, formas de arquitetura popular, identidade e memória coletiva Mediterrânica, ligada à cultura dos povos pastores. Destacaríamos também, as raças autóctones como elementos centrais dos sistemas de produção extensiva e fazendo parte integrante do património histórico e cultural do país (Telo da Gama, 2004).

As raças autóctones têm uma capacidade única para valorizar condições ambientais muitas vezes adversas e restritivas, utilizando recursos naturais inadequados para outros genótipos mais exigentes. Assim, os sistemas extensivos contribuem para a fixação das populações rurais em regiões desfavorecidas, podendo mesmo ser entendidos como âncoras socioeconómicas. A atividade pastoril constitui uma forma única de exploração de extensas áreas do nosso território porque permite a concentração da produção primária dispersa e a sua conversão em fontes proteicas de origem animal.

Do ponto de vista ecológico, a importância da pastorícia extensiva é crucial na conservação de numerosos processos, estruturas, espécies, entre outras formas de biodiversidade. O seu papel na conservação das raças autóctones parece hoje ser inequívoco e determinante (Castro *et al.*, 2003, Telo da Gama, 2004, FAO 2010). De acordo com o relatório de 2010 da FAO sobre a si-

tuação dos recursos genéticos no mundo, entre as várias ameaças à diversidade genética animal, considera-se como mais significativa, a marginalização de sistemas tradicionais de produção e das raças locais conexas, motivada, sobretudo, pela rápida expansão da pecuária intensiva. Também o seu papel na eliminação dos combustíveis e consequente redução do risco de incêndio (Mosquera-Losada *et al.* 2006; Castro 2008) é hoje amplamente aceite, falando alguns autores de herbivoria prescrita ou pastoreio alvo ou direcionado (Ruiz-Mirazo *et al.*, 2011).

O abandono e simplificação dos usos agrícolas, e consequentemente a perda de identidade e funcionalidade da paisagem cuja transformação a partir da década de setenta e especialmente nas zonas de menor produtividade / desfavorecidas, ocorre de forma caótica (Gómez Sal *et al.*, 1994). As consequências negativas do abandono rural sobre a biodiversidade e paisagem, foi evidenciada por vários investigadores (Gómez Sal, 1997; Pinto-Correia, 2000; Castro 2004; La-santa-Martínez *et al.*, 2005; Peco *et al.*, 2006).

6.4 A pastorícia extensiva e a PAC

A aplicação da Política Agrícola Comum (PAC) aos sistemas agrícolas nacionais cedo revelou a incapacidade que estes tinham para competir com os obtidos em moldes de produção mais intensivos. Esta fragilidade não é exclusiva de Portugal sendo transversal à generalidade dos produtos oriundos da agricultura mediterrânica. Os sistemas de produção animal extensivos carecem de ser valorizados de formas distintas, evidenciando a sua diferença relativamente a sistemas de produção massiva, reconhecendo as suas externalidades e peculiaridades.

A PAC, na sua origem, tinha como missão garantir o abastecimento alimentar, promovendo o crescimento rápido da produção e assegurando o rendimento aos agricultores, num quadro de forte proteção externa. As primeiras dificuldades da PAC surgem com os excedentes agrícolas e com os inerentes custos associados aos mesmos. A evolução do peso do Fundo Europeu de Orientação e Garantia Agrícola (FEOGA) no orçamento da UE torna-se insustentável (passando de 8.5% em 1965 para 45% em 2012, tendo atingido o pico de 72% do orçamento da União em 1984) (União Europeia http://ec.europa.eu/agriculture/50-years-of-cap/history/index_pt.htm). Em 1984, são impostos limites das quotas leiteiras como primeira medida para reduzir os excedentes.

Em 1992, no âmbito de uma profunda reforma da PAC, passa-se do apoio ao mercado para o apoio ao produtor. A redução substancial dos preços de garantia e das proteções na fronteira são compensadas com ajudas diretas aos produtores (baseadas nas áreas anteriormente cultivadas ou no efetivo pecuário).

A reforma de 1992 originou uma descida de cerca de 30% dos preços comuns dos cereais, nivelando-os pelos do mercado mundial, compensando a perda de rendimento dos agricultores com a atribuição de uma ajuda designada de **compensatória**; o setor do leite e a produção de carne de bovino também viram os seus preços reduzidos (Cit. por Nobre 2009). Segundo o mesmo autor, as ajudas e os prémios foram condicionados, para os produtores profissionais, à prática de normas culturais tendentes à redução das produções (o caso do “*set-aside*” nos cereais) ou à extensificação (impondo um limite máximo do encabeçamento por hectare de pastagem, no caso

dos bovinos). Os preços começaram a desempenhar mais a sua função reguladora do mercado, cabendo às ajudas diretas, a função de sustentação dos rendimentos dos agricultores (comunicação pessoal, <http://www.carloscoelho.eu>).

Nas questões da qualidade e segurança alimentar são tomadas medidas para proteger e promover produtos alimentares tradicionais e regionais, implementando-se normas de bem-estar animal, etc. A reforma de 1992 atribuiu aos agricultores, novas responsabilidades como a de cuidarem do meio natural e sua biodiversidade. Reconhece-se portanto, o papel dos agricultores na conservação da natureza, abrindo-se assim uma janela de oportunidade sobre o seu rendimento. Em 2000, o âmbito da PAC alarga-se de modo a incluir o pilar do desenvolvimento rural e é esta nova vertente que pode constituir uma nova oportunidade para os sistemas extensivos e em particular para a pastorícia extensiva.

Em 2003, a reforma da PAC suprime o vínculo existente entre subvenções e produção. A ideia é estimular os agricultores a recentrarem-se em termos de mercado e não de subsídios. Uma das principais críticas ao sistema dissociado de ajudas diretas é o risco de abandono da produção, tendo em conta que o novo sistema permite que os agricultores recebam as ajudas sem serem obrigados a produzir (Direção Regional de Agricultura e Pescas do Centro – DRAP, <http://www.drapc.minagricultura.pt>).

O Financiamento da PAC no período 2007-2013 foi assegurado por dois fundos, que substituíram o FEOGA: o Fundo Europeu Agrícola de Garantia (1º Pilar FEAGA), que suporta a Política de Mercados - Pagamento único e Outras medidas de mercado e o Fundo Europeu Agrícola de Desenvolvimento Rural (2º Pilar FEADER), que suporta a Política de Desenvolvimento Rural. O FEADER é composto por 3 eixos: o Eixo 1, dedicado à Competitividade da agricultura e das florestas; o Eixo 2 ao Ambiente e gestão do território; e o Eixo 3 centrado na diversificação da economia e melhoria da qualidade de vida em meio rural (comunicação pessoal, <http://www.carloscoelho.eu>).

No que respeita ao 1º Pilar da PAC, a atividade pastoril extensiva não tem qualquer voz, nem capacidade de influenciar, as decisões que a afetam diretamente, dado o seu peso económico e social relativamente marginal. Apesar dos esforços empreendidos ao longo do processo de discussão do quadro estratégico 2014-2020 (p.e., *European Forum on Nature Conservation and Pastoralism*, *Pastores por el Monte Mediterráneo*, *Federación Estatal de Pastores*), os constrangimentos para participar na discussão das regras de aplicação do desligar da produção às ajudas, permaneceram devido ao limitado e reduzido peso desta atividade económica. O desenvolvimento da pastorícia extensiva carece de uma atenção similar a que é dada a determinados setores agrícolas de relevância na União Europeia (por ex. cereais, leite, etc.). Porém, a prática tem sido, a concentração nas atividades com dimensão e peso económico.

É no segundo pilar da PAC que a pastorícia extensiva encontra mais respostas. No eixo 1, do Regulamento de Desenvolvimento Rural (RDR), oferece-se possibilidades de intervenção diversificadas e complementares para a inovação e o investimento na modernização (Pastomed, 2007); o eixo 2, para a compensação das desvantagens naturais e para as políticas proativas agroambientais a aplicar na gestão dos espaços naturais através da pastorícia; o eixo 3, respeitante à qualidade de vida em meio rural e à diversificação da economia rural, inclui várias medidas que

interessam à modernização e à adaptação das explorações de criação animal em pastoreio nas zonas mediterrâneas (Pastomed, 2007).

Com vista a reforçar a competitividade económica e ecológica, foram negociadas propostas de reforma da PAC para o período 2014-2020, integrando um conjunto de medidas no âmbito da gestão dos mercados, dos pagamentos diretos e do desenvolvimento rural que poderão vir a ter um impacto significativo sobre a agricultura e o meio rural da UE-27 em geral, e de Portugal em particular. Entre os pontos essenciais da reforma, distinguem-se como mais interessantes para a pastorícia, “um pagamento ecológico para preservar a produtividade a longo prazo e os ecossistemas”, o incentivo das medidas agroambientais para “tomar melhor em conta as zonas frágeis”, “uma PAC mais simples e eficaz” e “instrumentos de gestão de crise mais reativos e bem adaptados para superar os novos desafios económicos (União Europeia).

A proposta de regulamento do Fundo Europeu Agrícola de Desenvolvimento Rural (FEADER), para o horizonte 2014-2020, inclui medidas que podem ser muito interessantes para a dinamização da atividade pecuária extensiva. Por exemplo, os pagamentos a título das medidas agroambientais e climáticas devem continuar a desempenhar um papel preponderante no apoio ao desenvolvimento sustentável das zonas rurais e na resposta à procura crescente de serviços ambientais por parte da sociedade. Neste contexto, deve ser prestada especial atenção à preservação dos recursos genéticos na agricultura e às necessidades dos sistemas agrícolas de elevado valor natural. Os pagamentos destinados aos agricultores nas zonas de montanha ou noutras zonas sujeitas a condicionantes naturais ou outras condicionantes específicas devem contribuir, através do incentivo a uma utilização continuada das terras agrícolas, para a manutenção da paisagem rural e a conservação e promoção de sistemas agrícolas sustentáveis. Para assegurar a eficácia deste apoio, os pagamentos devem compensar os agricultores pela perda de rendimentos e pelos custos adicionais resultantes das desvantagens da zona em questão.

A fim de assegurar uma utilização eficaz dos fundos e a igualdade de tratamento dos agricultores da União, há que definir, segundo critérios objetivos, as zonas de montanha e as zonas sujeitas a condicionantes naturais ou outras com condicionantes específicas. Atualmente, os agricultores estão cada vez mais expostos a riscos económicos e ambientais em consequência das alterações climáticas e da maior volatilidade dos preços. Neste contexto, a gestão eficaz dos riscos assume uma importância acrescida para os agricultores.

No segundo pilar da PAC relativo ao desenvolvimento rural destacam-se como medidas interessantes, a “manutenção da atividade em zona desfavorecida” (Zonas desfavorecidas e regiões com condicionantes ambientais) “valorização dos modos de produção” (alteração dos modos de produção agrícola, a proteção da biodiversidade doméstica) e as “intervenções territoriais integradas” (ITI Peneda-Gerês, ITI Montesinho-Nogueira, ITI Douro Internacional, ITI Serra da Estrela).

A manutenção da atividade em zona desfavorecida é particularmente interessante uma vez que as zonas de montanha, por definição, se encontram nesta situação. Também no que se refere a outras condicionantes ambientais, como por exemplo a rede natura, há naturalmente uma coincidência extensa entre umas e outras. Por exemplo, a Norte do tejo, destacamos: As medidas agroambientais (Reg. CEE n° 2078/92) que visam apoiar os criadores de raças autó-

tones inscritas em Livro Genealógico e que se comprometam a explorá-los em linha pura. Estas medidas visam conservar o património genético nacional e o valor da ajuda depende do grau de ameaça em que se encontra a raça, que vai desde rara (particularmente ameaçada) a não ameaçada (Quadro 1). De acordo com FAO (2010), uma raça é considerada em risco de abandono quando o número de fêmeas reprodutoras, se reduz a um limiar inferior a 7500 nos bovinos e 10000 nos ovinos e caprinos.

Quadro 1 – Classificação das raças de pequenos e grandes ruminantes de acordo com o grau de ameaça

Espécie	Raça	Risco de Extinção	Montante das ajudas (CN)
Bovinos	Cachena	Muito ameaçada	170
	Mirandesa	Ameaçada	110
	Maronesa	Ameaçada	110
	Barrosã	Em risco	90
Ovinos	Churra Badana	Rara	200
	Mondegueira	Muito ameaçada	170
	Churra Galega Mirandesa	Ameaçada	110
	Churra Galega Bragança	Em risco	90
Caprinos	Bravia	Em risco	90
	Preta Montesinho	Ainda não referenciada	

As raças Serrana (caprinos), Churra da Terra Quente e Serra da Estrela (ovinos) possuem atualmente um efetivo estável e sustentável.

6.5 Sistemas alternativos de valorização dos produtos

A valorização dos produtos pela via institucional teve como objetivo a preservação dos sistemas tradicionais, ao salvaguardar e promover a genuinidade dos modelos de agricultura extensiva de regiões desfavorecidas, promovendo um produto animal específico, de qualidade e de valor acrescentado, de forma a satisfazer não um mercado global, mas um setor de consumidores altamente exigentes e dispostos a pagar o preço justo pelos produtos que possuam as características que mais valorizam (Cit. por Ramos, 2008).

Inclui três tipologias: a Denominação de Origem Protegida (DOP), a Indicação Geográfica Protegida (I.G.P.) e a Especialidade Tradicional Garantida (E.T.G.). No âmbito dos Regulamentos (CEE) N° 2081/92 e (CE) N° 510/2006 do Conselho, entende-se por **Denominação de Origem Protegida**, o nome de uma região, de um local determinado ou, em casos excepcionais, de um país, que serve para designar um produto agrícola ou um género alimentício originário dessa região, desse local determinado, ou desse país e cuja qualidade ou características se devem essencial ou exclusivamente ao meio geográfico, incluindo fatores naturais e humanos, e cuja produção, transformação e elaboração ocorrem na área geográfica delimitada (JO, N° L 93/14/92, 31/03/2006).

Por **Indicação Geográfica Protegida** entende-se o nome de uma região, de um local determinado, ou, em casos excepcionais, de um país, que serve para designar um produto agrícola ou um género alimentício originário dessa região, desse local determinado ou desse país e cuja reputação, determinada qualidade ou outra característica podem ser atribuídas a essa origem geográfica.

fica e cuja produção e/ou transformação e/ou elaboração ocorrem na área geográfica delimitada (JO, N° L 93/14/92, 31/03/2006).

Nas Figuras 1 e 2 mostram-se os produtos DOP e IGP resultantes de animais de raças autóctones puras ou do seu cruzamento, criados em sistemas de produção extensivo associados às regiões de montanha em análise neste trabalho.

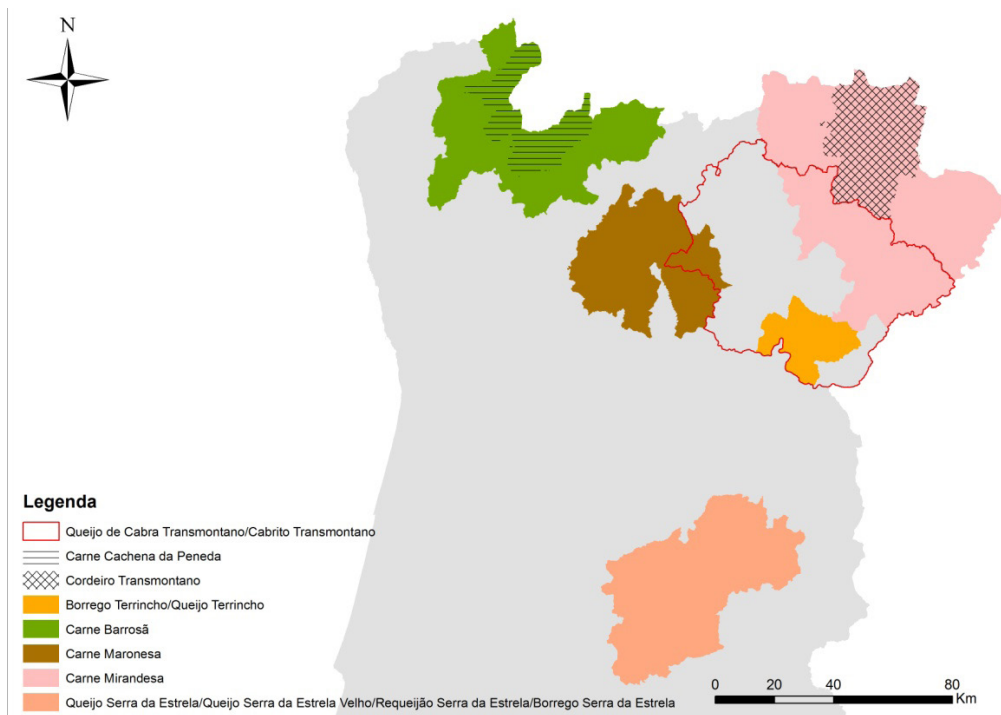


Figura 1 – Produtos DOP gerados pelos sistemas em análise.

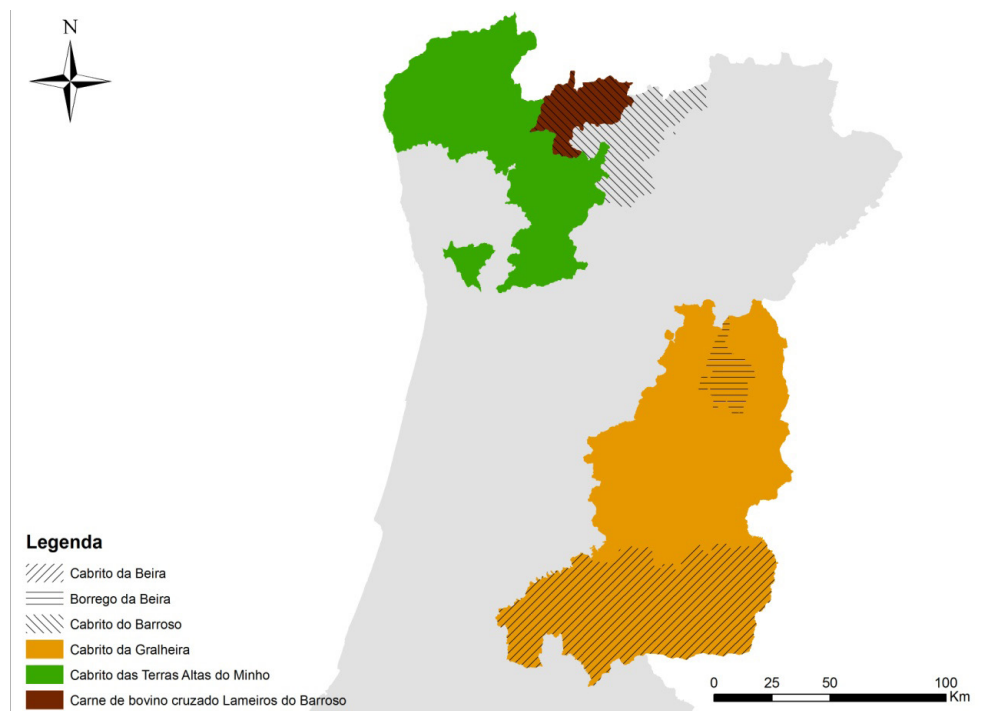


Figura 2 – Produtos IGP gerados pelos sistemas em análise.

Por *Especialidade Tradicional Garantida* (ETG) entende-se qualquer produto agrícola ou género alimentício tradicional que beneficie do reconhecimento da sua especificidade pela União Europeia, por intermédio do seu registo em conformidade com o disposto no Regulamento (CE) nº 509/2006 (JO N.º L 093, 31/10/2006). Para figurar no registo, o produto agrícola ou de um género alimentício deve ser produzido a partir de matérias-primas tradicionais, ou caracterizar-se por uma composição tradicional ou um modo de produção e/ou de transformação que reflita o tipo de produção e/ou de transformação tradicional (JO N.º L 093, 31/10/2006).

Em Portugal, e desde 1994, beneficiam das qualificações DOP, IGP e ETG, cerca de 120 produtos, dos quais cerca de 70% registam presença regular no mercado (Cit. por Baptista e Tibério, 2008). Com estas qualificações, espera-se introduzir um elemento de diferenciação dos produtos no mercado e o seu reconhecimento e valorização, por segmentos específicos de consumidores. No entanto, salvo raras exceções, os seus volumes de produção são pouco significativos relativamente ao seu potencial de produção e relativamente ao setor em que se inserem.

A valorização pela via institucional, onde se enquadra a qualificação dos produtos (DOP, IGP, ETG), é uma estratégia de proteção interessante, mas como referem Baptista e Tibério (2008), por si só insuficiente para acrescentar, em muitos casos, mais-valias para os produtores. Há que encontrar formas de comercialização destes produtos mais eficazes.

De facto, as zonas de montanha apresentam elevado potencial de produção de produtos de qualidade, mas continuam com fortíssimos problemas de comercialização aparentemente inultrapassáveis. São territórios de elevada especificidade e produzem uma diversidade grande de produtos em pequena escala. Baptista e Tibério (2008), para territórios similares, propõem como estratégias de valorização, intervenções ao longo da fileira produtiva, ou seja, recorrer a um conjunto de ações integradas e complementares entre si nos domínios da organização da oferta, estímulo da transformação, promoção da aproximação ao mercado, comunicação e promoção.

6.6 Situação atual das raças envolvidas

As áreas de dispersão das raças de caprinos, ovinos e bovinos dos sistemas de produção considerados encontram-se na Figura 3.

6.6.1 Caprinos

A raça **Serrana**, de aptidão predominantemente leiteira, encontra-se amplamente distribuída pelo País com particular incidência a Norte do Tejo, possui quatro ecótipos: Transmontano (13 077), Ribatejano (3865), Jarmelista (2191) e da Serra (205 fêmeas), correspondendo a 19338 animais inscritos no Livro Genealógico distribuídos por 205 explorações (Sociedade Portuguesa de Ovinicultura e Caprinicultura - SPOC, <http://www.ovinosecaprinos.com>). A Associação Nacional de Caprinicultores da Raça foi fundada em 1990, e em 1992 foi oficialmente reconhecida com Entidade Gestora do Livro Genealógico da Raça Caprina Serrana a nível nacional. A raça Serrana possui atualmente duas DOP's (Queijo de Cabra Transmontano e Cabrito Transmontano) e na sua área de produção existem quatro IGP's (Cabrito do Barroso, Cabrito das Terras Altas do Minho, Cabrito da Beira, Cabrito da Gralheira). A aptidão da raça Serrana é predominantemente leiteira, ainda que haja uma ampla variação produtiva entre ecótipos; a produção

de leite do ecótipo ribatejano é da ordem do dobro do transmontano (Associação Nacional de Criadores da Raça Serrana - ANCRAS, www.ancras.pt).

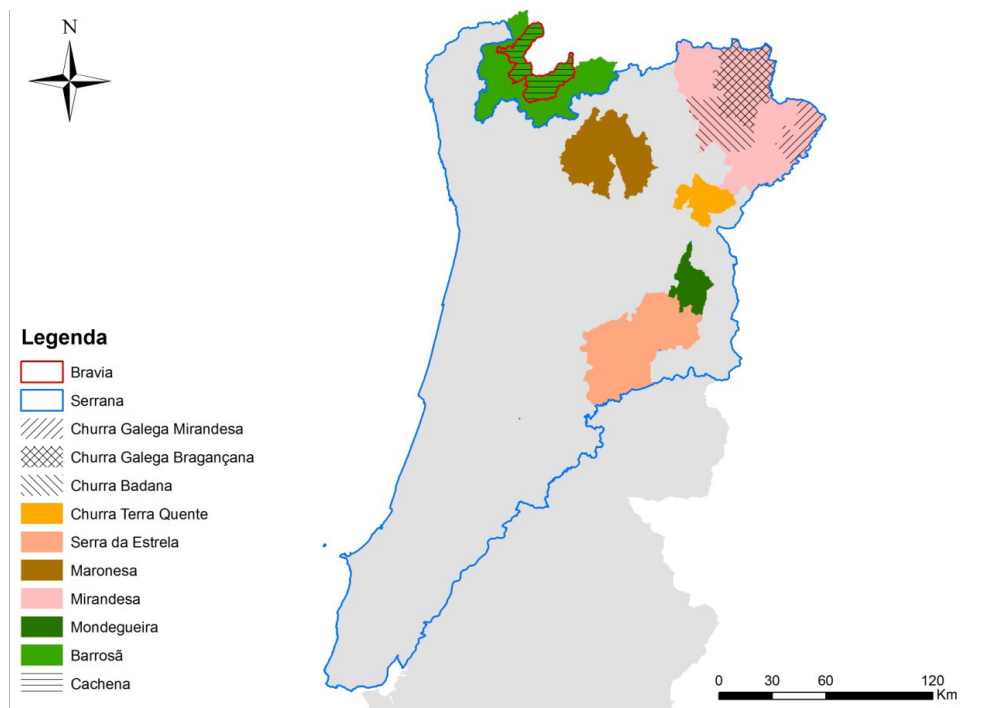


Figura 3 – Áreas de dispersão das raças exploradas nos sistemas em análise.

A raça **Bravia**, de aptidão cárnica, concentra-se no Norte do país, particularmente nas regiões montanhosas das serras do Alvão e Peneda-Gerês. Esta raça foi reconhecida oficialmente em 1987. A Associação Nacional de Criadores de Cabra Bravia (Ancabra), sediada em Vila Pouca de Aguiar, fundada em 1994, e inicia os trabalhos conducentes ao registo Zootécnico em 1998, inscrevendo os primeiros animais no livro genealógico da raça. Atualmente estão inscritos 9800 animais no Livro Genealógico concentrados em 98 produtores (SPOC). Associado a esta área de produção existem duas IGP's (Cabrito do Barroso, Cabrito das Terras Altas do Minho).

A raça **preta de Montesinho** foi reconhecida apenas em 2009, tendo o arranque do seu Registo Zootécnico iniciado em 2010. A Entidade gestora do Registo Zootécnico é a Associação Nacional de Caprincultores da Raça Serrana. Atualmente estão inscritos 818 animais no Livro Genealógico distribuídos por 51 explorações (SPOC).

6.6.2 Ovinos

O solar da raça **Bordaleira Serra da Estrela** correspondente à bacia hidrográfica do rio Mondego, abrangendo os Concelhos de Gouveia, Celorico da Beira, Guarda, Fornos de Algodres, Manteigas, Oliveira do Hospital, Tábua, Arganil, Mangualde, Nelas, Carregal do Sal, Penalva do Castelo, Tondela e Viseu em termos numéricos. É a segunda raça ovina mais explorada em Portugal, possuindo um efetivo reprodutor de cerca de 90000 animais (Carolino et al. 2003). Atualmente encontram-se inscritos no Livro Genealógico, 16599 animais distribuídos por 190 explorações. Trata-se da raça nacional de melhor aptidão leiteira, atingindo produções superiores a 500 litros de leite por lactação (220 dias/média) (ANCOSE - Associação Nacional de Criadores de Ovinos da Serra da Estrela, http://ancose.com/raca_serrana.html). A raça ainda contribui para a produção de carne através do borrego de leite (canastra). A Associação Nacional de Criadores de

Ovinos da Serra da Estrela é nomeada em 1984 como entidade gestora do Livro Genealógico. A raça possui atualmente quatro DOP's (Queijo da Serra da Estrela, Queijo da Serra da Estrela Velho, Requeijão da Serra da Estrela e Borrego serra da Estrela).

O berço da **raça Churra Mondegueira** situa-se no Alto Mondego, na área de confluência das regiões naturais Beira Douro, Beira Alta e Nordeste Transmontano. Possui 3756 animais inscritos no Livro Genealógico, distribuídos por 28 criadores (SPOC).

É uma raça que apesar da sua boa capacidade leiteira, tem visto o seu efetivo reduzir-se devido à concorrência da Serra da Estrela (DGP, 1987). A raça co-possui com a Serra da Estrela, três DOP's (Queijo da Serra da Estrela, Queijo da Serra da Estrela Velho, Requeijão da Serra da Estrela) e na sua área de produção existe ainda uma IGP (Borrego da Beira). A entidade gestora do Livro Genealógico é a Direção Geral de Alimentação e Veterinária (DGAV).

A raça **Churra da Terra Quente** resultou da fusão entre as raças Badana e Mondegueira, e foi reconhecida como raça em 1987. O solar da raça compreende toda a terra quente transmontana do distrito de Bragança e alguns concelhos de Vila Real (Vila Real, Valpaços, Murça, Alijó, Vila Pouca de Aguiar e Sabrosa) e Guarda (Vila Nova de Foz Coa). A raça possui duas DOP's (Queijo Terrincho e Borrego Terrincho). A Associação Nacional de Criadores de Ovinos da Raça Churra da Terra Quente (ANCOTEQ) é a entidade gestora do Livro Genealógico desde 1993.

Nesta região, até 1940, a raça dominante era a **Churra Badana**, aproximando-se o seu efetivo dos 210000 animais (DGP, 1987). No entanto, a partir dos anos 50/60, a sua substituição por mestiçagem com a raça Mondegueira, na tentativa de, à grande rusticidade e consequente adaptação ao meio se conseguir acrescentar maior produtividade, tanto de carne como de leite (SPOC.), fez com que, hoje a raça badana esteja seriamente ameaçada, apenas 4.089 fêmeas inscritas no Livro Genealógico.

A Terra Fria Transmontana, constituiu o berço de duas raças ovinas, a Churra galega Bragançana, associada a zonas serranas e húmidas, e a Churra galega Mirandesa nas zonas mais secas do Planalto Mirandês. A raça **Churra Galega Mirandesa**, predomina nos concelhos de Miranda, Mogadouro e sul de Vimioso, enquanto que a Churra Galega Bragançana, nos concelhos de Bragança e Vinhais. Ambas as raças são exploradas para carne.

A raça **Galega Mirandesa**, possui 6102 animais inscritos no Livro Genealógico, distribuídos por 57 criadores; não dispõe de qualquer DOP ou IGP. A entidade gestora do Livro Genealógico é a Associação Nacional de Criadores de Ovinos da Raça Churra Galega Mirandesa (ACOM) (SPOC).

A **Galega Bragançana**, possui um efetivo mais consistente, 9138 animais inscritos no Livro Genealógico, distribuídos por 362 criadores. A entidade gestora do registo zootécnico é a Associação Nacional dos Criadores da Raça Churra Galega Bragançana (ACOB). Esta raça tem também uma DOP, Cordeiro Bragançano, (SPOC).

6.6.3 Bovinos

O solar da raça **cachena** é o Parque Nacional Peneda Gerês, precisamente as zonas mais altas das serras da Peneda (alt. 1340m), Soajo (alt. 1430m), Amarela (alt. 1350m) e Gerês (alt. 1545m, Vieira Leite, 2004). Esta raça foi tardiamente reconhecida como tal, durante muito tempo foi considerada um sub-tipo da Barrosã - “barrosãos ananizados” (Cit. por Faria, 2007).

A Associação de Criadores da Raça Cachena (ACRC) foi criada em 1993 e em 1994 inicia-se o Registo Zootécnico da raça com a colaboração da Direção Geral de Pecuária e da Secretaria Técnica do Livro Genealógico da Raça Barrosã (Faria, 2007). Em 1998, o Registo Zootécnico dos bovinos cachenos tornou-se autónomo.

A raça cachena possui características muito particulares, estando adaptada à vida nas montanhas elevadas e frequentando por vezes zonas com altitudes entre 1000 e 1400 m. Possui uma rusticidade superior à das outras raças autóctones do país, tendo a capacidade de passar o inverno ao ar livre, com neve e frio, característica raramente conservada nos animais domesticados. De uma rusticidade inultrapassável por nenhum bovino autóctone da Península, é uma raça de pequeníssimo porte, sendo uma das vacas mais pequenas do mundo (Vieira Leite, 2004; Faria, 2007).

A sua extrema rusticidade, pequeno tamanho e aptidão transformadora similar ao que de melhor estamos habituados nos caprinos, poderá dar-lhe um novo papel na limpeza das florestas.

A raça tem 3660 fêmeas inscritas no Livro Genealógico distribuídas por 391 criadores (Sociedade Portuguesa de Recursos Genéticos Animais – SPREGA, <http://www.sprega.com.pt>) e continua a estar muito ameaçada. Como elementos dinamizadores tem a DOP Carne Cachena da Peneda.

A raça **Barrosã**, tem o seu solar nas terras do Barroso (concelhos de Montalegre e Boticas), ainda que a sua área de criação se estenda pelo extremo noroeste do distrito de Vila Real e zonas sub-montanhosas dos distritos de Braga e Viana do Castelo. As alterações socioeconómicas ocorridas na segunda metade do século XX nas regiões montanhosas do Entre Douro e Minho, conduzem à passagem de um efetivo particularmente importante para uma situação alarmante (Vieira Leite, 2004).

Esta raça, tão característica pela sua armadura considerável, que se projeta quase verticalmente em forma de lira, é ainda hoje explorada na dupla aptidão, trabalho e carne, tendo esta última sem dúvida um futuro mais promissor, com a comercialização da “Carne Barrosã” - DOP, como produto certificado (Carne Barrosã <http://www.carnebarrosa.com>).

O registo zootécnico da raça inicia-se em 1981, sendo em 1993 que a Associação dos Criadores de Bovinos de Raça Barrosã (AMIBA) se assume como entidade gestora do Livro Genealógico. A raça **Barrosã** possui 6594 animais inscritos no Livro Genealógico, distribuídos por 1952 criadores (SPREGA). A “Carne Barrosã” foi reconhecida como denominação de origem em 1994.

O nome oficial da raça **Maronesa** responde à toponímia da Serra do Marão (Alves e Teixeira, 2006). O solar da raça Maronesa engloba, fundamentalmente, duas regiões naturais – a do Alvão-Marão e a da Padrela (ACM - Associação de Criadores do Maronês, <http://www.marones.pt>).

Reparte-se pelos distritos de Vila Real (Ribeira de Pena, Mondim de Basto, Vila Pouca de Aguiar e partes de Alijó, Boticas, Chaves, Montalegre, Murça, Sabrosa, Valpaços, Vila Real), de Braga (concelhos de Cabeceiras de Basto e parte do de Celorico) e do Porto (uma pequena parte do concelho de Amarante).

Até à mecanização da agricultura e do transporte, o maronês teve na aptidão trabalho, causa primeira da sua elevada valorização económica. Atualmente, a raça distingue-se na produção de carne, principalmente na carne de vitela, aptidão pela qual passou a ser conhecida pelos consumidores mais exigentes (Alves e Teixeira, 2006). Em 1994, foi atribuída a Denominação de Origem Protegida (DOP) à “Carne Maronesa”.

A Associação de Criadores do Maronês (ACM) foi criada em 30 de setembro de 1988, iniciou a atividade de registo dos animais da raça em 1989 e inclui cerca de 95% dos criadores da raça (Alves e Teixeira, 2006). Atualmente, encontram-se inscritas no Livro Genealógico 5102 fêmeas, distribuídas por 1264 criadores (SPEGNA), o efetivo parece não estar ainda estabilizado.

A raça **Mirandesa** tem como berço o planalto Mirandês, tendo daí irradiado para os vizinhos concelhos de Vimioso, Mogadouro, Bragança, Vinhais e Macedo de Cavaleiros, que passaram a integrar o solar da raça (Mirandesa, <http://www.mirandesa.pt>). A raça Mirandesa foi, no início do século passado, aquela que teve uma maior área de expansão, desde o planalto Mirandês até ao norte do Alentejo (Cit. por Sousa e Almeida, 2004), tendo o efetivo alcançado os 244 mil animais). Atualmente, encontram-se inscritas no Livro Genealógico 4957 fêmeas, distribuídas por 514 criadores (SPEGNA).

O Livro Genealógico foi criado em 1959 (Mirandesa). O registo zootécnico dos animais, o funcionamento do Livro e o melhoramento da raça eram, desde então, assegurados pelo Posto Zootécnico de Malhadas. Em 1989 criou-se a Associação de Criadores de Bovinos de Raça Mirandesa que assumiu, a partir de 1993, todas as responsabilidades de gestão do Livro Genealógico e do Melhoramento da raça.

Em 1994, foi-lhe atribuída a Denominação de Origem Protegida (DOP) “carne Mirandesa” produzida nos concelhos de Bragança, Vinhais, Macedo de Cavaleiros, Vimioso, Mirando do Douro e Mogadouro (Sousa e Almeida, 2004).

6.7 Sistemas de pastoreio / usos de recursos

Desde o Neolítico, com o domínio da domesticação, que o Homem orienta a guarda, criação e reprodução dos animais recorrendo a técnicas adequadas, aproveitando os pastos ao ar livre com o objetivo de obter do gado apascentado, diversos produtos (Oliveira e Silva, 2000). Os sistemas de pastoreio tradicionais, ou seja as formas de uso dos recursos, que visam a concentração e transformação da produção primária dispersa em produtos de origem animal comestíveis, correspondem a modelos ancestrais de uso do território em que a sobrevivência do Homem dependia em larga medida da correta utilização dos recursos naturais (Rebollo, 1996). Como salienta Gómez Sal (2000b), entre copiosos modelos ensaiados ao longo da nossa história, só alguns perduraram até aos nossos dias: - os mais sustentáveis.

Através destes processos de seleção milenares, desenvolveram-se diversos sistemas de pastoreio, de entre os quais se destacam, nas zonas de montanha: o pastoreio de percurso, o livre pastoreio e a transumância.

6.7.1 Pastoreio de percurso

Na maioria das regiões de montanha do Norte de Portugal, a produção de pequenos ruminantes baseia-se no sistema de pastoreio de percurso (Castro *et al.*, 2000).

O sistema de pastoreio de percurso é uma forma itinerante de alimentação, dos rebanhos de pequenos ruminantes, baseada numa rede complexa de circuitos concêntricos aos locais de pernoita (Castro *et al.*, 2003). Diariamente, os rebanhos guiados por pastores realizam um percurso, de extensão variável em função da época do ano, explorando os recursos disponíveis no contexto do termo da aldeia. Este sistema é pois suportado por um complexo padrão de uso do território, não ao nível da exploração mas sim da aldeia.

O percurso de pastoreio - uma sequência ordenada de mosaicos atravessados pelo rebanho ao longo do dia, representa uma sucessão de encontros entre o rebanho e diferentes tipos de recursos, com palatabilidade, valor e abundância variável. O plano de circuito de pastoreio resulta da avaliação que o pastor faz do território disponível, considerando as restrições ambientais (distância aos pontos de água, sítios de repouso, existência de predadores) e logísticas (estábulos, caminhos) (Castro e Castro, 2003). Deste processo resulta uma permanente interação entre animal-vegetal - Homem. Assim se justifica, o reconhecimento da função ambiental dos sistemas tradicionais de pastoreio.

O sistema de pastoreio de percurso deve ser entendido como um modelo de uso de recursos sustentável. No entanto, no processo de interação entre o rebanho e o território por ele explorado, o pastor representa um elemento central na correta exploração e gestão dos recursos naturais e, consequentemente, da sustentabilidade e racionalidade de todo o modelo que depende do pastor de forma muito marcada. As decisões espaço-temporais relativas ao aproveitamento dos recursos constituem um processo altamente complexo e dinâmico. A compreensão das variáveis em jogo num percurso de pastoreio é essencial para dirigir este modelo de uso de recursos no sentido desejado.

A seleção dos percursos de pastoreio é um processo dinâmico a diferentes escalas temporais, sendo a escolha da rota diária ou sazonal determinada pela disponibilidade instantânea dos recursos. A seleção da rede de percursos a explorar depende de decisões a escalas temporais mais alargadas, procede de uma avaliação de conjunto, e é controlada principalmente por variáveis estruturais (localização dos estábulos e pontos de água) e de restrições de uso (plantações jovens, limites do termo da aldeia, etc).

6.7.2 Transumância

A transumância corresponde à imitação pelo Homem dos movimentos migratórios dos herbívoros selvagens que ocorrem na natureza. Na Península Ibérica, pôde observar-se desde tempos recuados, movimentos naturais e sazonais de gados herbívoros que abandonam o território de origem para se alimentarem de pastos frescos de outras zonas. Esta forma de pastoreio consiste, fundamentalmente, no deslocamento periódico dos gados entre dois regimes determinados de

clima diferente. As características oro-climáticas da Península permitem aos gados utilizar os pastos de forma alternativa e sazonal. Aliás, a elevada altitude média e os contrastes entre as regiões atlânticas, continentais e mediterrâneas, favorecem mais o pastoreio migratório do que o sedentário (Oliveira e Silva, 2000).

A Transumância em Portugal assumiu maior expressão nas Serras da Cordilheira Central, nomeadamente na Estrela e Montemuro. Martinho (2000) refere ter existido no nosso território, dois tipos de transumância: a ascendente ou de verão e a descendente ou de inverno. No verão, o movimento ocorria das terras baixas da bacia do Mondego para as serras da Estrela e de Montemuro. No inverno, a transumância fazia-se das terras altas da Estrela para regiões mais quentes. Eram as “invernadas”, que levavam os rebanhos para os campos do Mondego, para a Idanha e para o vale do Douro onde a folha da vinha servia como alimento.

Da transumância de inverno, salienta-se a ida de ovelhas e cabras da Serra da Estrela para o “campo” de Idanha, para as terras baixas do Alentejo, para os “Campos de Ourique”, para o Baixo Mondego e para a região do Alto Douro (Morais, 1998). A transumância de ovinos no nosso País, embora em decadência, segundo Oliveira e Silva (2000) desde o liberalismo, persistiu até há muito pouco tempo. No ano de 1999 teve lugar, a derradeira ida transumante de ovinos à Serra do Montemuro. Era já então conhecida como “A Última Rota de Transumância”.

A transumância é uma modalidade de exploração pecuária com história no sul da Europa, Sousa *et al.*, (2005) refere-a como um património viário intrínseco à cultura pastoril dos povos do Mediterrâneo, tendo chegado até aos nossos dias a países como Portugal, Espanha, França, Itália, Grécia e Roménia.

Na região do Alto Minho, nas serras da Peneda, Soajo e Castro Laboreiro ainda hoje se realiza o sistema de transumância branda/inverneira, que consiste na existência de zonas residenciais de inverno e de verão (Peixoto, 2008).

Na primavera, os animais e os seus proprietários sobem para as pastagens situadas a mais de 1000 m de altitude, onde se dispersam em total liberdade, aproveitando a vegetação espontânea que cresce nas serras; os seus donos instalam-se nas *brandas*, pequenos aldeamentos onde dispõem de habitações muito simples, que lhes permitem vigiar os animais mais de perto. Aí existem também lameiros onde se podem produzir feno destinados ao inverno. Passado o verão e chegados os frios de setembro, os donos fazem descer o seu gado para as *inverneiras*, que são conjuntos de pastagens situadas a mais baixa altitude, em locais abrigados dos ventos e em zonas de planalto, onde também dispõem de lameiros e de casas rudimentares para se abrigarem. Em muitos casos, as inverneiras são as próprias aldeias onde se situa a habitação principal dos criadores. Este sistema proporciona, não só alguma defesa contra as rigorosas condições climáticas da região, como também procura tirar partido da vegetação espontânea que os animais encontram nas duas zonas onde passam o ano (Faria, 2007).

6.7.3 Livre pastoreio

É um sistema de uso de recursos muito característico nas Serras interiores do Alto Minho (Gerês, Soajo, Amarela, Cabreira e Peneda), claramente associado à montanha, e em que os animais vivem em regime livre. Os bovinos cachenos são os que dão maior visibilidade a este sistema,

vivendo por regra, nas montanhas durante grande parte do ano, sendo retidos nos estábulos apenas temporariamente, no período do ano em que o tempo é mais rigoroso, ou em situações específicas, como é o caso de algumas vacas na altura do parto e durante o período do aleitamento (Faria, 2007).

Os animais pastam nas zonas altas das serras durante o verão e nos períodos do ano com temperaturas mais amenas, e “descem” para pastos mais próximos das povoações quando chegam os frios inverniais. O controlo dos proprietários sobre os animais não é muito apertado, mas nem por isso deixa de existir.

No regime de livre pastoreio assistimos a um gradiente de intensidade de controle humano, que vai desde o pastoreio livre dos cavalos da raça garrana que vivem em condições totalmente selvagens, até às pequenas unidades familiares de 2 a 3 vacas barrosãs que demonstram um amplo sentido de orientação e que são postas em liberdade pela manhã e regressam espontaneamente pelo fim da tarde, sem qualquer mecanismo de guarda por pastor. De acordo com Santos (2000), geralmente os bovinos (cachenos e barrosãos) pastoreiam livremente 9/10 meses por ano sendo guardados para pernoitar, em cortes tradicionais, nos meses mais frios de inverno, havendo contudo alguns que permanecem na serra durante todo o ano.

6.8 Considerações finais

Os sistemas de produção animal de montanha são complexos, tendo por base um intrincado conjunto de fatores ago ecológicos, e uma organização económica desajustada do modelo de economia de mercado (Alves e Teixeira, 2006). É o desajuste entre os sistemas tradicionais e a globalização da economia que mesmo sob a proteção da PAC, origina constrangimentos ao setor difíceis de ultrapassar.

Como vimos anteriormente, das treze raças considerada, apenas três possuem um efetivo estável: a raça caprina Serrana e as raças ovinas, Serra da Estrela e Churra da Terra Quente. A redução drástica do efetivo, das raças Badana e Mondegueira, a primeira com estatuto de rara e a segunda de muito ameaçada, associa-se à sua substituição por outros animais mais produtivos que teriam alguma coincidência com as suas áreas de dispersão. No entanto, e na generalidade das raças, e sobretudo as de aptidão cárnica, os seus efetivos encontram-se ameaçados, não havendo substituição por outro tipo de animais mas sim eliminação da atividade pastoril.

As restantes raças, ainda que consideradas com um efetivo estável, não estão imunes aos constrangimentos de ordem natural e estrutural que afetam o setor. A atividade agrícola é naturalmente difícil e continua sem o justo prestígio necessário ao seu incentivo. Considerando as opções produtivas disponíveis para os territórios de montanha, o desaparecimento da pastorícia conduz a um abandono do território que não é compatível com a Política de Desenvolvimento Rural, no que paradoxalmente concerne ao eixo 2 - Ambiente e Gestão do Território e eixo 3 - Diversificação da Economia e Melhoria da qualidade de vida no meio rural.

A EU através da sua política agrícola, estimula a manutenção da atividade em zonas desfavorecidas, como o são, as zonas de montanha, apoiando, por exemplo, a conservação do património genético. Através do apoio aos criadores de raças autóctones, instituiu sistemas de valorização

pela via institucional, prevendo-se, no futuro, medidas mais ambiciosas. A remuneração para preservação dos ecossistemas e da produtividade a longo prazo constitui um exemplo. Todas estas medidas resultam da profunda consciencialização europeia, do desajuste estrutural dos sistemas de produção de montanha com as leis de mercado e, por outro lado, da relevância ecológica e social da manutenção destas atividades em zonas de montanha. Assim, não é expectável que a médio prazo surjam alterações profundas aos mecanismos de apoio dos sistemas produtivos economicamente pouco sustentáveis.

Alguns dos sistemas pastoris extensivos que conhecemos hoje correspondem a formas ancestrais e culturais de valorizar o território, específicas das regiões Mediterrânicas da Europa, contendo traços singulares e simbolizando o estilo de vida pastoril dos povos do Mediterrâneo (Gómez Sal 2000b). À parte das razões económicas, sociais e ambientais que recomendam a conservação destes sistemas de usos de recursos (Gómez Sal 2000a; Mosquera-Losada *et al.*, 2005); os sistemas pastoris devem ser preservados, uma vez que encerram uma dimensão cultural de extrema relevância.

Neste contexto, pensamos que os sistemas de produção animal de montanha, ainda que, tendo que enfrentar desafios permanentes inerentes aos constrangimentos naturais nos quais se desenvolveram, irão perdurar. Paulatinamente, os constrangimentos estruturais irão sendo reduzidos, o reconhecimento social da atividade acabará por melhorar, novos públicos serão atraídos para o campo, por vontade e necessidade, tanto económica como hedónica. Naturalmente que os sistemas tradicionais precisam de ser modernizados de modo a melhorar a sua competitividade e atratividade. A atratividade passa pela melhoria da rentabilidade económica e pela melhoria da qualidade de vida das comunidades rurais.

Referências bibliográficas

- Aguiar, C.; Rodrigues, O.; Azevedo, J. e Domingos, T. (2010) - Montanha. Capítulo 9. In: Pereira H.M.; Domingos T.; Vicente L.; Proença V. (Eds.). *Ecosistemas e Bem-Estar Humano. Avaliação para Portugal do Millenium Ecosystem Assessment*. Lisboa, Escolar Editora, p. 295-339.
- Alves, V. e Teixeira, P. (2006) - Raça Bovina Maronesa. In: Caderno Técnico Voz da Terra, n. 46, p. 11-20.
- Baptista, A. e Tibério, L. (Coord.) (2008) - Estudo de Identificação dos Produtos Tradicionais com Tipicidade e Potencialidades Económicas: Relatório Síntese. Vila Real, UTAD. 32 p.
- Bonnieux, F. (1986) - Approche économique de l'intensification. *Economie Rurale*, nº 171, p. 9-15.
- Carolino, N.; Telo da Gama, L.; Dinis, R. e Sá, T. (2003) - Características Produtivas da Ovelha Serra da Estrela. *Archivos de Zootecnia*, vol. 52, n. 197, p. 3-14.
- Castro, M. (2004) - Análisis de la Interacción vegetación-herbívoro en sistemas silvo-pastorales basados en *Quercus pyrenaica*. Tesis Doctoral. Universidad de Alcalá, Alcalá de Henares. 258 p.
- Castro, M. (2008) - A utilização dos pequenos ruminantes na prevenção dos incêndios rurais: Estratégia pró-activa de promoção silvopastoril. In: Moreira MB; Coelho IS, (Eds.) *A silvopastorícia na prevenção dos fogos rurais*. Lisboa, ISA Press, p. 159-175
- Castro, M. e Castro, J.F. (2003) - Ocupação tradicional do território e os novos modelos de utilização do espaço: implicações na pastorícia extensiva. In: V Colóquio Hispano - Português de Estudos Rurais, Bragança, 13 p.
- Castro M.; Castro J.F. e Teixeira, A.C. (2003) - Caracterização do sistema de pastoreio de percurso no Nordeste de Portugal. *Revista Portuguesa de Zootecnia* vol. X, n. 2, p. 95-105.
- Castro, M.; Vinagre, P.; Esteves, A. e Castro, J.F. (2000) - Caracterização dos percursos de pastoreio de ovinos e caprinos no Nordeste de Portugal. In: 3ª Reunião Ibérica de Forragens e Pastagens. Bragança, p. 723-729.
- DGP (1987) - Recursos Genéticos, Raças autóctones espécies ovina e caprina. Lisboa Direcção geral de Pecuária, 207 p.
- Díaz Pineda, F. (1993) - Estudio y conservación de la diversidad biológica. *Quercus*, p. 18-20.
- Díaz Pineda, F. (1996) - Conservación de la diversidad biológica y sistemas tradicionales de uso del territorio. In: *Las cañadas: viejos caminos para el futuro de la naturaleza*. Madrid, Fundación 2001 - Fondo Patrimonio Natural Europeo, p. 42-45.
- FAO (2010) - Situação mundial dos recursos genéticos animais para a agricultura e alimentação – versão resumida. Brasília, Embrapa, 40 p.
- Faria, M.M, (2007) - Os Cornos do Auroque – Raças de bovinos no Entre Douro e Minho, Direcção Regional de Agricultura e Pescas do Norte, Edição *on-line* – 2007, 126 p.
- Gómez Sal, A. (1997) - El paisaje agrario desde la perspectiva de la ecología. In: *Ciclo de Agricultura y Ecología*. Valencia, Fundación Bancaixa, p. 145-182.
- Gómez Sal, A. (1988) - Ecosistemas Rurales. In: *Elementos básicos para la Educación Ambiental*. Madrid, Ayuntamiento de Madrid, p. 51-77.
- Gómez Sal A (1994) - Los conceptos de sistema agrario. Una referencia para la agricultura ecológica. In: *I Congreso de la Sociedad Española de Agricultura Ecológica*, Toledo, p. 590-597.
- Gómez Sal, A. (2000a) - The variability of Mediterranean climate as an ecological condition of livestock production systems. In: F. Guessous, N. Rihani, and A. Ilham, (Eds.). *Livestock production and climatic uncertainty in the Mediterranean*. Wageningen, Wageningen Pers, p. 3 -11.

- Gómez Sal, A. (2000b) - Las razas de ganado autóctono en la conservación de la naturaleza. Rodríguez, F. (Ed.). Manual del técnico en medio ambiente natural. Ourense, Colegio de Veterinarios de Ourense, p. 61-69.
- Landais, E. e Balent, G. (1995) - Introduction à l'étude des systèmes d'élevage extensive In: Landais, E.(Ed.). Pratiques d'élevage extensif. Identifier, modéliser, évaluer, INRA, Etudes et Recherches sur les Systèmes Agraires et le Développement, n. 27, p. 13-35.
- Lasanta-Martínez, T.; Vicente-Serrano, S.M. e Quadrat-Prats, J.M. (2005) - Mountain Mediterranean landscape evolution caused by the abandonment of traditional primary activities: a study of the Spanish Central Pyrenees. Applied Geography, n. 25, p. 47-65.
- Martinho, A.T. (2000) - A Transumância: do Montemuro à Estrela, os Caminhos, os Rebanhos e os Pastores. In: Actas do Colóquio "Montemuro – A Última Rota da Transumância". Arouca, Associação da Defesa do Património Arouquense e Escola Superior Agrária de Viseu, p. 73-90.
- Morais, J.A.D. (1998) - Transumância de Gados Serranos e o Alentejo. Coleção "Novos Estudos Eborenses", n. 3. Évora, Câmara Municipal de Évora, 94 p.
- Mosquera-Losada, M.R.; Fernández-Núñez, E. e Rigueiro-Rodríguez, A. (2006) - Pasture, tree and soil evolution in silvopastoral systems of Atlantic Europe. Forest Ecology and Management, n. 232, p. 135-145.
- Mosquera-Losada, M.R.; McAdam, J. e Rigueiro-Rodríguez, A., (2005) - Silvopastoralism Declaration. In: Mosquera-Losada, M.R., McAdam, J., Rigueiro-Rodríguez, A. (Eds.), Silvopastoralism and Sustainable Land Management. Wallingford, CAB International, p. 418.
- Nobre, S. (2009) - Dinâmicas da actividade dos agricultores em Trás-os-Montes. Tese de Doutoramento em Ciências Agro-Sociais. Vila Real, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. 370 p.
- Oliveira, A. e Silva, F. (2000) - Nota de Apresentação In: Actas do Colóquio "Montemuro – A Última Rota da Transumância". Arouca, Associação da Defesa do Património Arouquense e Escola Superior Agrária de Viseu.
- Pastomed (2007) - O pastoralismo mediterrâneo, uma oportunidade para o desenvolvimento sustentável dos nossos territórios. Folheto de divulgação, Manosque, Maison Régionale de L'élevage.
- Peco B.; Sánchez A.M. e Azcárate, F.M. (2006) - Abandonment in grazing systems: Consequences for vegetation and soil. Agriculture, Ecosystems & Environment, n. 113, p. 284-294.
- Peixoto L. (2008) – O património Geomorfológico – Glaciário do Parque Natural da Peneda Gerês: Proposta de Estratégia de Geoconservação. Tese de Mestrado. Braga, Universidade do Minho. 145 p.
- Pinto-Correia, T. (2000) - Future development in Portuguese rural areas: how to manage agricultural support for landscape conservation? Landscape and Urban Planning, n. 50, p. 95-106.
- Ramos, O.J.Z. (2008) - Efeito combinado da raça e do sistema de produção na qualidade nutricional da fração lipídica da carne de borrego e de cabrito. Tese de Mestrado. Lisboa Universidade Técnica de Lisboa. 72 p.
- Rebollo, S. (1996) - Análisis de la estrategia de pastoreo de pequeños rumiantes domésticos considerando distintas escalas espaciales. Tesis Doctoral. León, Universidad de León. 373 p.
- Roquete, C. (2004) - Extensive livestock production and environment. Beef cattle extensive system – Tradition and Innovation. Revista Portuguesa de Zootecnia, vol. XI, n. 2, p. 69-87.
- Ruiz-Mirazo, J.; Robles, A.B. e González-Rebollar, J.L. (2011) - Two-year evaluation of fuelbreaks

grazed by livestock in the wildfire prevention program in Andalusia (Spain). *Agriculture, Ecosystems & Environment*, n. 141, p. 13-22.

Santos, J. C-R. (2000) - Sistema de criação dos bovinos na Serra da Peneda. In: Graça L.L., e Santos H. (Eds). *Cadernos da Montanha*. Peneda I. Lisboa, DRAEDM, p. 106- 119.

Sousa, F. e Almeida, J. (2004) - Raça Bovina Mirandesa. In: II Jornadas Técnicas de Raças Bovinas Autóctones. Castelo Branco, Escola Superior Agrária de Castelo Branco.

Sousa, J. S. ; Oliveira, J. ; Jesus, L. e Martinho, V., (2005) - A transumância para o Montemuro: Um pretexto para o desenvolvimento rural. *Educação, ciência e tecnologia*, n. 4, p. 174-189.

Telo da Gama, L. (Coord.) (2004) - Recursos Genéticos Animais em Portugal. Relatório Nacional. INIAP. 68 p.

Vieira Leite, J. (2004) - Raça Bovina Cachena. In: II Jornadas Técnicas de Raças Bovinas Autóctones. Castelo Branco, Escola Superior Agrária de Castelo Branco.

Portais eletrónicos

ACBRM – Associação de Criadores de Bovinos de Raça Mirandesa (2005) – A carne Mirandesa – O que é? Disponível em <http://www.mirandesa.pt>: acedido em junho de 2013.

ACM – Associação de Criadores do Maronês (2012) disponível em <http://www.marones.pt>: acedido em setembro de 2012.

ANCOSE - Associação Nacional de Criadores de Ovinos da Serra da Estrela, (2012), disponível em http://ancose.com/raca_serrana.html: acedido em setembro de 2012

ANCRAS (2012) disponível em www.ancras.pt: acedido em setembro de 2012

Carne Barrosã (2013) Disponível em <http://www.carnebarrosa.com>: acedido em setembro de 2013.

Comunicação pessoal, <http://www.carloscoelho.eu>: acedido em outubro 2012

DRAP - Direcção Regional de Agricultura e Pescas do Centro (2012) http://www.drapc.minagricultura.pt/base/documentos/comissao_europeia/reforma_pac_2003.pdf

Mirandesa (2012) disponível em <http://www.mirandesa.pt>: acedido em outubro de 2012.

SPOC (2013) disponível em <http://www.ovinosecaprinos.com>: acedido em junho de 2013

SPREGA (2013) disponível em <http://www.sprega.com.pt>: acedido em junho de 2013

União Europeia (2012) disponível em http://ec.europa.eu/agriculture/50-years-of-cap/history/index_pt.htm: acedido em novembro de 2012

Capítulo



Discriminação dos sistemas de produção e da origem dos produtos animais utilizando marcadores químicos

Rui José Branquinho Bessa, Susana Paula Alves e José Santos-Silva

Resumo

A origem dos produtos animais e os modos de produção que lhes estão subjacentes são questões que interessam cada vez mais os consumidores europeus, e muito particularmente aqueles que dão preferência a produtos protegidos. A autenticação destes produtos com base em métodos de análise que permitam garantir questões como a região de produção ou o sistema de alimentação dos animais constitui um tópico de investigação atual e importante.

Neste trabalho pretende-se dar uma visão dos marcadores químicos da origem dos produtos, bem como de algumas das técnicas utilizadas. Será dado um destaque especial ao potencial da composição dos lípidos corporais como marcadores dos sistemas de produção. Será também referido o interesse na utilização de metabolitos secundários das plantas como marcadores da origem dos produtos, bem como da razão entre isótopos estáveis de vários elementos, ou de outros métodos de espetrometria.

Os resultados recentes demonstram que é possível com um grau de segurança elevado, garantir a autenticidade dos produtos animais com base na sua composição química.

Rui José Branquinho Bessa, Susana Paula Alves

Centro de Investigação Interdisciplinar em Sanidade Animal (CIISA) – Faculdade de Medicina Veterinária, Universidade de Lisboa

Avenida da Universidade Técnica

1300-477 Lisboa

José Santos-Silva (✉)

Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária, I. P., Polo da Fonte Boa

2005-048 Vale de Santarém

Email: jose.santossilva@iniav.pt

7.1 Introdução

A maior diversidade dos produtos animais da Europa está na região do mediterrâneo, fortemente ligada às populações e à cultura dos povos. Mais de 80 % dos produtos protegidos pela legislação europeia (CEE2081192) são de países da zona mediterrânica, incluindo Portugal. A implementação desta legislação para proteção dos produtos com Denominações de Origem Protegida (DOP) ou Indicação Geográfica protegida (IGP) foi uma contribuição importante para a sustentabilidade dos sistemas de produção e do Espaço Rural. Os produtos DOP e IGP estão relacionados com um determinado território e têm normas definidas para a sua obtenção. Particularmente no caso das DOP estas normas são muito precisas em termos dos génotipos dos animais, dos sistemas de alimentação ou dos procedimentos tecnológicos. De facto, a identidade de um produto típico de origem animal, particularmente os queijos ou enchidos é devida tanto aos processos tecnológicos que lhe estão associados como a outros fatores situados a montante do processo e que são ligados aos animais (genética, estado fisiológico e sanitário dos animais) e à sua alimentação (tipo de dieta, composição botânica das pastagens, métodos de conservação das forragens) (Coulon *et al.*, 2004). O valor acrescentado conseguido pela certificação pode justificar a intensificação dos sistemas no sentido de aumentar o volume da produção, particularmente nos casos em que os cadernos de especificações sejam menos rígidos. Apesar da tecnologia aplicada nos processos de transformação tenha um efeito muito mais importante do que os fatores de produção, a intensificação dos sistemas produtivos pode alterar as características dos produtos, como foi demonstrado no caso do queijo de Cantal por Agrabriel *et al.* (2004). Nos casos em que os cadernos de especificações o permitem, como é exemplo o Queijo de Serpa – DOP, registou-se uma intensificação dos sistemas produtivos, com a introdução de raças exóticas, a utilização de pastagens semeadas e o aumento dos inputs externos aos sistemas, como sejam a suplementação com alimentos concentrados. O desenvolvimento e a implementação de metodologias que permitam definir objetivamente a tipicidade dos produtos animais é importante para assegurar a sua autenticidade e definir os limites da intensificação dos sistemas. Para além disto, as questões de ordem sanitária que se levantaram com a crise da BSE, aumentaram a sensibilidade dos consumidores com as questões relacionadas com a origem geográficas e as técnicas de produção dos bovinos e de outras espécies, exercendo uma maior pressão sobre o comércio no sentido de uma maior precisão da rotulagem dos produtos.

Deste conjunto de questões resulta a importância da questão dos marcadores químicos da origem e tipicidade dos produtos como tópico de investigação. Neste trabalho serão inventariados os principais marcadores químicos que permitem identificar com alguma segurança a origem geográfica dos produtos animais e os sistemas de produção que lhe estão associados. Grande parte da informação aqui revista foi já publicada em livro no âmbito do “International Mediterranean Symposium” realizado em 2006 na Estação Zootécnica Nacional (Bessa *et al.*, 2006).

7.2 Ácidos gordos e metabolitos voláteis com eles relacionados

Os ácidos gordos presentes nos tecidos e no leite de ruminantes pode ter origem endógena ou resultarem da deposição direta ou indireta dos ácidos gordos presentes nos alimentos. Os principais ácidos gordos polinsaturados resultam da metabolização dos ácidos linoleico (C18:2n-6) e linolénico (C18:3n-3) da dieta. No caso particular dos ruminantes o metabolismo ruminal acrescenta uma grande complexidade à composição dos lípidos, devido à síntese e metabolização de lípidos pela flora microbiana. Tanto o C18:2n-6 como o C18:3n-3 são biohidrogenados

no rúmen dando origem a um padrão complexo de octadecenoatos (18:1), octadecadienoatos (18:2) e octadecatrienoatos (18:3) (Bessa *et al.*, 2000). Os padrões gerados dependem não só da composição de ácidos gordos da dieta mas do tipo de flora microbiana que se estabelece. Assim, pequenas diferenças do padrão de ácidos gordos presentes na dieta são fortemente amplificadas devido ao metabolismo ruminal, permitindo associar os produtos ao modo de produção. Um grande número de estudos demonstra que a composição lipídica da dieta influencia diretamente o padrão de isómeros presentes no leite/queijo ou na carne. Dietas baseadas em alimentos concentrados estão associadas a teores elevados do ácido C18:1 *trans*-10 (Bessa *et al.*, 2005) enquanto que dietas baseadas em forragens estão associadas a elevadas concentrações de C18:1 *trans*-11 e C18:2 *cis*-9, *trans*-11. Dietas baseadas em pastagens ou suplementadas com óleo de linho são ricas em ácido linolénico e determinam um padrão de isómeros de CLA muito diversificado, com elevadas proporções de isómeros conjugados *trans*-11, *trans*-13 e *trans*-11, *cis*-13 e não conjugados 18:2 *trans*-11, *cis*-15 (Collomb *et al.*, 2004). A identificação dos tipos de dieta, das variações sazonais da composição das pastagens, bem como da altitude tem sido conseguida com base no estudo dos padrões dos ácidos gordos dos produtos animais. Martin *et al.* (2005) analisaram os dados e relacionaram o tipo de forragem e o método de conservação (feno vs. silagem) e a composição em ácidos gordos do leite, confirmando a validade deste indicador da alimentação das vacas.

Os trabalhos desenvolvidos pela equipa do INIAV Fonte Boa têm vindo a confirmar que a composição dos lípidos dos produtos tem um grande potencial na diferenciação das dietas base utilizadas pelos animais, bem como do grau de intensificação dos sistemas de produção. Santos-Silva *et al.* (2002) conseguiram discriminar a carne de borregos produzidos em 3 sistemas de produção com base na composição em ácidos gordos (Figura 1).

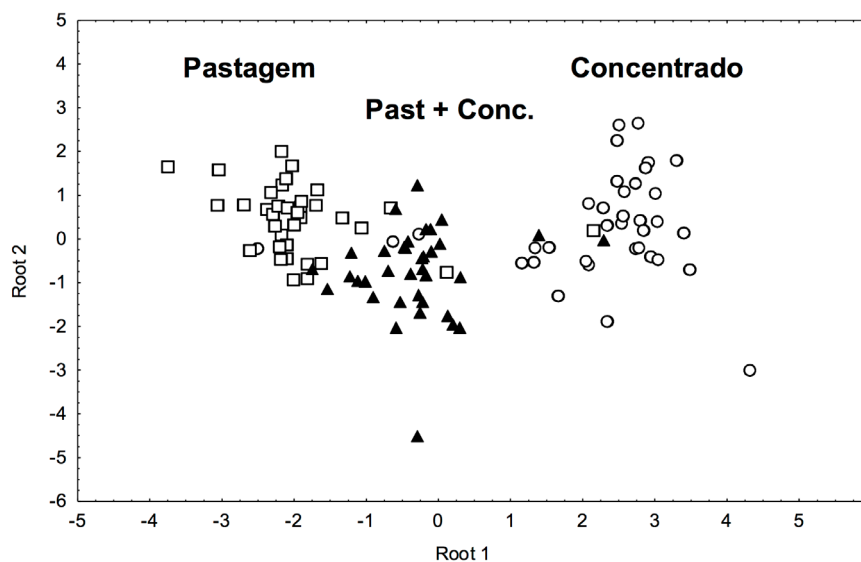


Figura 1 – Discriminação da carne de borrego de acordo com o sistema de alimentação (concentrado em estabulação; pastoreio com as mães e suplementação com concentrado; pastoreio com as mães sem suplementação). Análise discriminante canónica com os 18:3 n-3, 18:2 *cis*-9,*trans*-11, 18:2 n-6, 20:4n-6, 15:0, 14:0 e 16:1 como variáveis (Santos-Silva *et al.*, 2002).

Num outro trabalho conduzido pela equipa do INIAV Fonte Boa, foi possível identificar de forma clara o sistema de produção de borregos Merino Branco com base no perfil de ácidos gordos

(Figura 2). Neste caso conseguiu-se discriminar não só grupos alimentados exclusivamente com pastagem (PPP) ou concentrado (CCC) ao longo de 6 semanas antes do abate, mas também os que foram submetidos a períodos de acabamento de 28 (PCC) ou 14 (PPC) dias.

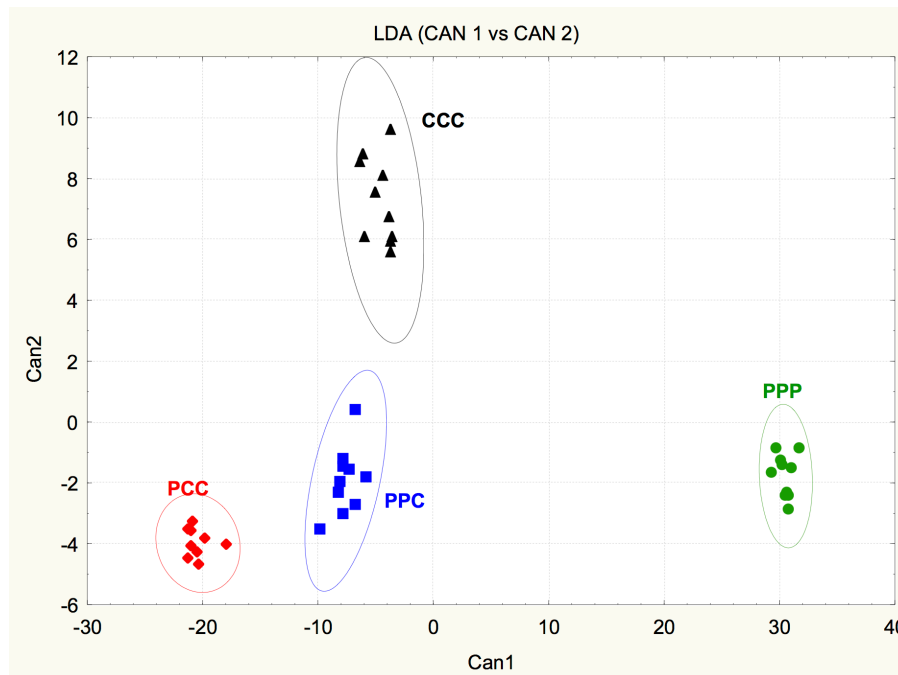


Figura 2 – Discriminação da carne de ovino com base no perfil de ácidos gordos do músculo *Longissimus dorsi*.

O perfil de ácidos gordos permitiu ainda discriminar de forma eficaz a origem geográfica de borregos produzidos em 3 concelhos da região de produção do Borrego do Nordeste Alentejano – IGP (Figura 3). Com base na proporção de 28 ácidos gordos foi possível discriminar as amostras relativas aos borregos provenientes dos concelhos de Aviz, Fronteira e Ponte de Sôr.

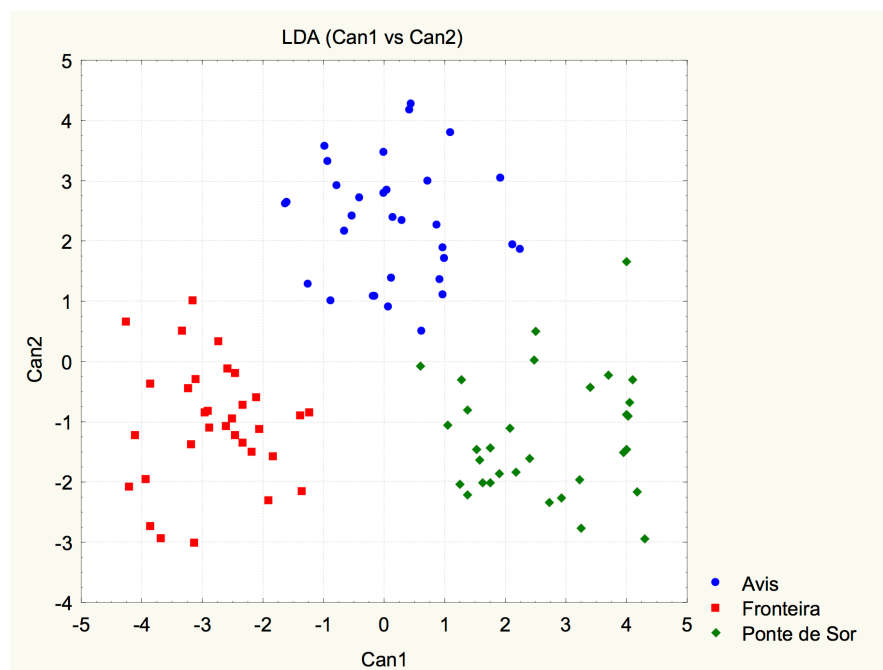


Figura 3 – Discriminação da região de produção do Borrego do Nordeste Alentejano (IGP) com base no perfil de ácidos gordos.

A composição em ácidos gordos pode também ser uma ferramenta útil quando se pretende identificar o tipo de pastagem utilizada pelos animais. Addis *et al.* (2005) conseguiram discriminar os queijos provenientes de ovelhas alimentadas com erva de 4 espécies diferentes.

Para além dos ácidos gordos derivados direta ou indiretamente da biohidrogenação, os ácidos gordos estruturais dos micróbios presentes no rúmen têm também algum potencial como indicadores da alimentação dos animais. Os ácidos gordos de cadeia ímpar e ramificados (*iso* e *anteiso*) foram referidos como indicadores da função ruminal (Cabrita *et al.*, 2003). Estes autores encontraram uma associação positiva entre o *anteiso*-C15:0 e os açúcares solúveis na dieta e uma associação negativa entre o C17:0 e o teor em proteína da dieta de vacas leiteiras.

Existem algumas indicações de que alguns metabolitos derivados dos ácidos gordos podem ser utilizados como marcadores químicos dos sistemas de alimentação. Urbach (1990), fizeram um trabalho de revisão sobre os efeitos da alimentação no padrão de lactonas presentes no leite de vaca. Dietas que reduzem a relação ácido acético/ácido propiónico no rúmen, ricas em cereais e/ou alimentos concentrados, promovem a hidratação ruminal dos ácidos gordos insaturados e a conversão endógena dos hidroxiácidos gordos que se podem depois encontrar na gordura do leite e/ou da carne (Urbach, 1990; Joblin e Hudson, 1997). A complexidade do perfil das lactonas e a sua relação com fatores como a dieta base, o tipo e nível dos suplementos lipídicos, determina o padrão isomérico das lactonas resultantes da biohidrogenação ruminal e pode permitir a discriminação dos tipos de alimentação dos animais.

Um outro composto que pode ser utilizado como marcador da alimentação à base de pastagens é a 2,3 octanediona, que foi identificado pela primeira vez na carne de ovino por Nixon *et al.* (1979). Este composto resulta da oxidação do ácido linoleico devido à ação da lipoxigenase, que é uma enzima abundante nas ervas verdes e ausente no milho (Young *et al.*, 1997). Priolo *et al.* (2004) confirmaram o interesse deste marcador para identificar carnes de borregos alimentados com concentrados ou com pastagem. Confirmaram ainda em borregos alimentados em pastoreio, que a concentração de 2,3 octanediona diminui linearmente ($r=0.88$) com a duração do período de acabamento com alimentos concentrados.

7.3 Isoprenoides e outros metabolitos secundários das plantas

Isoprenoides (ou terpenoides) são uma vasta classe de compostos caracterizados pela múltipla combinação de unidades de cinco-carbonos isopreno incluindo os monoterpenos (C10), sesquiterpenos (C15), diterpenos (C20) e tetraprenos (C40). São sintetizados quase exclusivamente pelas plantas e a presença nos produtos animais pode ser usada como marcador de uma dieta baseada em pastagens e/ou forragens verdes.

7.4 Monoterpenos e sesquiterpenos

Monoterpenos e sesquiterpenos são compostos altamente voláteis que são sintetizados pela maior parte das plantas. Os níveis de acumulação e de emissão para o ar dos monoterpenos é muito variável entre espécies e depende da época do ano, temperatura, luminosidade, velocidade do ar e fatores de stress (Kesselmeier e Staudt, 1999). A presença de monoterpenos e sesquiterpenos no leite/queijo (Dumont e Adda, 1978; Moio *et al.*, 1996) ou na carne de ruminantes (Larick

et al., 1987; Priolo *et al.*, 2004) foi relacionada com a dieta animal. O tipo e a concentração destes compostos depende da composição botânica, da localização geográfica, do método de conservação das forragens, etc., e as diferenças refletem-se no padrão de terpenos presente nos produtos, tal como referiu Martin *et al.* (2005) num artigo de revisão. A transferência dos terpenos da dieta para o leite de vaca foi estudada por Viallon *et al.* (2000), e não é claro se a principal via de entrada é a digestiva ou a pulmonar. Os autores verificaram que a secreção máxima de terpenos ocorre 4 dias após a introdução de uma planta aromática desidratada na dieta dos animais, o que sugere a necessidade de um período de adaptação metabólica do ecossistema ruminal e/ou das vias de desintoxicação hepática e urinária.

A utilização dos terpenos para a discriminação da região de origem da produção de queijo foi estudada e verificou-se um elevado interesse para identificar os queijos produzidos com leite de vacas exploradas nas zonas de montanha (Bosset *et al.*, 1999). Nos Alpes, as elevadas altitudes favorecem a diversidade da composição das pastagens, com diminuição da proporção das gramíneas, pobres em terpenos, e aumento da proporção de dicotiledóneas, particularmente das famílias das Compostas, Rosáceas e Plantagináceas, muito mais ricas em terpenos (Mariaca *et al.*, 1997, Jeangros *et al.*, 1999). A utilidade da utilização dos terpenos para a discriminação do leite provenientes de vacas alimentadas de forma convencional (concentrados baseados em cevada, silagem de milho, feno de azevém e feno de pastagens de montanha) foi avaliada por Martin *et al.* (2005). Estes autores concluíram que os terpenos por si só não permitiram discriminar os tipos de dietas. Contudo, quando combinados com outros parâmetros, como a composição em ácidos gordos do leite os resultados obtidos foram excelentes.

A aplicação do perfil de terpenos para a discriminação de carnes tem sido muito menos estudada do que em leite/queijo. Priolo *et al.* (2004) estudaram a composição dos terpenos em borregos produzidos e acabados em pastagens, produzidos em pastagens e acabados com alimentos concentrados e produzidos e acabados com concentrados. Os níveis de terpenos que encontraram foram muito baixos. Apenas um monoterpeneo foi afetado pelos tratamentos, o p-cymene. No caso dos sesquiterpenos vários compostos apresentaram diferenças, e o β -cariofileno mostrou forte relação com a alimentação em pastoreio. Com este método não conseguiram discriminar o grupo dos borregos produzidos com pastagem e acabados com concentrado dos outros dois grupos.

7.5 Diterpenos e tetraprenos

Alguns diterpenos (tocoferóis e tocotrienóis) e tetraprenos (carotenoides) de origem vegetal são outros compostos com potencial para marcadores dos sistemas de produção. A quantidade e a composição dos tocoferóis e tocotrienóis nas plantas variam entre espécies (Hess, 1993) e, pelo menos no caso das Brassicas, estes compostos têm grande valor taxonómico (Goffman *et al.*, 1999).

A carne de bovino tem um perfil de diterpenos pouco diversificado, predominando o α -tocoferol e o γ -tocoferol (Prates *et al.*, 2006). Em carnes de bovinos portugueses DOP, o γ -tocoferol apresenta variação com a época de produção, refletindo a disponibilidade em erva e o nível de suplementação com concentrado (Quaresma *et al.*, não publicado). Pastagens são ricas em α -tocoferol mas apresentam baixo teor em γ -tocoferol, enquanto que os alimentos concentrados de

modo geral apresentam maior concentração em γ -tocoferol (Ponte *et al.*, 2008).

O perfil de diterpenos da carne de aves é bastante mais complexo que nos ruminantes, com presença de α , β , γ e δ tocoferóis e os correspondentes tocotrienóis. Contudo estes perfis não permitem a discriminação entre aves criadas em confinamento ou a “campo” (Pontes *et al.*, 2008). Suínos acabados ao ar livre na zona mediterrânea têm níveis mais elevados de γ -tocoferol que os produzidos em sistemas convencionais, refletindo o alto teor em γ -tocoferol da bolota (Daza *et al.*, 2005; Rey *et al.*, 1998).

Os carotenoides são a classe de pigmentos mais generalizada nos seres vivos mas só podem ser sintetizados pelas plantas e pelos protistas (Torrissen, 2000). As folhas verdes das plantas são fontes alimentares ricas em carotenoides e a fenação resulta em grande redução destes pigmentos. Os compostos mais importantes deste grupo são a luteína, β -caroteno, 13 *cis*- β -caroteno, zeaxantina (Prache *et al.*, 2003a). Contudo só a luteína nos ovinos e caprinos e a luteína e o beta-caroteno nos bovinos se depositam no tecido adiposo dos ruminantes (Yang *et al.*, 1992; Prache *et al.*, 2003b). Prache e Theriez (1999) demonstraram que os carotenoides podem ser utilizados com biomarcadores da alimentação à base de pastagens e forragens e propuseram um método não invasivo baseado no espectro de reflectância entre os 450 e os 510 nm, que corresponde à zona de absorção dos carotenoides. A aplicação deste método para a discriminação de carnes provenientes de animais produzidos e acabados em pastoreio, produzidos em pastoreio e acabados com concentrados e produzidos em acabados com concentrados foi explorada por Prache *et al.* (2003a, b). Os resultados só foram satisfatórios quando a par do teor de carotenoides na carne se consideram os carotenoides do plasma. Martin *et al.* (2005) mediram a cor (b^*) e a concentração de β -caroteno em leite de vacas alimentadas com forragens de várias composições e verificaram que foi possível fazer uma distinção, embora parcial. Verificaram existir uma grande variação na cor do leite quando as vacas foram alimentadas com feno, o que impediu a separação clara dos leites de vacas com outros tipos de dietas.

7.6 Compostos fenólicos

Os compostos fenólicos são um vasto grupo de compostos vegetais, alguns dos quais desempenham um papel importante em termos da saúde humana (Scalbert *et al.*, 2005). A diversidade na estrutura dos polifenóis é muito grande, estão identificados mais de 4000 flavonoides) e a molécula fenólica é frequentemente característica de uma determinada espécie vegetal ou mesmo de um tecido específico.

Scalbert e Williamson (2000), numa revisão sobre a biodisponibilidade dos polifenóis da dieta, referem que estes compostos são metabolizados de uma forma extensa tanto no tubo digestivo como nos tecidos resultando em metabolitos, muitos dos quais são ainda desconhecidos, que podem ser combinados e transformados no fígado. Alguns compostos fenólicos foram encontrados no leite (Lopez e Lindsay, 1993; Besle *et al.*, 2005; O’Connell e Fox, 2001) e na sua maioria parecem ser inespecíficos e resultantes do catabolismo dos compostos fenólicos das paredes celulares (lenhina e ácidos hidroxicinâmicos). Contudo, foram identificados outros compostos que parecem ser específicos de uma determinada dieta. O potencial deste grupo de compostos vegetais como marcadores químicos do tipo de alimentos ingeridos pelos animais é reconhecido, embora a informação disponível seja ainda muito limitada.

7.7 Isótopos estáveis

Nos últimos anos têm sido publicados bastantes trabalhos onde se refere a utilização das razões entre isótopos estáveis para identificar a origem e o sistema de produção da carne (Piasentier *et al.*, 2003; Boner e Forstel, 2004; Renou *et al.*, 2004a; Schmidt *et al.*, 2005) e do leite e produtos lácteos (Rossman *et al.*, 2000; Pillonel *et al.*, 2003a; Renou *et al.*, 2004b; Brescia *et al.*, 2005). As razões entre isótopos são normalmente expressas como valores δ , definidos como sendo “((valor da razão na amostra – valor da razão de referência) / valor da razão de referência)*1000” pode ser utilizado como marcador natural de compostos vegetais que se relacionam com múltiplos fatores ambientais. Estes métodos têm sido utilizados para a autenticação de vinhos, sumos de frutas e outros produtos vegetais (Rossman, 2001). O $\delta^2\text{H}$ e $\delta^{18}\text{O}$ são afetados por fatores climáticos e têm interesse na verificação da origem geográfica, tal como foi referido por Martin e Martin (2003). O $\delta^{15}\text{N}$ é influenciado pelas condições de solo, pela intensificação das práticas agrícolas, do tipo de adubos azotados utilizado e pela composição botânica das pastagens (Piasentier *et al.*, 2003). O $\delta^{15}\text{N}$ no solo, nas plantas e nos produtos, é maior quando se utilizam fertilizantes orgânicos (Kreitler e Jones, 1975) e varia inversamente com a proporção de leguminosas nas pastagens (Yoneyama, 1995). O $\delta^{87}\text{Sr}$ pode também ser utilizado como indicador da origem. Este valor está relacionado com os tipos de rocha e de solo e não é afetado pela atividade humana, pelo clima ou estação do ano (Pillonel *et al.*, 2003a; Rossmann *et al.*, 2000).

O $\delta^{13}\text{C}$ está associado com o metabolismo da fotossíntese das plantas. As plantas em C3, que fixam o carbono pela via do ciclo de Calvin, apresentam valores de $\delta^{13}\text{C}$ menores do que as plantas em C4, que fixam o carbono pela via do ciclo de Hatch-Slack (O’Leary, 1981). O valor de $\delta^{13}\text{C}$ nos tecidos animais reflecte o mesmo valor na dieta, embora a síntese de lípidos induza um fracionamento dos isótopos, durante a oxidação do piruvato para acetilcoenzima-A, o que determina um valor inferior $\delta^{13}\text{C}$ nos tecidos muito ricos em lípidos (DeNiro e Epstein, 1977). A maioria dos alimentos concentrados inclui quantidades importantes de matérias primas provenientes de plantas em C4 (milho, sub-produtos do milho, sorgo ou melaços). Assim, dietas ricas em silagem de milho ou em concentrados resultam em produtos animais com valores elevados de $\delta^{13}\text{C}$ (DeSmet *et al.*, 2004; Janeiro *et al.*, 2005) (Figura 2). O valor de $\delta^{13}\text{C}$ nos tecidos pode ser utilizado como marcador do tipo de alimentação recebida pelos animais e pode ser indicador da duração do tempo de acabamento com alimentos concentrados antes do abate. Como foi referido por DeSmet *et al.* (2004), os tecidos apresentam taxas de turnover diferentes e podem necessitar de tempos também diferentes para estabilizar o valor de $\delta^{13}\text{C}$. Assim, as determinações de $\delta^{13}\text{C}$ em tecidos biológicos diferentes podem eventualmente ser utilizadas para definir a duração do período de suplementação com concentrados. Contudo, é necessário mais trabalho de investigação para ser possível tomar em conta os vários fatores que afetam a $\delta^{13}\text{C}$ nos tecidos, tais como a taxa de crescimento, a deposição de gordura e a proporção da gordura sintetizada *de novo* (sujeita ao fracionamento dos isótopos) ou transferida diretamente das fontes alimentares.

7.8 Outros marcadores químicos e técnicas de espectrofotometria

Existem outros marcadores químicos que foram explorados por diversos autores e que não serão referidos neste trabalho que não se pretende que seja exaustivo. Contudo, fazemos uma breve referência a compostos principais ou vestigiais que foram utilizados para a identificação da origem de queijo (Pillonel *et al.*, 2003a) ou do contributo do escatole (3-methylindol) e dos ácidos gordos de cadeia ramificada na diferenciação da carne de borregos produzidos em pastagem

(Priolo *et al.*, 2001). O escatole resulta da degradação do triptofano pela flora microbiana ruminal e este processo metabólico poderá ser mais acentuado quando os animais são alimentados à base de forragens verdes. Ainda um outro composto, presente nas folhas verdes das espécies forrageiras, 2,3-octanediona, pode ser utilizado como marcador do tipo de alimentação dos ruminantes (Young *et al.*, 1997).

Outras abordagens baseadas nos padrões do espectro, que se relacionam com a complexidade da matriz química dos alimentos, serão também brevemente referidas. Estas incluem técnicas instrumentais não invasivas, como a espectroscopia de infravermelhos e de fluorescência superficial (“front-face fluorescence”).

Dados dos perfis químicos, combinados com espectroscopia de infravermelhos foram utilizados para discriminar a origem de queijos Emmental produzidos em diversos países europeus (Pillonel *et al.*, 2003b; Karoui *et al.*, 2005a). Num outro trabalho, Juárez *et al.* (2008) verificaram ser possível discriminar diversos tipos de borregos produzidos em Espanha com base nos resultados da espectroscopia na zona do visível (400-700 nm), conseguindo melhorar os seus resultados associando a reflectância com outras características físico químicas básicas da carne.

A discriminação de queijos segundo a sua origem geográfica utilizando a espectroscopia de fluorescência do tipo “front-face” foi referida por Karoui *et al.* (2005a, 2005b). Os resultados mostram que o espectro de fluorescência registado diretamente sobre a superfície dos queijos são “marcas” que permitem a sua identificação em função da sua região de produção. Estas técnicas analíticas são de rápida execução e são de baixo custos o que permite utiliza-las em condições de experimentação ou em procedimentos de controle nos circuitos de produção e comercialização dos produtos lácteos (Karoui *et al.*, 2004).

7.9 Conclusões

Os resultados recentes da investigação demonstram o potencial de várias técnicas para a determinação da origem geográfica e dos sistemas subjacentes à produção dos alimentos de origem animal. Quer a origem como os sistemas de produção podem ser discriminados com precisão recorrendo à combinação de diversos marcadores químicos e com tecnologia adequada. Como referiram Martin *et al.* (2005), a maioria destas técnicas têm pouca aplicabilidade em situações de rotina e são de elevado custo, contudo o conhecimento desta capacidade e a sua divulgação pode ter um efeito dissuasor das fraudes.

Alguns dos produtos DOP, como a Carne Alentejana DOP e Carne Mertolenga DOP, incluem nos seus cadernos de especificações normas quanto aos períodos de acabamento com alimentos concentrados. O desenvolvimento de métodos precisos e de fácil implementação em condições comerciais será de grande utilidade. A discriminação de carnes provenientes de animais acabados com concentrados ou com forragens é facilmente conseguida por meio de vários marcadores químicos. Já se torna mais difícil quando os sistemas de produção mistos, que incluem períodos de pastoreio e de alimentação com concentrados. A utilização de outro tipo de marcadores, como a $\delta^{13}\text{C}$ nos tecidos com diferentes tempos de estabilização, a composição em ácidos gordos combinada com outros marcadores químicos são possibilidades com forte potencial de aplicação.

Referências bibliográficas

- Agabriel, C.; Martin, B.; Sibra, C.; Bonnefoy, J.C.; Montel, M.-C.; Didiene, R.; Hulin, S. (2004) - Effect of dairy production systems on sensory characteristics of Cantal cheeses: a plant-scale study. *Animal Research*, vol. 53, p. 221-234.
- Besle, J.M.; Lamaison, I.L.; Dujol, B.; Pradel, P.; Fraise, D.; Viala, D. e Martin, B. (2005) - Flavonoids and other phenolics in milk as a putative tool for traceability of dairy production systems. *In: Indicators of milk and beef quality*. J. F. Hocquette e S. Gigli (Eds.). EAAP publication no. 112. Wageningen, Wageningen Academic Publishers, p. 345-348.
- Bessa, R.J.B.; Santos-Silva, J.; Ribeiro, J.M.R. e Portugal, A.V. (2000) - Reticulo-rumen biohydrogenation and the enrichment of ruminant edible products with linoleic acid conjugated isomers. *Livestock Production Science*, vol. 63, p. 201-211.
- Bessa, R.J.B.; Portugal, P.V.; Mendes, I.A. e Santos-Silva, J. (2005) - Effect of lipid supplementation on growth performance; carcass and meat quality and fatty acid composition of intramuscular lipids of lambs fed dehydrated lucerne or concentrate. *Livestock Production Science*, vol. 96, p. 185-194.
- Bessa, R.J.B., Alves, S.P., Figueiredo, R., Teixeira, A., Rodrigues A., Janeiro, A., Costa, M.C., Santos-Silva, J. e Prates, J.A.M. (2006). Discrimination of production system and origin of animal products using chemical markers. *In: Ramalho Ribeiro, J.M.R.; Horta, A.E.M.; Mosconi, C. e Rosati, A. (Eds.), Animal Products from the Mediterranean area*. EAAP Scientific Series, Publication 119. Wageningen, Wageningen Academic Publishers, p. 231-240.
- Boner, M. e Forstel, H. (2004) - Stable isotope variation as a tool to trace the authenticity of beef. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, vol. 378, p. 301-310.
- Bosset, J.O.; Jeangros, B.; Berger, T.; Butokofer, U.; Collomb, M.; Gauch, R; Lavanchy, P; Scehovic, J.; Troxler, J. e Sieber, R. (1999) - Comparaison de fromages à pâte dure de type Gruyère produits en régions de montagne et de plaine. *Revue Suisse d'Agriculture*, vol. 31, p. 17-22.
- Brescia, M.A; Monfreda, M.; Buccolieri, A. e Carrino, C. (2005) - Characterization of the geographical origin of buffalo milk and mozzarella cheese by means of analytical and spectroscopic determinations. *Food Chemistry*, vol. 89, p. 139-147.
- Cabrita, A.R.J.; Fonseca, A.J.M.; Dewhurst, R.J. e Gomes, E. (2003) - Nitrogen supplementation of corn silages. 2. Assessing rumen function using fatty acid profiles of bovine milk. 1. *Dairy Science*, vol. 86, p. 4020-4032.
- Collomb, M.; Sieber, R. e Butikofer, U. (2004) - CLA isomers in milk fat from cows fed diets with high levels of unsaturated fatty acids. *Lipids*, vol. 39, p. 355-364.
- Coulon, J.-B.; Delacroix-Buchet, A.; Martin, B. e Pirisi, A. (2004) - Relationships between ruminant management and sensory characteristics of cheese: a review. *Lait*, vol. 84, p. 221-241.
- Daza, A; Rey A.I.; Ruiz, J. e Lopez-Bote, C.J. (2005) - Effects of feeding in free-range conditions or in confinement with different dietary MUFA/PUFA ratios and α -tocopheryl acetate; on antioxidants accumulation and oxidative stability in Iberian pigs. *Meat Science*, vol. 69, p. 151-163.
- De Niro, M.J. e Epstein, S. (1977) - Mechanism of carbon isotope fractionation associated with lipid synthesis. *Science*, vol. 197, p. 261-263.
- De Smet, S.; Balcaen, A.; Claeys, E.; Boeckx, P. e Van Cleemput, O. (2004) - Stable carbon isotope analysis of different tissues of beef animals in relation to their diets. *Rapid Communications in Mass Spectrometry*, vol. 18, p. 1227-1232.

- Dumont, J.P. e Adda, J. (1978) - Occurrence of sesquiterpenes in mountain cheese volatiles. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, vol. 26, p. 364-367.
- Garcia-Olmo, J.; De Pedro, E.; Garrido, A.; Paredes, A.; Sanabria, C.; Santolalla, M.; Salas, J.; Garcia-Hierro, J.R.; Gonzalez, I.; Garcia-Cachan, M.D. e Guirao, J. (2002). Determination of the precision of the fatty acid analysis of Iberian pig fat by gas chromatography. Results of a mini collaborative study. *Meat Science*, vol. 60, p. 103-109.
- Goffman, E.; Thies, W. e Velasco, L. (1999) - Chemotaxonomic value of tocopherols in Brassicaceae. *Phytochemistry*, vol. 50, p. 793-798.
- Hess, J.L. (1993) - Vitamin E, alpha-Tocopherol. *In: Alsher, R.G. e Hess, J.L. (Eds.), Antioxidants in Higher Plants*. Boca Raton, FL, CRC Press, p. 111-134.
- Jeangros, B.; Scehovic, J.; Troxler, J.; Bachmann H.J. e Bosset, J.O. (1999) - Comparaison de caractéristiques botaniques et chimiques d'herbages pâturés en plaine et en montagne; *Fourrages*, vol. 159, p. 277-282.
- Joblin, K.N. e Hudson, J.A. (1997) - Management of milk flavour through the manipulation of rumen microorganisms. *In: Welch, R.A.S.; Burns, D.J.W.; Davis, S.R.; Popay, A.I. e Prosser, C.G. (Eds.), Milk composition; production and biotechnology*. CAB International, p. 455- 463.
- Juárez, M.; Alcalde, M.J.; Horcada, A.; Molina, A. (2008) - Southern Spain lamb types discrimination by using visible spectroscopy and basic physicochemical traits. *Meat Science*, vol. 80, p. 1249-153.
- Karoui, R.; Dufour, E.; Pillonel, L.; Picque, D.; Cattenoz, T. e Bosset, J.O. (2004) - Determining the geographic origin of Emmental cheeses produced during winter and summer using a technique based on the concentration of MIR and fluorescence spectroscopic data. *European Food Research and Technology*, vol. 219, p. 184-189.
- Karoui, R.; Dufour, E.; Pillonel, L.; Schaller, E.; Picque, D.; Cattenoz T. e Bosset, I.O. (2005a) - The potential of combined infrared and fluorescence spectroscopies as a method of determination of the geographic origin of Emmental cheeses. *International Dairy Journal*, vol. 15, p. 287-298.
- Karoui, R.; Bosset, J.O.; Mazerolles, G.; Kulmyrzaev, A. e Dufour, E. (2005b) - Monitoring the geographic origin of both experimental French Jurahard cheeses and Swiss Gruyere and L'Etivaz PDO cheeses using mid-infrared and fluorescence spectroscopies: a preliminary investigation. *International Dairy Journal*, vol. 15, p. 275-286.
- Kesselmeier, I e Staudt, M. (1999) - Biogenic volatile organic compounds (VOC): An overview on emission; physiology and ecology. *Journal of Atmospheric Chemistry*, vol. 33, p. 23-88.
- Kreitler, E.W. e Jones, D.E. (1975) - Natural soil nitrate: the cause of the nitrate contamination of ground water in Runnels County; Texas. *Ground Water*, vol. 13, p. 53-62.
- Larick, D.K.; Hedrick, H.B.; Bailey, M.E.; Williams J.E.; Hancock, D.L.; Garner, G.B. e Morrow, R.E. (1987) - Flavor constituents of beef as influenced by forage and grain feeding. *Journal of Food Science*, vol. 52, p. 245-251.
- Lopez, V. e Lindsay, R.C. (1993) - Metabolic conjugates as precursors for characterizing flavor compounds in ruminant milks. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 41, p. 446-454.
- Mariaca, R.G.; Berger, T.F.H.; Gauch, R.; Imhof, M.I.; Jeangros, B. e Bosset, I.O. (1997) - Occurrence of volatile mono and sesquiterpenoids in highland and lowland plant species as possible precursors for flavour compounds in milk and dairy products. *Journal of Agri-*

cultural and Food Chemistry, vol. 45, p. 4423-4434.

- Martin, B.; Cornu, A.; Kondjoyan, N.; Ferlay, A.; Verdier-Metz, I.; Pradel, P.; Rock, E.; Chilliard, Y.; Coulon, I.B. e Berdague, I.L. (2005) - Milk indicators for recognizing the types of forages eaten by dairy cows. *In*: Hocquette, J.F. e Gigli, S. (Eds.), Indicators of Milk and Beef Quality. EAAP publication no. 112. Wageningen, Wageningen Academic Publishers, p. 127-136.
- Martin, G.J. e Martin, M. (2003) - Climatic significance of isopoperatio. *Phytochemistry Reviews*, vol. 2, p. 179-190.
- Moio, L.; Rillo, L.; Ledda, A. e Addeo, E. (1996) - Odorous constituents of ovine milk in relationship to diet. *Journal of Dairy Science*, vol. 79, p. 1322-1331.
- Nixon, L.N.; Wong, E.; Johnson C.B. e Birch E.J. (1979) - Nonacidic constituents of volatiles from cooked mutton. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 27, p. 355-359.
- O'Connell, LE e Fox P.E (2001) - Significance and applications of phenolic compounds in the production and quality of milk and dairy products: a review. *International Dairy Journal*, vol. 11, p. 103-120.
- O'Leary, M.H. (1981) - Carbon isotope fractionation in plants. *Phytochemistry*, vol. 20, p. 553-567.
- Piasentier, E.; Valusso, R.; Carnin, F. e Versini, G. (2003) - Stable isotope ratio analysis for authentication of lamb meat. *Meat Science*, vol. 64, p. 239-247.
- Pillonel, L.; Badertscher, R.; Froidevaux, P.; Haberhauer, G.; Holzl, S.; Horn, P.; Jakob, A.; Pfammater, E.; Piantini, U.; Rossmann, A.; Tabacchi R. e Bosset, J.O. (2003a) - Stable isotopes ratios, major, trace and and radioactive elements in emmental cheeses of different origins. *LWT - Food Science and Technology*, vol. 36, p. 615-623.
- Pillonel, L.; Luginbuhl, W.; Picque, D.; Schaller E.; Tabacchi, R e Bosset, J.O. (2003b) - Analytical methods for the determination of the geographic origin of Emmental cheese: mid-and near-infrared spectroscopy. *European Food Research and Technology*, vol. 216, p. 174-178.
- Ponte P.I.P.; Alves, S.P.; Bessa, R.J.B.; Ferreira, L.M.A.; Gama, L.T.; Fontes, C.M.G.A. e Prates, J.A.M. (2008) - Influence of pasture intake on the fatty acid composition, cholesterol, tocopherols and tocotrienols in meat from free range broilers. *Poultry Science*, vol. 87, p. 80-88.
- Prache, S. e Theriez, M. (1999) - Traceability of lamb production systems: Carotenoids in plasma and adipose tissue. *Animal Science*, vol. 69, p. 29-36.
- Prache, S.; Priolo A. e Grolier, P. (2003a) - Persistence of carotenoid pigments in the blood of concentrate-finishing grazing sheep: Its significance for the traceability of grass-feeding. *Journal of Animal Science*, vol. 81, p. 360-367.
- Prache, S.; Priolo, A. e Grolier P. (2003b) - Effect of concentrate finishing on the carotenoid content of perirenal fat in grazing sheep: its significance for discriminating grass-fed, concentrate-fed and concentrate-finished grazing lambs. *Animal Science*, vol. 77, p. 225-233.
- Prates, J.A.M.; Quaresma, M.A.G.; Bessa, R.J.B.; Fontes, C.A. e Alfaia, C.M.M. (2006) - Simultaneous HPLC quantification of total cholesterol; tocopherols and β -carotene in Barrosa-PDO veal. *Food Chemistry*, vol. 94, p. 469-477.
- Priolo, A.; Micol, D. e Agabriel, I. (2001) - Effects of grass feeding systems on ruminant meat colour and flavour. A review. *Animal Research*, vol. 50, p. 185-200.
- Priolo, A.; Cornu, A.; Prache, S.; Krogmann, M.; Kondjoyan, N.; Micol, D. e Berdague, I.L. (2004). Fat volatiles tracers of grass feeding in sheep. *Meat Science*, vol. 66, p. 475-481.

- Renou, J-P.; Bielicki, G.; Deponge, C.; Gachon, P.; Micol, D. e Ritz, P. (2004a) - Characterization of animal products according to geographic origin and feeding diet using nuclear magnetic resonance and isotope ratio mass spectrometry. Part II: Beef meat. *Food Chemistry*, vol. 86, p. 251-256.
- Renou, J-P.; Deponge, C.; Gachon, P.; Bonnefoy, J.C; Coulon. J.P.; Garel, J.P.; Verite, R. e Ritz, P. (2004b) - Characterization of animal products according to geographic origin and feeding diet using nuclear magnetic resonance and isotope ratio mass spectrometry. Cow milk. *Food Chemistry*, vol. 85, p. 63-66.
- Rey, A.I.; Isabel, B.; Cava, R. e Lopez-Bote, C.J. (1998) - Dietary acorns provide a source of gamma-tocopherol to pigs raised extensively. *Canadian Journal of Animal Science*, vol. 78, p. 441-443.
- Rossmann, A. (2001) - Determination of stable isotope ratios in food analysis. *Food Reviews International*, vol. 17, p. 347-381.
- Rossmann, A.; Haberhauer, G.; Holzl, S.; Horn, P.; Pichlmayer, E. e Voerkelius, S. (2000) - The potential of multi element stable isotope analysis for regional origin assignment of butter. *European Food Research and Technology*, vol. 211, p. 32-40.
- Santos-Silva, J.; Bessa, R.J.B. e Santos-Silva, F. (2002) - Effect of genotype; feeding system and slaughter weight on the quality of light lambs II. Fatty acid composition of meat. *Livestock Production Science*, vol. 77, p. 187-194.
- Scalbert, A. e Williamson G. (2000) - Dietary intake and bioavailability of polyphenols. *Journal of Nutrition*, vol. 130, p. 2073S-2085S.
- Scalbert. A.; Manach, C.; Morand, C. e Remesy, C. (2005) - Dietary polyphenols and the prevention of diseases. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, vol. 45, p. 287-306.
- Schmidt, O.; Quilter, I.M.; Bahar, B.; Moloney, A.P.; Scrimgeour, C.M.; Begley, I.S. e Monohan, F.J. (2005) - Inferring the origin and dietary history of beef from C, N and S stable isotope ratio analysis. *Food Chemistry*, vol. 91: 545-549.
- Torrissen, O.J. (2000) - Dietary delivery of carotenoids. *In: Dekker, E.; Faustman, C. e Lopez-Bote, C.J. (Eds.), Antioxidants in Muscle Foods*. New York, John Wiley & Sons, p. 289-313.
- Urbach, G. (1990) - Effect of feed on flavor in dairy foods. *Journal of Dairy Science*, vol. 73, p. 3639-3650.
- Viallon, C.; Martin, B.; Verdier-Metz, I.; Pradel, P.; Garel I.P.; Coulon J.B. e Berdague, J.L. (2000) - Transfer of Mono terpenes and sesquiterpenes from forages into milk. *Lait*, vol. 80, p. 635-641.
- Yang, A.; Larsen T.W. e Tume, R.K. (1992) - Carotenoid and retinal concentrations in serum; adipose tissue and liver and carotenoids transport in sheep, goats and cattle. *Australian Journal of Agricultural Research*, vol. 43, p. 1809-1817.
- Yoneyama, T. (1995) - Nitrogen metabolism and fractionation of nitrogen isotopes in plants. *In Wada, E.; Yoneyama, T.; Minagawa, M.; Ando, T. e Fry, B.D. (Eds.), Stable isotopes in the Biosphere*. Kyoto, Kyoto University Press, p. 92-102.
- Young, O.A; Berdague, J.L.; Viallon, C.; Rousset-Akrim, S. e Theriez, M. (1997) - Fat-borne volatiles and sheepmeat odour. *Meat Science*, vol. 45, p. 183-200.

Capítulo

8

Valorização de produtos de montanha do ponto de vista nutricional e bioativo: estudos de caso em plantas, cogumelos e frutos secos

Lillian Barros, João C.M. Barreira, Sandrina A. Heleno, Ângela Fernandes, Maria Inês Dias, José Pinela, Cristina Caleja, Eliana Pereira, Márcio Carochó e Isabel C.F.R. Ferreira

Resumo

Atualmente, os consumidores reconhecem a relação entre nutrição e saúde, aumentando a sua preferência por “alimentos funcionais” e “nutracêuticos”. Neste sentido, vários produtos de montanha são utilizados não apenas pelas suas propriedades nutricionais mas também pelo seu enorme potencial bioativo. Alguns exemplos incluem plantas e cogumelos silvestres do Nordeste de Portugal, bem como frutos secos que se tornam alvos extremamente interessantes quer pelos benefícios diretos que podem trazer aos consumidores, quer pelo potencial de incorporação noutros alimentos de forma a conferir-lhes propriedades bioativas e permitir o desenvolvimento de novos produtos/novas formulações. O grupo BioChemCore do Centro de Investigação de Montanha (CIMO) já estudou as propriedades químicas, nutricionais e bioativas de dezenas destes produtos e alguns dos resultados mais recentes relativos às espécies comestíveis são apresentados e discutidos no presente capítulo.

Lillian Barros, João C.M. Barreira, Sandrina A. Heleno, Ângela Fernandes, Maria Inês Dias, José Pinela, Cristina Caleja, Eliana Pereira, Márcio Carochó, Isabel C.F.R. Ferreira (✉)
Centro de Investigação de Montanha (CIMO) e Escola Superior Agrária, Instituto Politécnico de Bragança, Campus de Santa Apolónia, 5300-253 Bragança
Email: iferreira@ipb.pt

8.1 Introdução

Desde os nossos antepassados que as plantas e os cogumelos assumem um papel de grande relevância, não só na alimentação (como alimento ou condimento), mas também a nível terapêutico, uma vez que possuem propriedades medicinais com grande potencial no tratamento de diversas doenças (infeciosas e não infecciosas). No caso particular dos frutos secos, as suas potenciais vantagens terapêuticas estão associadas a propriedades organolépticas apreciadas de forma global.

O facto de plantas, cogumelos e/ou frutos secos serem uma fonte natural de compostos bioativos, tais como polifenóis, vitaminas, carotenoides e ácidos gordos insaturados, estimula a sua aplicação em diversas áreas. Para além dos benefícios associados ao seu consumo direto, na indústria alimentar podem ser utilizados como ingredientes em formulações de alimentos funcionais e nutracêuticos e na indústria farmacêutica na produção de fitofármacos (representando uma parte bastante significativa relativamente ao mercado farmacêutico mundial) (Bolling *et al.*, 2011; Ferreira *et al.*, 2009; Pal *et al.*, 2010; Ramarathnam *et al.*, 1995; Skerget *et al.*, 2005).

Nos últimos anos, tem havido um crescente interesse no consumo das matrizes mencionadas, devido às propriedades químicas, nutricionais e medicinais, desencadeando vários estudos científicos. Isto deve-se ao facto da ação de matrizes naturais ter menos efeitos colaterais, e também à sua riqueza em termos de substâncias biologicamente ativas que podem ser extraídas evitando procedimentos de síntese química (Marques e Farah, 2009; Yordanov *et al.*, 2009). As plantas aromáticas e condimentares, bem como os cogumelos, contribuem para o gosto e sabor da nossa dieta, mas também são bastante utilizados como conservantes naturais na indústria alimentar e como fonte de fitoterápicos, na indústria farmacêutica e cosmética (Gahukar, 2012; Pal *et al.*, 2010). Já os frutos secos, estão a tornar-se cada vez mais importantes para a alimentação humana, devido à sua composição e possíveis benefícios para a saúde. A castanha, por exemplo, pode integrar dietas isentas de glúten em casos de doença celíaca (Pazianas *et al.*, 2005), enquanto a amêndoa apresenta um perfil lipídico que pode favorecer a redução de doenças coronárias (Sabaté *et al.*, 2000).

Por se tratarem de matrizes de tão elevado potencial e abundarem na região do Nordeste de Portugal, o grupo de investigação BioChemCore (<http://www.esa.ipb.pt/biochemcore>) do Centro de Investigação de Montanha tem desenvolvido vários estudos em plantas e cogumelos silvestres, bem como em castanha e amêndoa, no que concerne às suas propriedades nutricionais, valorização do ponto de vista bioativo e medicinal e aplicação no desenvolvimento de nutracêuticos e alimentos funcionais.

8.2 As plantas

8.2.1 Valor nutricional e compostos bioativos

A região nordeste da província de Trás-os-Montes, a norte de Portugal, apresenta condições ecológicas e etnográficas muito diversificadas, onde várias espécies vegetais silvestres são utilizadas como alimento, condimento e na preparação de remédios tradicionais. Em tempos de escassez, estas espécies vegetais foram a principal fonte de alimento das populações rurais e o seu consumo, enquanto elementos da dieta mediterrânica, está associado à longevidade humana (Carvalho e Morales, 2013). Atualmente, estas espécies apresentam um elevado potencial na

cozinha contemporânea e gourmet, pois o consumidor procura alimentos, sabores e aromas diferenciados daqueles consumidos diariamente, assim como pratos regionais onde estas plantas são ingredientes indispensáveis.

A composição nutricional de frutos e vegetais silvestres usados como alimento, bem como de plantas aromáticas, medicinais e condimentares, é apresentada nos Quadros 1 e 2. De um modo geral, os frutos apresentam teores reduzidos de proteínas e lípidos e níveis elevados de glúcidos, açúcares livres e ácidos gordos monoinsaturados (MUFA). Já as espécies consumidas como verduras apresentam os teores mais elevados em PUFA e níveis reduzidos de glúcidos, açúcares livres e proteínas. As verduras apresentam também os teores mais elevados de água, particularmente as duas espécies semiaquáticas, *Montia fontana* L. (merujas) e *Rorippa nasturtium-aquaticum* (L.) Hayek (agrião), com valores acima de 93%. Estas espécies destacam-se também pelo conteúdo elevado de ácidos gordos polinsaturados (PUFA) e cinzas (minerais) e teores reduzidos de ácidos gordos saturados (SFA) e açúcares livres. Entre as verduras, *Asparagus acutifolius* L. (espargo-bravo-menor), *Tamus communis* L. (norça-preta) e *Bryonia dioica* Jacq. (norça) são as espécies a apresentar os teores mais elevados de proteínas. *B. dioica* apresenta também um elevado teor em lípidos e PUFA e a maior contribuição energética, em comparação com as outras verduras. De destacar o fruto de *Prunus avium* L. (cereja), rico em água e açúcares redutores (frutose e glucose) mas isento de sacarose e com baixo teor em lípidos e SFA. Entre as plantas aromáticas, medicinais e condimentares, *Thymus mastichina* L. (tomilho-branco ou sal-puro) apresenta um elevado teor lipídico e energético e valores reduzidos de frutose e sacarose (açúcares livres). Esta espécie é um ingrediente sempre presente na cozinha regional, usada como condimento e substituto do sal.

O perfil nutricional das diferentes espécies, apresentado no Quadro 1, foi obtido através de métodos oficiais de análise de alimentos. Os açúcares e ácidos gordos (Quadro 2) foram analisados recorrendo a métodos cromatográficos, nomeadamente por cromatografia líquida de alta eficiência acoplada a um detetor de índice de refração (HPLC-RI) e cromatografia gasosa com detetor de ionização de chama (GC-FID), respetivamente.

Considerando apenas o teor em proteínas, glúcidos, lípidos ou açúcares livres, estas espécies vegetais não apresentam claramente um elevado valor nutritivo. No entanto, estes alimentos são fonte de outros nutrientes e não-nutrientes com efeitos benéficos na saúde do consumidor, nomeadamente vitaminas e compostos fenólicos. O Quadro 3 apresenta a composição em vitaminas (ácido ascórbico e tocoferóis) e compostos fenólicos (fenóis e flavonoides totais) das espécies em destaque. Os níveis mais elevados de ácido ascórbico e tocoferóis são apresentados por *Rumex induratus* Boiss. & Reut. (azedas) e *Rosa micrantha* Borrer ex Sm. (fruto, roseira-brava) e por *Laurus nobilis* L. (folhas, loureiro) e *Glechoma hederacea* L. (malvela), respetivamente. *T. communis* e *A. acutifolius* destacam-se pelo teor em compostos fenólicos e as inflorescências de *Origanum vulgare* L. (orégão) pelo conteúdo em flavonoides. *A. acutifolius* e os frutos de *Crataegus monogyna* Jacq. (espinheiro) revelam também níveis elevados de ácido ascórbico, tocoferóis e fenóis totais e as folhas de *Juglans regia* L. (nogueira) apresentam valores destacados de ambas as vitaminas. Os ramos floridos de *Chenopodium ambrosioides* L. (chá-bravo) apresentam teores reduzidos de fenóis, flavonoides e ácido ascórbico, mas um teor elevado de tocoferóis. Entre as flores estudadas, *Matricaria recutita* L. (camomila alemã) destaca-se das restantes pelo teor em compostos fenólicos, flavonoides e ácido ascórbico. Além das inflorescências de *O. vulgare*,

Mentha pulegium L. (poejo) também se destaca, entre as plantas medicinais e condimentares apresentadas, pelo conteúdo elevado de fenóis e flavonoides.

O ácido ascórbico, os tocoferóis e os compostos fenólicos são compostos bioativos envolvidos na prevenção de doenças crônicas degenerativas relacionadas com o stresse oxidativo e resposta inflamatória (Carocho e Ferreira, 2013). Neste sentido, a inclusão de frutos e vegetais na dieta é fundamental para reforçar as defesas antioxidantes do organismo humano a fim de prevenir várias doenças.

Os resultados apresentados no Quadro 3 foram obtidos após procedimentos apropriados de extração e análise. Os valores de ácido ascórbico foram obtidos por quantificação espectrofotométrica através do método do 2,6-dicloroindofenol ou recorrendo a técnicas avançadas de cromatografia, nomeadamente cromatografia líquida ultra rápida com um detetor de díodos (UFLC-DAD). Os tocoferóis foram analisados por HPLC com um detetor de fluorescência, o que permite não só a quantificação de tocoferóis totais mas também das diferentes isoformas (α , β , γ e δ) que compõem esta vitamina. A quantificação de grupos de compostos fenólicos pode ser efetuada por métodos espectrofotométricos, no entanto, este procedimento apresenta limitações devido à interferência de outras moléculas presentes na matriz em análise. Técnicas avançadas de cromatografia e espectrometria de massa (MS) permitem superar várias limitações e a identificação de compostos individuais.

8.2.2 Propriedades bioativas

O organismo humano necessita de um constante equilíbrio entre a produção de espécies reativas de oxigénio (ROS) e de compostos antioxidantes. Contudo, fatores como as drogas, o álcool, tabaco, radiação e mesmo os processos de inflamação, colocam em causa esse equilíbrio (Ferreira *et al.*, 2009). É por isso necessário fornecer ao organismo extratos ou compostos antioxidantes que permitam estabelecer um limite mínimo de radicais livres e prevenir o stresse oxidativo (Carocho e Ferreira, 2013). O conhecimento e o domínio das técnicas que permitem avaliar a atividade antioxidante de um extrato de plantas é crucial, existindo imensas metodologias para o mesmo. No Quadro 4 estão descritas algumas plantas silvestres caracterizadas pelo BioChemCore quanto às suas propriedades antioxidantes. As plantas silvestres apresentam muitas vantagens em termos biológicos pois representam um *pool* genético com grandes potencialidades bioativas (Schippmann *et al.*, 2002), estando as suas propriedades antioxidantes entre as bioatividades mais estudadas.

As técnicas apresentadas no quadro são métodos indiretos que simulam sistemas oxidáveis completos e métodos diretos nos quais o substrato está sujeito a processos de oxidação natural ou acelerada em laboratório. Um método indireto é a atividade captadora de radicais DPPH (2,2-difenil-1-picril-hidrazilo), sendo uma das metodologias mais usadas em todo o mundo, e baseia-se num radical estável que, em presença de um eletrão de hidrogénio da molécula dadora, é reduzido, mudando da habitual cor violeta para amarelo pálido, absorvendo a 515 nm (Ferreira *et al.*, 2009; Martins *et al.*, 2015a). O método do poder redutor consiste na redução de $\text{Fe}^{3+}/\text{complexo ferricianeto}$ ($[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$) a $\text{Fe}^{2+}/([\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-})$ por parte do antioxidante, produzindo uma resposta colorimétrica visível de amarelo para cor azul violeta (azul da prússia), quantificável a 700 nm (Ferreira *et al.*, 2009; Martins *et al.*, 2015a). Em termos de métodos diretos, a redução da descoloração do β -caroteno é um método térmico (50 °C) no qual o antioxidante se

liga ao β -caroteno retardando a sua descoloração (provocada pelo radical peróxido), sendo monitorizada a 470 nm (Ferreira *et al.*, 2009; Martins *et al.*, 2015a). Por último, o ensaio de TBARS consiste na reação do malondialdeído (MDA, produto secundário da peroxidação lipídica) com o ácido tiobarbitúrico formando um cromóforo avermelhado com uma absorvância a 532 nm. Na presença de antioxidantes não se forma o MDA, não havendo formação de cor (Ferreira *et al.*, 2009; Martins *et al.*, 2015a). Em todos estes ensaios o parâmetro de interpretação de resultados é o de EC₅₀ (concentração eficiente) que define a concentração de amostra que provoca a perda de 50% da atividade, ou seja, quanto maior a atividade antioxidante menor é o valor de EC₅₀ (mais baixa a concentração da amostra).

No Quadro 4 podemos observar os valores de EC₅₀ obtidos para os quatro ensaios de atividade antioxidante anteriormente descritos, nos diferentes grupos de plantas estudadas: verduras, plantas aromáticas, medicinais e condimentares, frutos e flores. Nas verduras, destaca-se *T. communis* como a espécie com maior potencial antioxidante, pois revelou os valores de EC₅₀ mais baixos, para todos os métodos com a exceção da atividade captadora de radicais DPPH, na qual as espécies de *Rumex acetosella* L. (azedinhas) e *R. induratus* demonstraram os melhores resultados (Pereira *et al.*, 2011). De todas as plantas aromáticas, medicinais e condimentares analisadas, as folhas de loureiro (*L. nobilis*) e noqueira (*J. regia*) destacam-se, tendo os menores valores de EC₅₀ em todos os ensaios realizados, apresentando por isso uma alta capacidade antioxidante em relação às outras plantas do mesmo grupo (Santos *et al.*, 2013; Dias *et al.*, 2014a). *C. monogyna* (Barros *et al.*, 2011b) e *R. micrantha* (Guimarães *et al.*, 2010) destacam-se como tendo a mais alta capacidade antioxidante no grupo dos frutos, enquanto *Achillea millefolium* L., milefólio, (Dias *et al.*, 2013) destaca-se no grupo das flores. Observando a capacidade antioxidante de todas as plantas estudadas, é o fruto de roseira-brava (*R. micrantha*) que apresenta os menores valores de EC₅₀ para três dos ensaios mencionados (poder redutor, inibição da descoloração do β -caroteno e ensaio TBARS) (Guimarães *et al.*, 2010).

Como foi referido anteriormente as plantas podem apresentar várias propriedades biológicas, e.g. antimicrobiana, antitumoral, inseticida ou citostática, e por isso a sua bioatividade é muitas vezes explorada de uma maneira multifatorial. Uma propriedade das plantas que invoca muito interesse por parte dos investigadores e também da indústria farmacêutica é a sua atividade antitumoral, substituindo os fármacos de síntese química, com inúmeros efeitos secundários, por produtos naturais com atividade semelhante (Carocho e Ferreira, 2013). Uma das metodologias *in vitro* mais usuais para a determinação do potencial antitumoral é o método da sulforrodamina B, que se baseia na determinação da densidade celular das células tumorais e não tumorais, após contato com os extratos em estudo, que por sua vez se ligam covalentemente ao corante permitindo uma leitura rápida e eficaz por espectrofotometria (Vichai e Kirtikara, 2006).

No Quadro 5 estão representados os valores de GI₅₀ para os ensaios de citotoxicidade em cinco linhas celulares tumorais (mama, pulmão, cólon, cervical e hepatocelular) e numa linha celular não tumoral (linha primária). Mais uma vez *A. millefolium* e *L. nobilis* destacam-se nos respetivos grupos, tendo sido obtidos os menores valores de GI₅₀ (concentração de amostra responsável por 50% de inibição do crescimento celular) e, por isso, uma maior capacidade citotóxica (Dias *et al.*, 2013; Dias *et al.*, 2014b). Ambos apresentam também alguma toxicidade numa cultura primária de células de fígado não-tumorais, no entanto, a uma concentração muito superior às obtidas para as linhas tumorais. No grupo dos frutos, *Arbutus unedo* L. (medronheiro) apresenta

os menores valores de GI_{50} para todos os ensaios, não apresentando toxicidade para a linha primária (Guimarães *et al.*, 2014).

As propriedades antimicrobianas dos extratos de plantas são também muito estudadas pelos investigadores, uma vez que a tolerância de fungos e bactérias a antibióticos de largo espectro tem vindo a aumentar indiscriminadamente nas últimas décadas devido ao uso descontrolado dos mesmos, sendo por isso fulcral encontrar novas alternativas (Adwan e Mhanna, 2008; Al-Hussaini *et al.*, 2009). O grupo de investigação BioChemCore realizou já alguns ensaios de avaliação da atividade antimicrobiana de plantas silvestres contra estirpes bacterianas e fúngicas. A grande maioria dos estudos centra-se em amostras de flores de *M. recutita* (Caleja *et al.*, 2015b), *Cytisus multiflorus* (L'Hér.) Sweet (giesta amarela) (Pinho *et al.*, 2014), *Sambucus nigra* L. (sabugueiro) (Pinho *et al.*, 2014), *R. micrantha* (Pinho *et al.*, 2014), *Filipendula ulmaria* (L.) Maxim. (rainha-dos-prados) e *Castanea sativa* Miller. (castanheiro) (Barros *et al.*, 2013b; Pinho *et al.*, 2014). No que toca ao estudo de partes aéreas, principalmente folhas, rebentos e caules, foram já estudadas as propriedades antimicrobianas de *A. acutifolius* (Pinho *et al.*, 2014), *B. dioica* (Pinho *et al.*, 2014), *Cistus ladanifer* L. (esteva) (Barros *et al.* 2013c; Pinho *et al.*, 2014) e *Melissa officinalis* L. (cidreira) (Carocho *et al.* 2015a). Plantas com propriedades aromáticas e medicinais foram também já estudadas quanto à sua capacidade antimicrobiana como *Foeniculum vulgare* Mill. (funcho) (Caleja *et al.*, 2015a), *O. vulgare* (Martins *et al.*, 2014a), *Salvia officinalis* L. (sálvia) (Martins *et al.*, 2015b) e *Thymus vulgaris* L. (tomilho) (Martins *et al.*, 2015c).

8.2.3 Ingredientes naturais à base de plantas

Hoje em dia, os alimentos não servem apenas para satisfazer a fome, mas também constituem um meio para promover a saúde do consumidor. Existe por parte dos consumidores, uma procura crescente por alimentos com elevado valor nutricional e bioativo (designados por alimentos funcionais) e que ao mesmo tempo apresentem tempo de prateleira mais longo. Existem mais de 25000 aditivos usados em alimentos, no entanto, vários estudos divulgam algumas reações adversas pelo seu consumo nomeadamente a nível gastrointestinal, respiratório, dermatológico e neurológico. Tendo em conta estes potenciais riscos para a saúde do consumidor, existe uma tendência para substituir os aditivos sintéticos por naturais (Carocho *et al.*, 2014a).

O conceito de alimentos funcionais surgiu há 40 anos, no entanto, o crescente interesse por este tipo de produto, quer por parte da indústria quer por parte da investigação científica só começou a ser observado a partir da segunda metade dos anos 1990 (Dias *et al.*, 2015a). Novos alimentos funcionais com ingredientes naturais promotores de saúde em substituição de aditivos sintéticos, têm sido desenvolvidos e comercializados pela indústria de alimentos (Caleja *et al.*, 2015a).

Como descrito na seção anterior, são várias as matrizes naturais que apresentam propriedades antioxidantes e antimicrobianas. Na verdade, as plantas são fontes naturais de compostos fenólicos. Este tipo de compostos apresenta vários benefícios que incluem a redução do risco de doenças cardiovasculares e doenças neurodegenerativas, diabetes ou osteoporose. Garantem ainda uma progressão mais lenta de certos tipos de cancro (Martins *et al.*, 2014b).

Depois de estudar e caracterizar várias espécies, o nosso grupo incorporou extratos de plantas

muito promissores sob o ponto de vista antioxidante, antibacteriano e antitumoral em diferentes matrizes alimentares.

Rubus ulmifolius Schott (silva-brava), conhecida como amora silvestre, é uma planta medicinal muito conhecida pelas suas propriedades antioxidantes, antissépticas, diuréticas e anti-inflamatórias. Tendo em vista estas características, o nosso grupo incorporou extrato de *R. ulmifolius* em amostras de iogurte e avaliou a atividade antioxidante em comparação com o controlo. Os resultados obtidos confirmaram o incremento do potencial antioxidante conferido pelo extrato de *R. ulmifolius* (Martins *et al.* 2014b).

F. vulgare (funcho) e *M. recutita* (camomila) são plantas ricas em compostos fenólicos que garantem as propriedades antioxidantes e antimicrobianas das mesmas. Ambas são muito utilizadas no nosso quotidiano por apresentarem efeitos benéficos à saúde do consumidor. Desta forma, estas plantas pareceram-nos matrizes promissoras para incorporar em requeijão, que é um produto altamente apreciado pelas suas propriedades organoléticas e valor nutricional, apesar de ter um tempo de prateleira muito reduzido. Esta incorporação garantiu a introdução de propriedades bioativas sem, no entanto, alterar significativamente o valor nutricional do requeijão. Além disso, garantiu o aumento do tempo de vida do produto uma vez que apenas o requeijão controlo (sem adição de extrato) apresentou sinais de degradação após 14 dias de armazenamento (Caleja *et al.*, 2015a; Caleja *et al.*, 2015b).

Outra planta bastante interessante a nível da sua atividade antioxidante e antimicrobiana é a flor de castanheiro (*C. sativa*). De entre todas as plantas estudadas pelo nosso grupo de investigação, as flores desta árvore provaram ser fortíssimas como antioxidantes, tanto em decocções como em infusões (Carocho *et al.*, 2014b). Em relação à sua capacidade antimicrobiana, os mesmos extratos provaram ser capazes de inibir alguns contaminantes alimentares de um modo mais eficaz que antimicrobianos comerciais sintéticos (Carocho *et al.*, 2014c).

M. officinalis (cidreira) é outra planta muito apreciada pelos seus efeitos medicinais, nomeadamente em chás. Os seus efeitos na saúde passam pelo alívio de cefaleias, calmante digestivo e expetorante. É também conhecida pelas suas propriedades antioxidantes e antimicrobianas (Carocho *et al.*, 2015a). Assim, estas duas plantas foram selecionadas para incorporar em Queijo da Serra da Estrela. Sendo este queijo um dos mais consumidos a nível nacional e um grande embaixador da Portugalidade no mundo, é de todo o interesse potenciá-lo. A incorporação de plantas secas e suas respetivas decocções nos queijos teve três finalidades; primeiro, potenciar a conservação dos queijos com a capacidade antimicrobiana das plantas; por outro lado criar inovação no setor agroalimentar, criando novos produtos alimentares e finalmente tornar os queijos funcionais e bioativos com as propriedades benéficas das plantas (Carocho *et al.*, 2015b). Em termos de resultados, a incorporação das plantas secas acrescentou um sabor diferente ao queijo, bem como uma aparência mais atraente. Nutricionalmente, as alterações ao queijo foram bastante reduzidas.

Fragaria vesca L. (morangueiro selvagem) é uma planta herbácea pertencente à família Rosaceae conhecida pelas suas propriedades antioxidante, desintoxicante e diurética. O nosso grupo preparou também gelatina utilizando *k*-carragenina e usou-a como matriz alimentar para incorporação. Tal como nos trabalhos descritos anteriormente, a incorporação conferiu propriedades antioxidantes ao produto final (Dias *et al.*, 2015b).

8.2.4 Técnicas de conservação e descontaminação

O carácter nutracêutico das plantas tem sido cada vez mais procurado e investigado. Para que os seus compostos bioativos não sofram degradação são necessárias técnicas de conservação e descontaminação que permitam manter não só as propriedades bioativas, químicas e nutricionais das plantas, mas também as suas características organoléticas, aumentando assim o seu tempo de vida útil (Migdal e Owczarczyk, 1998). A degradação oxidativa e as contaminações naturais sofridas durante todo o processo, desde colheita até ao armazenamento, provocam alterações indesejáveis no aroma, sabor e nas propriedades reológicas do alimento, conduzindo à perda do valor nutritivo e representando, conseqüentemente, um risco para a saúde do consumidor (Kamat *et al.*, 2003; Sádecká, 2007).

Com a evolução da ciência e da tecnologia existem várias metodologias novas ou emergentes de conservação e descontaminação que podem ser aplicadas às plantas (tanto na indústria alimentar como em outros setores), nomeadamente vários sistemas de embalagem (a vácuo, em atmosfera modificada, ativa, inteligente, entre outros), radiação ionizante (radiação gama, por feixe de eletrões e com raio-X), radiação ultravioleta, a luz pulsada, conservação por ultrassons, plasma não térmico, alta pressão hidrostática e dióxido de carbono pressurizado (Rawson *et al.*, 2011). Todas essas técnicas consistem em métodos não térmicos, que têm como finalidade prolongar a vida-útil dos produtos, isto é, manter as suas características físicas, químicas, microbiológicas e organoléticas pelo período de tempo requerido, evitando ou minimizando as perdas causadas por processos fisiológicos naturais (brotamento, maturação e envelhecimento), por eliminar ou reduzir microrganismos, parasitas e pragas sem causar qualquer mudança (química ou organolética) ao alimento, tornando-o mais seguro para o consumidor; e também, por reduzir a dependência de fumigantes químicos e conservantes utilizados pela indústria de alimentos (Rawson *et al.*, 2011; Tiwari e Cummins, 2013).

No nosso grupo de trabalho foram testadas e avaliadas várias técnicas de conservação, nomeadamente, técnicas de irradiação (irradiação gama e irradiação por feixe de eletrões) (Pereira *et al.*, 2015) e embalamento em atmosferas modificadas (Pinela *et al.*, 2015).

A irradiação de alimentos consiste numa técnica de descontaminação e conservação credenciada para plantas. É cada vez mais reconhecida em todo o mundo, representando cerca de 50% do mercado mundial para preservação de alimentos pós-colheita (Kume *et al.*, 2009). Nesta metodologia os alimentos são expostos a radiação de alta energia ionizante (dose e tempo controlado), a fim de melhorar a segurança alimentar através da inativação dos microrganismos patogénicos, sem causar qualquer alteração (química ou organolética) ao alimento, tornando-o mais seguro para o consumidor e, assim, reduzir a dependência de fumigantes químicos (Byun *et al.*, 1999; Pereira *et al.*, 2015; Sadecka, 2007). No nosso grupo de trabalho esta técnica de conservação foi aplicada a várias espécies de plantas, tais como, *Aloysia citrodora* Pallau (lúcia-lima), *M. officinalis* (cidreira), *Melittis melissophyllum* L. (betónica), *Mentha × piperita* L. (hortelã-pimenta), e *Tuberaria lignosa* (Sweet) Samp. (alcária) (Pereira *et al.*, 2015; Pinela *et al.*, 2015), tendo-se verificado resultados muito promissores.

O embalamento de produtos em atmosfera modificada é, também, uma técnica de conservação muito utilizada para manter a qualidade e alargar o prazo de validade dos alimentos. Esta técnica atua alterando a composição de gás do espaço interior de um produto alimentar na embalagem

(geralmente por CO₂, O₂, N₂), a fim de inibir o crescimento microbiano, diminuir a perda de qualidade, e prolongar a vida de prateleira, uma vez que os baixos níveis de O₂ e níveis elevados de CO₂ reduzem a taxa de respiração o que, conseqüentemente, retarda a senescência, alargando o tempo de armazenamento do produto fresco (Hyun *et al.*, 2015).

8.3 Os cogumelos

8.3.1 Valor nutricional e compostos bioativos

Os cogumelos comestíveis são amplamente consumidos em muitos países como alimento; o seu valor culinário e comercial deve-se principalmente às propriedades organolépticas, tais como a textura e o sabor, sendo ainda possível distinguir espécies de cogumelos com base no seu odor característico ou aroma (Guillamón *et al.*, 2010).

São ricos em minerais, água, proteínas, aminoácidos essenciais e não essenciais, fibras, glúcidos e apresentam baixo teor em lípidos. São altamente nutritivos e as proteínas dos cogumelos são consideradas de maior qualidade nutricional do que as proteínas vegetais e são ainda comparáveis às proteínas de origem animal, como as da carne, ovos e leite (Barreira *et al.*, 2014).

Têm sido muitos os estudos que revelam que os cogumelos possuem uma grande diversidade de biomoléculas com propriedades medicinais com grande valor para a prevenção e tratamento de diversas doenças, e têm vindo a ser reconhecidos como alimentos funcionais e como fonte para o desenvolvimento de medicamentos e nutracêuticos (Ferreira *et al.*, 2009; Vaz *et al.*, 2011a; Barros *et al.*, 2013d; Barreira *et al.*, 2014). As suas moléculas bioativas são responsáveis pelas suas propriedades antioxidantes (Ferreira *et al.*, 2009), antitumorais (Ferreira *et al.*, 2010), antimicrobianas (Alves *et al.*, 2012), imunoestimuladoras, anti-fibróticas, anti-inflamatórias (Kohno *et al.*, 2008), antidiabéticas, antivirais (Barreira *et al.*, 2014), antifúngicas (Alves *et al.*, 2013a), antiateroscleróticas (Guillamón *et al.*, 2010; De Silva *et al.*, 2012), hipocolesterolémicas (Barreira *et al.*, 2014), antialérgicas, imunomoduladas, antiaterogénicas, hipoglicémicas, hepato-protetivas (Nitha *et al.*, 2013) e hipotensoras (Guillamón *et al.*, 2010).

O Nordeste de Portugal, devido às condições climáticas e à diversidade de flora, é uma das regiões europeias com maior variedade de cogumelos silvestres comestíveis, apresentando alguns deles grande relevância e importância gastronómica. Apesar da enorme popularidade deste alimento na região e devido à crescente exportação para outros países (sobretudo Espanha, França e Itália), os dados sobre o valor nutricional das espécies de cogumelos silvestres disponíveis na região são muito escassos. O grupo de investigação BioChemCore tem contribuído para aumentar a informação sobre a composição nutricional e química dos cogumelos silvestres do Nordeste de Portugal (Quadros 6 a 8).

Ao considerar a composição química dos cogumelos, deve-se ter em mente que o teor em água é o parâmetro com maior variabilidade devido às condições de crescimento, à mudança das condições meteorológicas que podem influenciar a frutificação, à espécie e outros parâmetros relacionados com a colheita e armazenamento. Para as espécies recolhidas no Nordeste de Portugal, o teor em humidade oscilou entre 70 e 90% (Quadro 6), sendo facilmente perdido após a colheita, devido à evaporação. Por conseguinte, a composição centesimal dos cogumelos varia dentro e entre espécies, e com a sua maturação.

O conteúdo em massa seca dos cogumelos é relativamente baixo, cerca de 10% (Quadro 6), e é formado principalmente por hidratos de carbono, lípidos, proteínas e cinzas. Baixos teores de lípidos resultam em baixos valores energéticos. Os cogumelos, por exemplo, fornecem pequenas quantidades de lípidos (Quadro 6) variando entre 0,37 g/100 g de massa seca (ms) em *Lycoperdon umbrinum* Pers. (Pereira *et al.*, 2012) e 8,30 g/100 g ms em *Amanita curtipes* E.-J. Gilbert (Fernandes *et al.*, 2015).

O grupo identificou duas dezenas de ácidos gordos nos cogumelos (Quadro 7). Os ácidos gordos maioritários são o ácido linoleico (C18:2n6) e o ácido oleico (C18:1n9) e, em geral, os ácidos gordos insaturados predominam sobre os ácidos gordos saturados (e.g., ácido palmítico- C16:0 e ácido esteárico- C18:0), exceto para as espécies *Lactarius citriolens* Pouzar (Vieira *et al.*, 2014) e *Lactarius salmonicolor* R.Heim & Leclair (Heleno *et al.*, 2009) em que os ácidos gordos saturados são significativamente mais abundantes (Quadro 7).

O teor em proteína bruta depende não só do ambiente e do estágio de maturação do corpo frutífero, mas também da espécie. É encontrada em níveis elevados em cogumelos comestíveis e o intervalo pode variar entre 2,09 g/100 g ms em *Pleurotus eryngii* (DC.) Quél., (Reis *et al.*, 2014) e 76,63 g/100 g ms em *Lepista inversa* (Scop. Fr.) Pat., (Heleno *et al.*, 2009). Algumas espécies, nomeadamente, *Tricholoma imbricatum* (Fr.) P.Kumm., *Russula delica* Fr., *Laccaria laccata* (scop.: Fr.) Berk. & Broome, *Cortinarius glaucopus* (Schaeff) e *Fistulina hepatica* Schaeff.: Fr. (Heleno *et al.*, 2009) têm valores de proteína entre os 50,09 e 63,69 g/100 g ms (Quadro 6).

O teor em cinzas dá-nos uma ideia geral sobre o conteúdo mineral dos cogumelos e varia normalmente entre 3,24 g/100 g ms em *Bovista nigrescens* (Pers.) e 33,14 g/100 g ms em *L. umbrinum* (Pereira *et al.*, 2012) (Quadro 6). Já o teor em hidratos de carbono varia entre 10,35 g/100 g ms em *L. inversa* (Heleno *et al.*, 2009) a 88,79 g/100 g ms em *Boletus regius* Krombh. (Leal *et al.*, 2013), verificando-se alguma heterogeneidade entre espécies.

O manitol e a trealose foram os principais açúcares identificados em cogumelos silvestres (Quadro 8), apesar dos diferentes perfis encontrados nas espécies analisadas. Normalmente, o manitol, participa no crescimento e na firmeza dos corpos frutíferos e varia de espécie para espécie (Kalač, 2009). O manitol foi o açúcar mais abundante e variou entre 20 e 36 g/100 g ms em *Amanita umbrinolutea* (Secr. ex Gillet), *Boletus armeniacus* (Quél.) (Pereira *et al.*, 2012), *Boletus erythropus* (Pers.), *Boletus fragrans* (Vittadini), *Clavariadelphus pistillaris* L.: Fr. Donk (Grangeia *et al.*, 2011), *Clavariadelphus truncatus* (Quél.) Donk (Pereira *et al.*, 2012) e *Lactarius volemus* (Fr.) Fr. (Reis *et al.*, 2011). Já a trealose predominou em *Chlorophyllum rhacodes* (Vittadini) Vellinga (Pereira *et al.*, 2012), *Coprinus comatus* (O.F.Müll.) Pers. (Vaz *et al.*, 2011b) e *Cortinarius praestans* Cordier (Pereira *et al.*, 2012) com intervalos entre 21 e 61 g/100 g ms. Verificou-se que existem outros açúcares em pequenas quantidades, nomeadamente, arabinose, frutose, glucose e melezitose. A arabinose foi encontrada em determinadas espécies nomeadamente, *Armillaria mellea* (Vahl) P. Kumm. (Vaz *et al.*, 2011b), *Chroogomphus fulmineus* (R. Heim) Courtec. (Reis *et al.*, 2011), *F. hepatica* e *Hygrophoropsis aurantiaca* (Wulfen) Maire (Heleno *et al.*, 2009). A glucose foi identificada apenas em *Boletus edulis* Bull. Fr. (Fernandes *et al.*, 2013a).

O valor energético variou entre 258,84 kcal/100 g ms em *Russula olivacea* (Schaeff.) Fr. (Granjeia *et al.*, 2011) e 405,24 kcal/100 g ms em *B. nigrescens* (Quadro 6).

Para além de todos os nutrientes mencionados, os cogumelos possuem inúmeros compostos bioativos nomeadamente vitaminas, compostos fenólicos e minerais, que podem promover o bem-estar, bem como prevenir e tratar várias doenças.

8.3.2 Propriedades bioativas

Cerca de 75% dos medicamentos antitumorais e anti-infecciosos têm por base matrizes naturais (Butler, 2004). Nutracêuticos são produtos derivados de matrizes alimentares que providenciam benefícios extra para a saúde, em acréscimo ao potencial nutricional. Em particular, nutracêuticos isolados de cogumelos podem ser extratos refinados obtidos a partir quer do micélio quer do corpo frutífero, podendo ser consumidos na forma de cápsulas, suplementos dietéticos entre outros, e que apresentam potencial terapêutico (Chang e Buswell, 1996). Para além do seu conhecido potencial como nutracêuticos, os cogumelos podem também ser considerados alimentos funcionais. De acordo com o Institute of Medicine's Food and Nutrition Board, "alimentos funcionais" são alimentos ou componentes dietéticos que proporcionam benefícios para a saúde para além dos benefícios nutricionais. Por sua vez, os alimentos funcionais não poderiam existir sem os componentes nutracêuticos que são os componentes bioativos que dão propriedades funcionais ao alimento (Ferreira *et al.*, 2010). Os cogumelos, sendo organismos com capacidade para se desenvolverem no escuro e em ambiente húmido, condições muito competitivas, conseguem proteger-se dos ataques microbianos através do desenvolvimento de substâncias protetoras naturais; isso justifica a sua riqueza em compostos e propriedades bioativas (Ferreira *et al.*, 2009; Ferreira *et al.*, 2010; Alves *et al.*, 2013b).

8.3.2.1 Propriedades antioxidantes

Os cogumelos têm sido extensivamente estudados pelas suas propriedades antioxidantes desde há várias décadas, tendo demonstrado grande potencial no combate aos radicais livres. Esta atividade deriva dos compostos presentes nestes organismos como sendo os antioxidantes de baixo peso molecular como os compostos fenólicos, nomeadamente ácidos fenólicos, ácido cinâmico (Vaz *et al.*, 2011a), tocoferóis, ácido ascórbico e carotenoides (Ferreira *et al.*, 2009). No entanto, moléculas de alto peso molecular como os polissacáridos têm também demonstrado elevada atividade antioxidante e importância a nível imunológico (Ferreira *et al.*, 2014).

No Quadro 9 resumem-se os resultados de estudos de avaliação do potencial antioxidante de vários cogumelos silvestres comestíveis do Nordeste transmontano desenvolvidos pelo nosso grupo de investigação, bem como a quantificação das moléculas mais abundantes e com maior influência nesta atividade (ácidos fenólicos e ácido cinâmico, tocoferóis e ácidos orgânicos). As propriedades antioxidantes foram avaliadas recorrendo a diferentes ensaios como o de captação de radicais livres (DPPH), poder redutor (ensaio ferricianeto/azul da prússia e o ensaio de Folin Ciocalteu), e ainda ensaios de inibição da peroxidação lipídica (inibição da descoloração do β -caroteno e o ensaio de TBARS). Todas as espécies estudadas revelam potencial antioxidante, maior ou menor, de acordo com a sua composição química, destacando-se as espécies *Ganoderma lucidum* (Curtis) P. Karst., *Calvatia ultriformis* (Bull.) Jaap., *Lyophyllum decastes* (Fries: Fries) Singer e ainda espécies pertencentes ao género *Boletus*, revelando o maior potencial antioxidante (valores de EC_{50} mais baixos).

De facto, os cogumelos silvestres contêm diferentes antioxidantes que podem ser extraídos para serem utilizados como nutracêuticos no combate a doenças crónicas relacionadas com o stresse

oxidativo. Podem também ser utilizados diretamente na nossa dieta diária, promovendo a saúde, de forma a tirar partido dos efeitos aditivos e sinérgicos dos compostos bioativos presentes.

8.3.2.2. Propriedades antitumorais

Centenas de espécies de cogumelos foram já estudadas e referenciadas como sendo capazes de inibir o crescimento de linhas celulares tumorais. Além disso, os componentes celulares, bem como os metabolitos secundários abundantes nestas matrizes, provaram já ser capazes de ajudar e reforçar o sistema imunitário, podendo assim ser utilizados no combate a doenças deste foro (Ferreira *et al.*, 2010; Vaz *et al.*, 2010; Vaz *et al.*, 2012).

Os cogumelos compreendem um vasto e ainda muito inexplorado leque de poderosos novos produtos farmacêuticos. Em particular, e mais importante para a medicina moderna, eles representam uma fonte enorme de compostos com potencial antitumoral e propriedades imunostimulantes, incluindo substâncias de baixo peso molecular (quinonas, cerebrosídeos, isoflavonas, catecóis, aminas, triacilgliceróis, sesquiterpenos, esteroides, germânio orgânico e selénio), e de alto peso molecular (homo e heteropolissacáridos, glicoproteínas, glicopéptidos, proteínas, complexos de proteína RNA) (Ferreira *et al.*, 2010). Estes compostos têm sido descritos como preventores de tumorigénese e também como supressores do crescimento de tumores estabelecidos (Ferreira *et al.*, 2010).

No Quadro 10 estão apresentados alguns resultados de estudos do nosso grupo de investigação onde se avaliou a citotoxicidade de alguns dos cogumelos silvestres comestíveis do Nordeste Transmontano (Vaz *et al.*, 2010; Vaz *et al.*, 2012; Santos *et al.*, 2013; Heleno *et al.*, 2014a; Oliveira *et al.*, 2014). Esta atividade foi avaliada pelo método da sulforrodamina B contra linhas celulares tumorais (MCF7-carcinoma de mama; NCI-H460-carcinoma de pulmão; HCT15-carcinoma de cólon; HeLa-carcinoma cervical; HepG2-carcinoma de fígado), destacando-se as espécies *Suillus collinitus* (Fr.) Kuntze, *Suillus luteus* (L.: Fries) Gray e *Clitocybe alexandri* (Gill.) Konr. para a linha tumoral MCF7; *Coprinopsis atramentaria* (Bull.) Redhead, Vilgalys & Moncalvo para a linha tumoral NCI-H460; a espécie *S. luteus* para a linha tumoral HCT15 e a espécie *S. collinitus* para a linha tumoral de fígado, apresentando os valores mais baixos de GI₅₀. Além disso nenhuma das espécies estudadas revelou toxicidade para as células de fígado normais (PLP2) apresentado valores acima da concentração máxima testada.

8.3.2.3. Propriedades antimicrobianas

Alguns estudos na literatura descrevem que os extratos de cogumelos exibem atividade antimicrobiana contra bactérias gram-positivo e gram-negativo. A maioria desses estudos, quase todos inteiramente focados no rastreio de propriedades antibacterianas dos extratos de cogumelos, ignoram o passo de identificação de compostos individuais responsáveis por estas propriedades; apenas alguns compostos de baixo peso molecular e alguns péptidos e proteínas têm sido descritos (Alves *et al.*, 2012).

O conhecimento do mecanismo de ação destes metabolitos de cogumelos ou de outros compostos relacionados pode ser útil no desenvolvimento de nutracêuticos ou medicamentos eficazes contra microrganismos patogénicos resistentes aos antibióticos convencionais. O grupo BioChemCore tem também alguns estudos neste âmbito, reportando atividades antibacterianas muito promissoras. Heleno *et al.* (2013a) estudaram a atividade antibacteriana de *G. lucidum* e

verificaram que esta espécie apresentou uma atividade promissora contra bactérias patogénicas, nomeadamente *Staphylococcus aureus* e *Bacillus cereus* apresentando valores de MIC (concentração mínima inibitória do crescimento bacteriano) na ordem dos 0.0125–0.75 mg/mL e MBC (concentração mínima bactericida) na ordem dos 0.035–1.5 mg/mL, revelando uma atividade mais forte do que a exibida pelos padrões testados (ampicilina e streptomina). Num outro estudo, Heleno *et al.* (2013b) verificaram que o extrato de *Morchella esculenta* (L.) Pers. revelou também atividade antimicrobiana promissora sendo a bactéria *Staphylococcus aureus* a mais sensível apresentando, na maioria dos casos, valores de MIC e MBC superiores aos valores dos padrões utilizados. Estes autores relacionaram esta atividade com os compostos bioativos presentes nos extratos, nomeadamente os ácidos fenólicos que também exibiram uma atividade promissora quando testados individualmente. Ainda em outros estudos do grupo, foi descrita a capacidade de extratos de cogumelos (*F. hepatica*, *Leucopaxillus giganteus* (Sowerby) Singer, *R. delica*, *Sarcodon imbricatum* (L.) P.Karst.) potenciarem a ação dos antibióticos no combate a bactérias patogénicas (Alves *et al.*, 2013c). As mesmas espécies foram também apontadas como tendo capacidade de inibir a formação de biofilme *in vitro* pelas bactérias multirresistentes (Alves *et al.*, 2014).

Os cogumelos são também uma fonte de compostos com atividade antifúngica que os ajuda, inclusivamente, a sobreviver no seu habitat natural (Alves *et al.*, 2013a). No que concerna à atividade antifúngica e desmelanzante, também existem alguns estudos feitos pelo grupo BioChemCore, nomeadamente com as espécies *G. lucidum*, *M. esculenta* e *C. atramentaria* que revelaram também atividades promissoras, em alguns casos mais fortes do que a atividade exibida pelos antifúngicos utilizados como padrões (bifonazole e cetoconazole), tendo sido *Trichoderma viride* Pers., o fungo mais sensível ao extrato de *G. lucidum*, *Penicillium ochrochloron* o mais sensível à desmelanzação pelo extrato de *M. esculenta* e também o mesmo fungo o mais sensível ao extrato de *C. atramentaria* (Heleno *et al.*, 2013a; Heleno *et al.*, 2013b; Heleno *et al.*, 2014b).

O grupo BioChemCore tem ainda alguns estudos onde descreve a capacidade de alguns extratos de cogumelos como preservantes. Num estudo onde um extrato hidrofílico de *B. edulis* foi incorporado em hambúrgueres, verificou-se a sua capacidade de proteger o produto da oxidação durante o armazenamento (Barros *et al.*, 2011). Ribeiro *et al.* (2015) verificaram ainda os efeitos sinérgicos das espécies *S. luteus* e *C. atramentaria*, ao serem incorporadas na forma livre e microencapsulada como antioxidantes em requeijão.

8.4. Os frutos secos

Apesar de existirem diversas espécies de frutos secos com elevado potencial, a secção seguinte focalizar-se-á nas duas espécies predominantes na área de ação em que a atividade investigacional do CIMO está focalizada: *Castanea sativa* Miller (castanha) e (*Prunus dulcis* (Miller) D.A. Webb (amêndoa).

8.4.1. Valor nutricional e compostos bioativos em castanha

Do ponto de vista nutricional, o componente principal na castanha fresca é a água, que normalmente corresponde a mais de 50% do seu peso (Barreira *et al.*, 2009a, 2012a). Quando desidratadas, as castanhas são especialmente ricas em hidratos de carbono, em particular sob a forma de amido, o qual contém em níveis superiores à batata e ao trigo. Quanto aos seus açúcares, a

castanha apresenta tipicamente frutose: 0,57 a 5,32 g/100 g massa seca (ms), glucose: 0,96 a 6,81 g/100 g ms e sacarose: 3,71 to 24,17 g/100 g ms, em quantidades que variam muito em função da cultivar (Barreira *et al.*, 2010, 2012a).

O teor de proteínas aproxima-se de 3% (2,2-3,1%), dependendo da cultivar e ano de colheita (Barreira *et al.*, 2009a, 2012a). O conteúdo em gordura é muito reduzido, mas o perfil em ácidos gordos é constituído na sua maioria por ácidos gordos insaturados. Na realidade, apenas 10-20% dos seus MUFA são saturados (SFA, com destaque para o ácido palmítico, C16:0), sendo 10-30% monoinsaturados (MUFA, em particular ácido oleico, C18:1) e 50-70% polinsaturados (PUFA, em especial ácido linoleico, C18:2, e ácido linolénico, C18:3) (Barreira *et al.*, 2012a; Fernandes *et al.*, 2011). São também uma fonte importante de minerais, diferentes vitaminas e fibras. A quantidade de vitamina E na castanha merece ser destacada, maioritariamente pelos níveis de γ -tocoferol (754-957 μ g/100 g ms) (Barreira *et al.*, 2009b, 2012a; Fernandes *et al.*, 2011). Além do mais, não têm colesterol na sua composição, apresentando ainda alguns ácidos fenólicos (ácido gálico e ácido elágico) e ácidos orgânicos (oxálico, *cis*-aconítico, cítrico, ascórbico, málico, quínico, succínico, chiquímico and fumárico) (Carocho *et al.*, 2013).

O processamento da castanha produz grandes quantidades de resíduos, em particular pericarpos (8,9-13,5%) e tegumentos (6.3-10.1%). Estes tecidos têm elevado potencial como produtos laterais de valor, destacando-se os elevados conteúdos de fenóis totais (6,1 a 25,6 mg/g peso fresco) no pericarpo e no tegumento de cultivares transmontanas (Barreira *et al.*, 2008). As folhas de castanheiro são também importantes fontes de antioxidantes naturais (Barreira *et al.*, 2008).

O facto de os extratos das folhas de castanheiro serem captadores de radicais tão eficazes, aumenta o interesse do seu estudo com vista à incorporação em formulações antioxidantes tópicas. As vantagens de utilizar extratos vegetais estão relacionadas com os efeitos sinérgicos entre os constituintes dos extratos. De notar que alguns dos antioxidantes sintéticos levantam problemas a nível de segurança e estabilidade, o que pode ser atenuado pela utilização de misturas sinérgicas de baixas concentrações das substâncias ativas, como acontece com os extratos vegetais.

8.4.2. Valor nutricional e compostos bioativos em amêndoa

Em relação à amêndoa, o seu valor nutricional advém sobretudo do seu alto teor oleico (42-57%), mas também dos seus hidratos de carbono (20-27%) e proteínas (19-23%). Apresentam ainda um elevado conteúdo em fibra (11-15%), e quantidades menores de água e (3-9%) minerais (2.5-4.5%). Os ácidos gordos predominantes são o C18:1 (50.41-81.20%), C18:2 (6.21-37.13%) e C16:0 (5.46-15.78%) (Barreira *et al.*, 2012b). Entre os hidratos de carbono, podem encontrar-se açúcares, amido e açúcares-álcoois; a sacarose é o açúcar predominante (11,5 a 22,2 g/100 g ms), contendo ainda níveis baixos de rafinose (0,71 a 2,11 g/100 g ms), glucose (0,42 a 1,30 g/100 g ms), maltose (0,29 a 1,30 g/100 g ms) e frutose (0,11 a 0,59 g/100 g ms) (Barreira *et al.*, 2010).

As amêndoas são ainda consideradas como uma das fontes principais de vitamina E, em especial de α -tocoferol (8-38 mg/100 g ms) (Barreira *et al.*, 2012b), que é a forma com maior atividade biológica e aquela que é utilizada preferencialmente pelo corpo humano, em relação a outras formas (Brigelius-Flohé *et al.*, 2002).

8.5 Considerações finais

O trabalho desenvolvido pelo grupo de investigação BioChemCore tem contribuído significativamente para o conhecimento e valorização de espécies silvestres da região usadas desde tempos primordiais. O estudo da composição química e nutricional, bem como das propriedades bioativas de plantas e cogumelos silvestres destaca o seu potencial de inclusão em dietas contemporâneas e a sua importância enquanto alimentos promotores de saúde. De facto, algumas das espécies apresentadas são consideradas alimentos funcionais e podem ser usadas como fonte de nutracêuticos. Entre as vantagens do consumo de castanha e amêndoa pode assinalar-se o efeito cardioprotector, decorrente do seu perfil em ácidos gordos e da atividade inibitória da oxidação do LDL desempenhada pelos seus tocoferóis. Quando consumidos em conjunto com os tegumentos, permitem um maior aporte de compostos bioativos (em especial compostos fenólicos) com importantes funções fisiológicas, tais como a redução das lesões oxidativas.

Agradecimentos

Os autores realçam que a investigação revista no presente capítulo contou com a preciosa colaboração de vários investigadores séniores nomeadamente, Prof. Ana Carvalho (recolha e identificação de plantas silvestres), Prof. Anabela Martins (recolha e identificação de cogumelos silvestres), Prof. Helena Vasconcelos (alguns ensaios de atividade antitumoral), Prof. Manuela Pintado e Prof. Marina Sokovic (ensaios de atividade antimicrobiana), Prof. Mariana Henriques (ensaios de atividade antifúngica) Prof. Celestino Santos-Buelga (análise de compostos fenólicos) e Prof. Beatriz Oliveira (análise de triacilgliceróis em frutos secos).

Referências bibliográficas

- Adwan, G. e Mhanna, M. (2008) - Synergistic effects of plant extracts and antibiotics on *Staphylococcus aureus* strains isolated from clinical specimens. Middle-East Journal of Scientific Research, vol. 3, p. 134-139.
- Alves, M.J.; Ferreira, I.C.F.R., Dias, J.; Teixeira, V.; Martins, A. e Pintado, M. (2012) - A review on antimicrobial activity of mushroom (Basidiomycetes) extracts and isolated compounds. Planta Medica, vol. 78, p. 1707-1718.
- Alves, M.J.; Ferreira, I.C.F.R., Dias, J.; Teixeira, V.; Martins, A. e Pintado, M. (2013a) - A review on antifungal activity of mushroom (Basidiomycetes) extracts and isolated compounds. Current Topics in Medicinal Chemistry, vol. 13, p. 2648-2659.
- Alves, M.J.; Ferreira, I.C.F.R.; Froufe, H.J.C.; Abreu, R.M.V.; Martins, A. e Pintado, M. (2013b). Antimicrobial activity of phenolic compounds identified in wild mushrooms, SAR analysis and docking studies. Journal of Applied Microbiology, vol. 115, p. 346-357.
- Alves, M.J.; Ferreira, I.C.F.R.; Lourenço, I.; Castro, A.; Pereira, L.; Martins, A. e Pintado, M. (2013c). Wild mushroom extracts potentiate the action of standard antibiotics against multiresistant bacteria. Journal of Applied Microbiology, vol. 116, p. 32-38.
- Alves, M.J.; Ferreira, I.C.F.R.; Lourenço, I.; Costa, E.; Martins, A. e Pintado, M. (2014). Wild mushroom extracts as inhibitors of bacterial biofilm formation. Pathogens, vol. 3, p. 667-679.
- Al-Hussaini, R. e Mahasneh, A.M. (2009) - Microbial growth and quorum sensing antagonist activities of herbal plants extracts. Molecules, vol. 14, p. 3425-3435.
- Barreira, J.C.M.; Barros, L. e Ferreira, I.C.F.R. (2014) - Importância dos cogumelos na alimentação: propriedades nutricionais, medicinais e espécies principais. In: Instituto Politécnico de Bragança (Ed.) - A segurança dos alimentos em casa. Bragança, p. 85-89.
- Barreira, J.C.M.; Alves, R.C.; Casal, S.; Ferreira, I.C.F.R.; Oliveira, M.B.P.P. e Pereira, J.A. (2009b) - Vitamin E profile as a reliable authenticity discrimination factor between chestnut (*Castanea sativa* Mill.) cultivars. Journal of Agricultural and Food Chemistry, vol. 57, p. 5524-5528.
- Barreira, J.C.M.; Casal, S.; Ferreira, I.C.F.R.; Oliveira, M.B.P.P. e Pereira, J.A. (2009a) - Nutritional, fatty acid and triacylglycerol profiles of *Castanea sativa* Mill cultivars: a compositional and chemometric approach. Journal of Agricultural and Food Chemistry, vol. 57, p. 2836-2842.
- Barreira, J.C.M.; Casal, S.; Ferreira, I.C.F.R.; Peres, A.M.; Pereira, J.A. e Oliveira, M.B.P.P. (2012a) - Chemical characterization of chestnut cultivars from three consecutive years: Chemometrics and contribution for authentication. Food and Chemical Toxicology, vol. 50, p. 2311-2317.
- Barreira, J.C.M.; Casal, S.; Ferreira, I.C.F.R.; Peres, A.M.; Pereira, J.A. e Oliveira, M.B.P.P. (2012b) - Supervised chemical pattern recognition in almond (*Prunus dulcis*) Portuguese PDO cultivars: PCA- and LDA-based triennial study. Journal of Agricultural and Food Chemistry, vol. 60, p. 9697-9704.
- Barreira, J.C.M.; Ferreira, I.C.F.R.; Oliveira, M.B.P.P. e Pereira, J.A. (2008) - Antioxidant activities of the extracts from chestnut flower, leaf, skins and fruit. Food Chemistry, vol. 107, p. 1106-1113.
- Barreira, J.C.M.; Pereira, J.A.; Oliveira, M.B.P.P. e Ferreira, I.C.F.R. (2010) - Sugars profiles of different chestnut (*Castanea sativa* Mill.) and almond (*Prunus dulcis*) cultivars by HPLC-RI. Plant Foods for Human Nutrition, vol. 65, p. 38-43.

- Barros, L.; Alves, C.T.; Dueñas, M.; Silva, S.; Oliveira, R.; Carvalho, A.M.; Henriques, M.; Santos-Buelga, C.; Ferreira, I.C.F.R. (2013b) - Characterization of phenolic compounds in wild medicinal flowers from Portugal by HPLC-DAD-ESI/MS and evaluation of antifungal properties. *Industrial Crops and Products*, vol. 44, p. 104-110.
- Barros, L.; Barreira, J.C.M.; Grangeia, C.; Batista, C.; Cadavez, V.A.P. e Ferreira, I.C.F.R. (2011). Beef burger patties incorporated with *Boletus edulis* extracts: Lipid peroxidation inhibition effects. *European Journal of Lipid Science and Technology*, vol 113, p. 737-743.
- Barros, L.; Cabrita, L.; Vilas Boas, M.; Carvalho, A.M. e Ferreira, I.C.F.R. (2011d) - Chemical, biochemical and electrochemical assays to evaluate phytochemicals and antioxidant activity of wild plants. *Food Chemistry*, vol. 127, p. 1600-1608.
- Barros, L.; Carvalho, A.M. e Ferreira, I.C.F.R. (2010a) - The nutritional composition of fennel (*Foeniculum vulgare*): Shoots, leaves, stems and inflorescences. *LWT - Food Science and Technology*, vol. 43, p. 814-818.
- Barros, L.; Carvalho, A.M. e Ferreira, I.C.F.R. (2011c) - Exotic fruits as a source of important phytochemicals: Improving the traditional use of *Rosa canina* fruits in Portugal. *Food Research International*, vol. 44, p. 2233-2236.
- Barros, L.; Carvalho, A.M. e Ferreira, I.C.F.R. (2011b) - Comparing the composition and bioactivity of *Crataegus Monogyna* flowers and fruits used in folk medicine. *Phytochemistry Anal*, vol. 22, p. 181-188.
- Barros, L.; Carvalho, A.M. e Ferreira, I.C.F.R. (2011a) - From famine plants to tasty and fragrant spices: Three Lamiaceae of general dietary relevance in traditional cuisine of Trás-os-Montes (Portugal). *LWT - Food Science and Technology*, vol. 44, p. 543-548.
- Barros, L.; Carvalho, A.M.; Morais, J.S. e Ferreira, I.C.F.R. (2010b) - Strawberry-tree, blackthorn and rose fruits: Detailed characterization in nutrients and phytochemicals with antioxidant properties. *Food Chemistry*, vol. 120, p. 247-254.
- Barros, L.; Dueñas, M.; Alves, C.T.; Silva, S.; Henriques, M.; Santos-Buelga, C. e Ferreira, I.C.F.R. (2013a) - Antifungal activity and detailed chemical characterization of *Cistus ladanifer* phenolic extracts. *Industrial Crops and Products*, vol. 41, p. 41-45.
- Barros, L.; Heleno, S.A.; Carvalho, A.M. e Ferreira, I.C.F.R. (2010d) - Lamiaceae often used in Portuguese folk medicine as a source of powerful antioxidants: Vitamins and phenolics. *LWT - Food Science and Technology*, vol. 43, p. 544-550.
- Barros, L.; Heleno, S.A.; Carvalho, A.M. e Ferreira, I.C.F.R. (2009) - Systematic evaluation of the antioxidant potential of different parts of *Foeniculum vulgare* Mill. from Portugal. *Food and Chemical Toxicology*, vol. 47, p. 2458-2464.
- Barros, L.; Oliveira, S.; Carvalho, A.M. e Ferreira, I.C.F.R. (2010c) - *In vitro* antioxidant properties and characterization in nutrients and phytochemicals of six medicinal plants from the Portuguese folk medicine. *Industrial Crops and Products*, vol. 32, p. 572-579.
- Barros, L.; Pereira, E.; Calhelha, R.C.; Dueñas, M.; Carvalho, A.M.; Santos-Buelga, C. e Ferreira, I.C.F.R. (2013c) - Bioactivity and chemical characterization in hydrophylic and lipophilic compounds of *Chenopodium ambrosioides* L. *Journal of Functional Foods*, vol. 5, p. 1732-1740.
- Barros, L.; Pereira, C. e Ferreira, I.C.F.R. (2013d) - Optimized Analysis of Organic Acids in Edible Mushrooms from Portugal by Ultra-Fast Liquid Chromatography and Photodiode Array Detection. *Food Analytical Methods*, vol. 6, p. 309-316.
- Bastos, C.; Barros, L.; Dueñas, M.; Calhelha, R.C., Queiroz, M.J.R.P.; Santos-Buelga, C. e Ferreira, I.C.F.R. (2015) - Chemical characterization and bioactive properties of *Prunus avium*

- L.: The widely studied fruits and the unexplored stems. *Food Chemistry*, vol. 173, p. 1045-1053.
- Bolling, B.W.; Chen, C.Y.; McKay, D.L. e Blumberg, J.B. (2011) - Tree nut phytochemicals: Composition, antioxidant capacity, bioactivity, impact factors. A systematic review of almonds, Brazils, cashews, hazelnuts, macadamias, pecans, pine nuts, pistachios and walnuts. *Nutrition Research Reviews*, vol. 24, p. 244-275.
- Brigelius-Flohé, R.; Kelly, F.J.; Salonen, J.T.; Neuzil, J.; Zingg, J.-M. e Azzi, A. (2002) - The European perspective on vitamin E: current knowledge and future research. *American Journal of Clinical Nutrition*, vol. 76, p. 703-716.
- Byun, M-W.; Yooka, H-S.; Kimb, K-S. e Chung, C-K. (1999) - Effects of gamma irradiation on physiological effectiveness of Korean medicinal herbs. *Radiation Physics and Chemistry*, vol. 54, p. 291-300.
- Butler, M.S. (2004). The role of natural product chemistry in drug discovery. *Journal of Natural Products*, vol. 67, p. 2141-2153.
- Caleja, C.; Barros, L.; Antonio, A.L.; Ciric, A.; Barreira, J.C.M.; Sokovic, M.; Oliveira, M.B.P.P.; Santos-Buelga, C. e Ferreira, I.C.F.R. (2015b) - Development of a functional dairy food: exploring bioactive and preservation effects of chamomile (*Matricaria recutita* L.). *Journal of Functional Foods*, vol. 16, p. 114-124.
- Caleja, C.; Barros, L.; Antonio, A.L.; Ciric, A.; Sokovic, M.; Oliveira, M.B.P.P.; Santos-Buelga, C. e Ferreira, I.C.F.R. (2015a) - *Foeniculum vulgare* Mill. an natural conservation enhancer and health promoter by incorporation in cottage cheese. *Journal of Functional Foods*, vol. 12, p. 428-438.
- Carocho, M.; Barros, L.; Antonio, A.L.; Barreira, J.C.M.; Bento, A.; Kałuska, I. e Ferreira, I.C.F.R. (2013). Analysis of organic acids in electron beam irradiated chestnuts (*Castanea sativa* Mill.): Effects of radiation dose and storage time. *Food and Chemical Toxicology*, vol. 55, p. 348-352.
- Carocho, M. e Ferreira, I.C.F.R. (2013) - A review on antioxidants, prooxidants and related controversy: Natural and synthetic compounds, screening and analysis methodologies and future perspectives. *Food and Chemical Toxicology*, vol. 51, p. 15-25.
- Carocho, M.; Barreira, J.C.M.; Antonio, A.L.; Bento, A.; Morales, P. e Ferreira, I.C.F.R. (2015b). Effects of plants incorporation on the antioxidant activity, fatty acids profile and visual appearance of “Serra da Estrela” cheese. *European Journal of Lipid Science and Technology*, Vol. 117, p. 1607–1614.
- Carocho, M.; Barreiro, M.; Morales, P. e Ferreira, I.C.F.R. (2014a). Adding molecules to food, pros and cons: A review on synthetic and natural food additives. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, vol. 13, p. 377–399.
- Carocho, M.; Barros, L.; Bento, A.; Santos-Buelga, C.; Morales, P. e Ferreira, I.C.F.R. (2014b). *Castanea sativa* Mill. flowers amongst the most powerfull antioxidant matrices: A phytochemical approach in decoctions and infusions. *BioMed Research International*, Article ID 232956, vol. 2014, 7 p.
- Carocho, M.; Barros, L.; Calhelha, R.C.; Ciric, A.; Sokovic, M.; Santos-Buelga, C.; Morales, P. e Ferreira, I.C.F.R. (2015a) - *Melissa officinalis* L. decoctions as functional beverages: a bioactive approach and chemical characterization. *Food & Function*, vol. 6, p. 2240-2248.
- Carocho, M.; Calhelha, R.C.; Queiroz, M.R.P.; Bento, A.; Morales, P.; Soković, M. e Ferreira, I. C.F.R. (2014c). Infusions and decoction of *Castanea sativa* flowers as effective antitumor and antimicrobial matrices. *Industrial Crops and Products*, vol. 62, p. 42-46.

- Carvalho, A.M. e Morales, R. (2013) - Persistence of wild food and wild medicinal plant knowledge in a North-Eastern region of Portugal. In: Pardo de Santayana, M.; Pieroni, A. e Puri, R. (Eds.) - Ethnobotany in the New Europe: People, health and wild plant resources. Oxford, UK: Berghahn Books, p. 147-171.
- Chang, S.T. e Buswel, J.A. (1996). Mushrooms nutraceuticals. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, vol. 12, p. 473-476.
- De Silva, D.; Rapior, S.; Fons, F.; Bahkali, A. e Hyde, K. (2012) - Medicinal mushrooms in supportive cancer therapies: an approach to anti-cancer effects and putative mechanisms of action. *Fungal Diversity*, vol. 55, p. 1-35.
- Dias, M.I.; Barreira, J.C.M.; Calhelha, R.C.; Queiroz, M.J.R.P.; Oliveira, M.B.P.P.; Soković, M. e Ferreira, I.C.F.R. (2014b) - Two-dimensional PCA highlights the differentiated antitumor and antimicrobial activity of methanolic and aqueous extracts of *Laurus nobilis* L. from different origins. *Biomed Research International*, Article ID 520464, vol. 2014, 10 p.
- Dias, M.I.; Barros L.; Fernandes, I.P.; Ruphuy, G.; Oliveira, M.B.P.P.; Santos-Buelga, C.; Barreiro, M.F. e Ferreira, I.C.F.R. (2015b). A bioactive formulation based on *Fragaria vesca* L. vegetative parts: Chemical characterization and application in κ -carrageenan gelatin. *Journal of Functional Foods*, vol. 16, p. 243-255.
- Dias, M.I.; Barros, L.; Dueñas, M.; Pereira, E.; Carvalho, A.M.; Alves, R.C.; Oliveira, M.B.P.P.; Santos-Buelga, C. e Ferreira, I.C.F.R. (2013) - Chemical composition of wild and commercial *Achillea millefolium* L. and bioactivity of the methanolic extract, infusion and decoction. *Food Chemistry*, vol. 141, p. 4152-4160.
- Dias, M.I.; Barros, L.; Dueñas, M.; Sousa, M.J.; Alves, R.C.; Oliveira, M.B.P.P.; Santos-Buelga, C. e Ferreira, I.C.F.R. (2014a) - Nutritional and antioxidant contributions of *Laurus nobilis* L. leaves: would be more suitable a wild or a cultivated sample?. *Food Chemistry*, vol. 156, p. 339-346.
- Dias, M.I.; Ferreira, I.C.F.R. e Barreiro M.F. (2015a). Microencapsulation of bioactives for food applications. *Food & Function*, vol. 6, p. 1035-1052.
- Fernandes, Â.; Barreira, J.C.M.; António, A.L.; Bento, A.; Botelho, M.L. e Ferreira, I.C.F.R. (2011) - Assessing the effects of gamma irradiation and storage time in energetic value and in major individual nutrients of chestnuts. *Food and Chemical Toxicology*, vol. 49, p. 2429-2432.
- Fernandes, Â.; Barros, L.; Carvalho, A.M. e Ferreira, I.C.F.R. (2010) - Lipophilic and hydrophilic antioxidants, lipid peroxidation inhibition and radical scavenging activity of two Lamiaceae food plants. *European Journal of Lipid Science and Technology*, vol. 112, p. 1115-1121.
- Fernandes, Â.; Barreira, J.C.M.; Antonio, A.L.; Santos, P.M.P.; Martins, A.; Oliveira, M.B.P.P. e Ferreira, I.C.F.R. (2013a) - Study of chemical changes and antioxidant activity variation induced by gamma-irradiation on wild mushrooms: Comparative study through principal component analysis. *Food Research International*, vol. 54, p. 18-25.
- Fernandes, Â.; Barros, L.; Barreira, J.C.M.; Antonio, A.L.; Oliveira, M.B.P.P.; Martins, A. e Ferreira, I.C.F.R. (2013b) - Effects of different processing technologies on chemical and antioxidant parameters of *Macrolepiota procera* wild mushroom. *LWT - Food Science and Technology*, vol. 54, p. 493-499.
- Fernandes, Â.; Barreira, J.C.M.; Antonio, A.L.; Oliveira, M.B.P.P., Martins, A. e Ferreira, I.C.F.R. (2014) - Feasibility of electron-beam irradiation to preserve wild dried mushrooms: Effects on chemical composition and antioxidant activity. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, vol. 22, p. 158-166.
- Fernandes, Â.; Barreira, J.C.M.; Antonio, A.L.; Rafalski, A.; Oliveira, M.B.P.P.; Martins, A. e Ferreira,

- I.C.F.R. (2015) - How does electron beam irradiation dose affect the chemical and antioxidant profiles of wild dried *Amanita* mushrooms? *Food Chemistry*, vol. 182, p. 309-315.
- Ferreira, I.C.F.R.; Barros, L. e Abreu, R.M.V. (2009) - Antioxidants in wild mushrooms. *Current Medicinal Chemistry*, vol. 16, p. 1543-1560.
- Ferreira, I.C.F.R.; Heleno, S.A.; Reis, F.S.; Stojkovic, D.; Queiroz, M.-J.R.P.; Vasconcelos, M.H. e Sokovic, M. (2014). Chemical features of *Ganoderma* polysaccharides with antioxidant, antitumor and antimicrobial activity, *Phytochemistry*, vol. 114, p. 38-55.
- Ferreira, I.C.F.R.; Vaz, J.A.; Vasconcelos, M.H. e Martins, A. (2010) - Compounds from wild mushrooms with antitumor potential. *Anti-cancer Agents in Medicinal Chemistry*, vol. 10, p. 424-436.
- Gahukar, R.T. (2012) - Evaluation of plant-derived products against pests and diseases of medicinal plants: A review. *Crop Protection*, vol. 42, p. 202-209.
- Grangeia, C.; Heleno, S.A.; Barros, L.; Martins, A. e Ferreira, I.C.F.R. (2011) Effects of trophism on nutritional and nutraceutical potential of wild edible mushrooms. *Food Research International*, vol. 44, p. 1029-1035.
- Guillamón, E.; García-Lafuente, A.; Lozano, M.; D'Arrigo, M.; Rostagno, M.A.; Villares, A. e Martínez, J.A. (2010) - Edible mushrooms: Role in the prevention of cardiovascular diseases. Review. *Fitoterapia*, vol. 81, p. 715-723.
- Guimarães, R.; Barros, L.; Calhella, R.C.; Carvalho, A.M.; Queiroz, M.J.R.P. e Ferreira, I.C.F.R. (2014) - Bioactivity of different enriched phenolic extracts of wild fruits from Northeastern Portugal. A comparative study. *Plant Foods Human Nutrition*, vol. 69, p. 37-42.
- Guimarães, R.; Barros, L.; Carvalho, A.M. e Ferreira, I.C.F.R. (2010) - Studies on chemical constituents and bioactivity of *Rosa micrantha*: An alternative antioxidants source for food, pharmaceutical, or cosmetic applications. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 58, p. 6277-6284.
- Guimarães, R.; Barros, L.; Dueñas, M.; Calhella, R.C.; Carvalho, A.M.; Santos-Buelga, C.; Queiroz, M.J.R.P. e Ferreira, I.C.F.R. (2013b) - Infusion and decoction of wild German chamomile: bioactivity and characterization of organic acids and phenolic compounds. *Food Chemistry*, vol. 136, p. 947-954.
- Guimarães, R.; Barros, L.; Dueñas, M.; Calhella, R.C.; Carvalho, A.M.; Santos-Buelga, C.; Queiróz, M.J.R.P. e Ferreira, I.C.F.R. (2013a) - Nutrients, phytochemicals and bioactivity of wild Roman chamomile: A comparison between the herb and its preparations. *Food Chemistry*, vol. 136, p. 718-725.
- Heleno, S.A.; Barros, L.; Sousa, M.J.; Martins, A. e Ferreira, I.C.F.R. (2009) - Study and characterization of selected nutrients in wild mushrooms from Portugal by gas chromatography and high performance liquid chromatography. *Microchemical Journal*, vol. 93, p. 195-199.
- Heleno, S.A.; Barros, L.; Sousa, M.J.; Martins, A. e Ferreira, I.C.F.R. (2010). Tocopherols composition of Portuguese wild mushrooms with antioxidant capacity. *Food Chemistry*, vol. 119, p. 1443-1450.
- Heleno, S.A.; Barros, L.; Sousa, M.J.; Martins, A.; Santos-Buelga, C. e Ferreira, I.C.F.R. (2011). Targeted metabolites analysis in wild *Boletus* species. *LWT - Food Science and Technology*, vol. 44, p. 1343-1348.
- Heleno, S.A.; Barros, L., Martins, A., Queiroz, M.J.; Santos-Buelga, C. e Ferreira, I.C.F.R. (2012a) - Phenolic, polysaccharidic, and lipidic fractions of mushrooms from northeastern Portugal: chemical compounds with antioxidant properties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 60, p. 4634-40.

- Heleno, S.A.; Barros, L.; Martins, A.; Queiroz, M.-J.R.P.; Santos-Buelga, C. e Ferreira, I.C.F.R. (2012b). Fruiting body, spores and *in vitro* produced mycelium of *Ganoderma lucidum* from Northeast Portugal: A comparative study of the antioxidant potential of phenolic and polysaccharidic extracts. *Food Research International*, vol. 46, p. 135–140.
- Heleno, S.A.; Stojković, D.; Barros, L., Glamočlija, J.; Soković, M.; Martins, A.; Queiroz, M.J.R.P. e Ferreira, I.C.F.R. (2013b). A comparative study of chemical composition, antioxidant and antimicrobial properties of *Morchella esculenta* (L.) Pers. from Portugal and Serbia. *Food Research International*, vol. 51, p. 236-243.
- Heleno, S.A.; Ferreira, I.C.F.R.; Esteves, A.P.; Cirić, A.; Glamočlija, J.; Martins, A.; Soković, M. e Queiroz, M.-J.R.P. (2013a). Antimicrobial and demelanizing activity of *Ganoderma lucidum* extract, *p*-hydroxybenzoic and cinnamic acids and their synthetic acetylated glucuronide methyl esters. *Food and Chemical Toxicology*, vol. 58, p. 95–100.
- Heleno, S.A.; Ferreira, I.C.F.R.; Calhelha, R.C.; Esteves, A.P.; Martins, A. e Queiroz, M.-J.R.P. (2014a). Cytotoxicity of *Coprinopsis atramentaria* extract, organic acids and their synthesized methylated and glucuronate derivatives. *Food Research International*, vol. 55, p. 170–175.
- Heleno, S.A.; Ferreira, I.C.F.R.; Cirić, A.; Glamočlija, J.; Martins, A.; Queiroz, M.-J.R.P. e Soković, M. (2014b). *Coprinopsis atramentaria* extract, its organic acids, and synthesized glucuronated and methylated derivatives as antibacterial and antifungal agents. *Food Function*, vol. 5, p. 2521–2528.
- Heleno, S.A.; Barros, L.; Martins A.; Queiroz, M.J.R.P.; Morales, P.; Fernández-Ruiz, V. e Ferreira, I.C.F.R. (2015a). Chemical composition, antioxidant activity and bioaccessibility studies in phenolic extracts of two *Hericium* wild edible species. *LWT - Food Science and Technology*, vol. 63, p. 475-481.
- Heleno, S.A.; Barros, L.; Martins, A.; Morales, P.; Fernández-Ruiz, V.; Glamočlija, J.; Sokovic, M. e Ferreira, I.C.F.R. (2015b). Nutritional value, bioactive compounds, antimicrobial activity and bioaccessibility studies with wild edible mushrooms. *LWT - Food Science and Technology*, vol. 63, p. 799-806.
- Hyun, J-E.; Bae, Y-M.; Yoon, J-H. e Lee, S-Y. (2015) - Preservative effectiveness of essential oils in vapor phase combined with modified atmosphere packaging against spoilage bacteria on fresh cabbage. *Food Control*, vol. 51, p. 307-313
- Kalač, P. (2009). Chemical composition and nutritional value of European species of wild growing mushrooms: A review. *Food Chemistry*, vol. 113, p. 9-16.
- Kamat, A.; Pingulkar, K.; Bhushan, B.; Gholap, A. e Thomas, P. (2003) - Potential application of low dose gamma irradiation to improve the microbiological safety of fresh coriander leaves. *Food Control*, vol. 14, p. 529–537.
- Kohno, K.; Miyake, M.; Sano, O.; Tanaka-Kataoka, M.; Yamamoto, S.; Koya-Miyata, S.; Arai, N.; Fujii, M.; Watanabe, H.; Ushio, S.; Iwaki, K. e Fukuda, S. (2008) - Anti-inflammatory and immunomodulatory properties of 2-amino-3H-phenoxazin-3-one. *Biological and Pharmaceutical Bulletin*, vol. 31, p. 1938-1945.
- Kume, T.; Furuta, M.; Todoriki, S.; Uenoyama, N. e Kobayashi, Y. (2009) - Status of food irradiation in the world. *Radiation Physics and Chemistry*, vol. 78, p. 222-226.
- Leal, A.R.; Barros, L.; Barreira, J.C.M.; Sousa, M.J., Martins, A.; Santos-Buelga C. e I.C.F.R. Ferreira. (2013) - Portuguese wild mushrooms at the “pharma-nutrition” interface: Nutritional characterization and antioxidant properties. *Food Research International*, vol. 50, p. 1-9.

- Marques, V. e Farah, A. (2009) - Chlorogenic acids and related compounds in medicinal plants and infusions. *Food Chemistry*, vol. 113, p. 1370-1376.
- Martins, A.; Barros, L.; Carvalho, A.M.; Santos-Buelga, C.; Fernandes, I.P.; Barreiro F. e Ferreira, I.C.F.R. (2014b). Phenolic extracts of *Rubus ulmifolius* Schott flowers: characterization, microencapsulation and incorporation into yogurts as nutraceutical sources. *Food & Function*, vol. 5, p. 1091-1100.
- Martins, D.; Barros, L.; Carvalho, A.M. e Ferreira, I.C.F.R. (2011) - Nutritional and *in vitro* antioxidant properties of edible wild greens in Iberian Peninsula traditional diet. *Food Chemistry*, vol. 125, p. 488-494.
- Martins, N.; Barros, L.; Dueñas, M.; Santos-Buelga, C.; Ferreira, I.C.F.R. (2015a) - Characterization in phenolic compounds and antioxidant properties of *Glycyrrhiza glabra* L. rhizomes and roots. *RSC Advances*, vol. 5, p. 26991-26997.
- Martins, N.; Barros, L.; Santos-Buelga, C.; Henriques, M.; Silva, S. e Ferreira, I.C.F.R. (2015b) - Evaluation of bioactive properties and phenolic compounds in different extracts prepared from *Salvia officinalis* L. *Food Chemistry*, vol. 170, p. 378-385.
- Martins, N.; Barros, L.; Santos-Buelga, C.; Henriques, M.; Silva, S. e Ferreira, I.C.F.R. (2014a) - Decoction, infusion and hydroalcoholic extract of *Origanum vulgare* L.: different performances regarding bioactivity and phenolic compounds. *Food Chemistry*, vol. 158, p. 73-80
- Martins, N.; Barros, L.; Santos-Buelga, C.; Silva, S.; Henriques, M. e Ferreira, I.C.F.R. (2015c) - Decoction, infusion and hydroalcoholic extract of cultivated thyme: Antioxidant and antibacterial activities, and phenolic characterization. *Food Chemistry*, vol. 167, p. 131-137.
- Migdal, W. e Owczarczyk, B. (1998) - The effect of ionizing radiation on microbiological decontamination of medical herbs and biologically active compounds. *Radiation Physical Chemistry*, vol. 52, p. 91-94.
- Pal, S.; Kim, B.K.; Kim, W.Y.; Kim, M.J.; Ki, H.A.; Kang, W.S.; Kang, I.H.; Kang, S. J. e Song, J.M. (2010) - Pulsed photostimulated- and thermo-luminescence investigations of γ ray-irradiated herbs. *Food Chemistry*, vol. 122, p. 1290-1297.
- Pazianas, M.; Butcher, G.P.; Subhani, J.M.; Finch, P.J.; Ang, L.; Collins, C.; Heaney, R. P.; Zaidi, M. e Maxwell, J.D. (2005) - Calcium absorption and bone mineral density in celiacs after long term treatment with gluten-free diet and adequate calcium intake. *Osteoporosis International*, vol. 16, p. 56-63.
- Oliveira, M.; Reis, F.S.; Sousa, D.; Tavares, C.; Lima, R.T.; Ferreira, I.C.F.R.; Santos, T. e Vasconcelos, M.H. (2014). A methanolic extract of *Ganoderma lucidum* fruiting body inhibits the growth of a gastric cancer cell line and affects cellular autophagy and cell cycle. *Food Function*, vol. 5, p. 1389-1394.
- Pereira, C.; Barros, L.; Carvalho, A.M. e Ferreira, I.C.F.R. (2011) - Nutritional composition and bioactive properties of commonly consumed wild greens: Potential sources for new trends in modern diets. *Food Research International*, vol. 44, p. 2634-2640.
- Pereira, E.; Barros, L.; Martins, A. e Ferreira, I.C.F.R. (2012) - Towards chemical and nutritional inventory of Portuguese wild edible mushrooms in different habitats. *Food Chemistry*, vol. 130, p. 394-403.
- Pereira, E.; Antonio, A.L.; Barreira, J.C.M.; Barros, L.; Bento, A. e Ferreira, I.C.F.R. (2015) - Gamma irradiation as a practical alternative to preserve the chemical and bioactive wholeness of widely used aromatic plants. *Food Research International*, vol. 67, p. 338-348.
- Pereira, E.; Barros, L.; Calhella, R.C.; Dueñas, M.; Carvalho, A.M.; Santos-Buelga, C. e Ferreira,

- I.C.F.R. (2014) - Bioactivity and phytochemical characterization of *Arenaria montana* L. Food & Function, vol. 5, p. 1848-1855.
- Pinela, J.; Antonio, A.L.; Barros, L.; Barreira, J.C.M.; Carvalho, A.M.; Oliveira, M.B.P.P.; Santos-Buelga, C. e Ferreira, I.C.F.R. (2015) - Combined effects of gamma-irradiation and preparation method on antioxidant activity and phenolic composition of *Tuberaria lignosa*. Royal Society of Chemistry Advance, vol. 5, p. 14756-14767.
- Pinho, E.; Ferreira, I.C.F.R.; Barros, L.; Carvalho, A.M.; Soares, G. e Henriques, M. (2014) - Antibacterial potential of Northeastern Portugal wild plant extracts and respective phenolic compounds. Biomed Research International, Article ID 814590, vol. 2014, 8 p.
- Ramarathnam, N.; Osawa, T.; Ochi, H. e Kawakishi, S. (1995) - The contribution of plant food antioxidants to human health. Trends in Food Science & Technology, vol. 6, p. 75-82.
- Rawson, A.; Patras, A.; Tiwari, B.K.; Noci, F.; Koutchma, T. e Brunton, N. (2011) - Effect of thermal and non thermal processing technologies on the bioactive content of exotic fruits and their products: Review of recent advances. Food Research International, vol. 44, p. 1875-1887.
- Reis, F.S.; Heleno, S.A.; Barros, L.; Sousa, M.J.; Martins, A.; Santos-Buelga, C. e Ferreira, I.C.F.R. (2011) - Toward the antioxidant and chemical characterization of mycorrhizal mushrooms from Northeast Portugal. Journal of Food Science, vol. 76, p. 824-830.
- Reis, F.S.; Barros, L.; Sousa, M.J.; Martins, A. e Ferreira, I.C.F.R. (2014) - Analytical methods applied to the chemical characterization and antioxidant properties of three wild edible mushroom species from Northeastern Portugal. Food Analytical Methods, vol. 7, p. 645-652.
- Ribeiro, A.; Ruphuy, G.; Lopes, J.C.; Dias, M.M.; Barros, L.; Barreiro, F. e Ferreira, I.C.F.R. (2015). Spray-drying microencapsulation of synergistic antioxidant mushroom extracts and their use as functional food ingredients. Food Chemistry, vol. 188, p. 612-618.
- Rodrigues, S.; Calhelha, R.C.; Barreira, J.C.M.; Dueñas, M.; Carvalho, A.M.; Abreu, R.M.V.; Santos-Buelga, C. e Ferreira, I.C.F.R. (2012) - *Crataegus monogyna* buds and fruits phenolic extracts: Growth inhibitory activity on human tumor cell lines and chemical characterization by HPLC-DAD-ESI/MS. Food Research International, vol. 49, p. 516-523.
- Sabaté, J.; Radak, T. e Brown, J. Jr. (2000) - The role of nuts in cardiovascular disease prevention. In Handbook of nutraceuticals and functional foods (R. Wildman Ed.), p. 261-267. CRC Press, London.
- Sadecka J. (2007) - Irradiation of spices – a review. Czech Journal of Food Science, vol. 25, p. 231-242.
- Santos, A.; Barros, L.; Calhelha, R.C.; Dueñas, M.; Carvalho, A.M.; Santos-Buelga, C. e Ferreira, I.C.F.R. (2013) - Leaves and decoction of *Juglans regia* L.: Different performances regarding bioactive compounds and *in vitro* antioxidant and antitumor effects. Industrial Crops and Products, vol. 51, p. 430-436.
- Santos, T.; Tavares, C.; Sousa, D.; Vaz, J.; Calhelha, R.C.; Martins, A.; Almeida, G.M.; Ferreira, I.C.F.R. e Vasconcelos, M.H. (2013). *Suillus luteus* methanolic extract inhibits cell growth and proliferation of a colon cancer cell line. Food Research International, vol. 53, p. 476-481.
- Schippmann, U.; Leaman, D.J. e Cunningham, A.B. (2002) - Impact of cultivation and gathering of medicinal plants on biodiversity: Global trends and issues. FAO- Biodiversity and the ecosystem approach in agriculture, forestry and fisheries. Satellite event on the occasion of the Ninth Regular Session of the Commission on Genetic Resources for Food and

Agriculture. Rome, Inter-Departmental Working Group on Biological Diversity for Food and Agriculture.

- Skerget, M.; Kotnik, P.; Hadolin, M.; Hras, A.R.; Simonic, M. e Knez, Z. (2005) - Phenols, proanthocyanidins, flavones and flavonols in some plant materials and their antioxidant activities. *Food Chemistry*, vol. 89, p. 191-198.
- The Plant List (2010) - Version 1. [citado 2013-08-20] Disponível em: <http://www.theplantlist.org>.
- Tiwari, U. e Cummins, E. (2013) - Factors influencing levels of phytochemicals in selected fruit and vegetables during pre- and post-harvest food processing operations. *Food Research International*, vol. 50, p. 497-506.
- Vaz, J.A.; Barros, L.; Martins, A.; Morais, J.S.; Vasconcelos, M.H. e Ferreira, I.C.F.R. (2011a) - Phenolic profile of seventeen Portuguese wild mushrooms. *LWT - Food Science and Technology*, vol. 44, p. 343-346.
- Vaz, J.A.; Barros, L.; Martins, A.; Santos-Buelga, C.; Vasconcelos, M.H. e Ferreira, I.C.F.R. (2011b) - Chemical composition of wild edible mushrooms and antioxidant properties of their water soluble polysaccharidic and ethanolic fractions. *Food Chemistry*, vol. 126, p. 610-616.
- Vaz, J.A.; Heleno, S.A.; Martins, A.; Almeida, G.M.; Vasconcelos, M.H. e Ferreira, I.C.F.R. (2010). Wild mushrooms *Clitocybe alexandri* and *Lepista inversa*: *In vitro* antioxidant activity and growth inhibition of human tumour cell lines. *Food and Chemical Toxicology*, vol. 48, p. 2881-2884.
- Vaz, J.A.; Ferreira, I.C.F.R.; Tavares, C.; Almeida, G.M.; Martins, A. e Vasconcelos, M.H. (2012). *Suillus collinitus* methanolic extract increases p53 expression and causes cell cycle arrest and apoptosis in a breast cancer cell line. *Food Chemistry*, vol. 135, p. 596-602.
- Vichai, V. e Kirtikara, K. (2006) - Sulforhodamine B colorimetric assay for cytotoxicity screening. *Nature Protocols*, vol. 1, p. 1112-1116.
- Vieira, V.; Barros, L.; Martins, A. e Ferreira, I.C.F.R. (2014) - Expanding current knowledge on the chemical composition and antioxidant activity of the genus *Lactarius*. *Molecules*, vol. 19, p. 20650-20663.
- Yordanov, N.D.; Lagunov, O. e Dimov, K. (2009) - EPR spectra induced by gamma-irradiation of some dry medical herbs. *Radiation Physics and Chemistry*, vol. 78, p. 277-280.

Quadro 1 – Teor em humidade (g/100 g fw) e valor nutricional (g/100 g dw) e energético (kcal/100 g dw) de plantas silvestres provenientes do Nordeste de Portugal.

Espécies	Humidade	Proteínas	Lípidos	Glúcidos	Cinzas	Energia	Referências
Verduras							
<i>Asparagus acutifolius</i> L.	84,6 ± 3,8	22,4 ± 0,1	3,99 ± 0,33	61,3 ± 0,3	12,3 ± 0,1	371 ± 1	Martins et al., 2011
<i>Borago officinalis</i> L.	86,85 ± 0,40	8,93 ± 1,58	1,25 ± 0,23	71,94 ± 1,70	17,88 ± 0,86	334,73 ± 3,26	Pereira et al., 2011
<i>Bryonia dioica</i> Jacq.	82,9 ± 2,3	16,6 ± 0,4	15,1 ± 1,9	59,5 ± 1,2	8,79 ± 0,01	440 ± 7	Martins et al., 2011
<i>Foeniculum vulgare</i> Mill. (folhas)	76,36 ± 0,33	4,91*	2,58*	78,00*	14,51*	354,91*	Barros et al., 2010a
<i>F. vulgare</i> (rebentos)	73,88 ± 0,83	5,09*	1,88*	83,88*	9,15*	372,78*	Barros et al., 2010a
<i>Glechoma hederacea</i> L.	73,01 ± 8,05	4,96*	4,37*	77,81*	12,86*	370,36*	Barros et al., 2011a
<i>Montia fontana</i> L.	95,22 ± 0,74	13,38 ± 0,01	3,09 ± 0,47	68,46 ± 0,29	15,07 ± 0,10	355,18 ± 0,84	Pereira et al., 2011
<i>Rorippa nasturtium-aquaticum</i> (L.) Hayek	93,23 ± 0,99	13,58 ± 0,38	2,97 ± 0,47	66,64 ± 0,31	16,81 ± 0,08	347,61 ± 1,24	Pereira et al., 2011
<i>Rumex acetosella</i> L.	89,09 ± 1,01	7,85 ± 1,86	2,35 ± 0,28	78,87 ± 1,50	10,93 ± 1,06	368,03 ± 3,98	Pereira et al., 2011
<i>Rumex induratus</i> Boiss. & Reut.	90,29 ± 0,53	13,54 ± 0,28	3,97 ± 0,14	71,42 ± 0,28	11,07 ± 0,30	375,55 ± 0,36	Pereira et al., 2011
<i>Tamus communis</i> L.	83,3 ± 1,3	19,1 ± 0,8	3,05 ± 0,12	69,3 ± 0,7	8,62 ± 0,15	381 ± 1	Martins et al., 2011
Plantas aromáticas, medicinais e condimentares							
<i>Laurus nobilis</i> L. (folhas)	-	13,24 ± 0,03	5,41 ± 0,01	76,26 ± 0,31	5,09 ± 0,41	406,69 ± 1,16	Dias et al., 2014a
<i>F. vulgare</i> (inflorescências)	71,31 ± 4,01	4,78*	4,46*	79,54*	11,26*	377,24*	Barros et al., 2010a
<i>F. vulgare</i> (caules)	73,88 ± 0,83	6,08*	5,68*	86,02*	7,19*	480,17*	Barros et al., 2010a
<i>Mentha pulegium</i> L. (inflorescências)	59,47 ± 9,22	7,12 ± 0,49	2,22 ± 0,22	84,74 ± 0,59	5,92 ± 0,09	387,44 ± 0,53	Fernandes et al., 2010
<i>Origanum vulgare</i> L. (inflorescências)	51,82 ± 5,11	4,73*	5,83*	83,48*	5,96*	405,38*	Barros et al., 2011a
<i>Thymus mastichina</i> L. (inflorescências)	54,67 ± 7,03	4,90*	8,38*	80,83*	5,89*	418,38*	Barros et al., 2011a
Frutos							
<i>Arbutus unedo</i> L.	59,70 ± 2,67	3,09 ± 0,08	1,37 ± 0,40	93,83 ± 0,41	1,71 ± 0,09	399,99 ± 1,17	Barros et al. 2010b
<i>Crataegus monogyna</i> Jacq.	60,00 ± 6,10	3,97 ± 0,09	0,83 ± 0,00	91,99 ± 0,13	3,21 ± 0,09	391,32 ± 0,26	Barros et al. 2011b
<i>Prunus spinosa</i> L.	60,86 ± 1,69	2,86 ± 0,03	1,98 ± 0,32	88,51 ± 2,24	6,65 ± 2,03	383,27 ± 7,09	Barros et al. 2010b
<i>Prunus avium</i> L.	85,24 ± 2,52	2,85*	0,27*	94,17*	2,71*	390,58*	Bastos et al., 2015
<i>Rosa canina</i> L.	48,68 ± 0,91	2,72 ± 0,05	0,65 ± 0,04	93,16 ± 0,18	3,47 ± 0,20	398,37 ± 0,92	Barros et al. 2010b
<i>Rosa micrantha</i> Borrer ex Sm.	44,54 ± 1,22	4,18 ± 0,06	0,68 ± 0,11	91,98 ± 0,26	3,16 ± 0,21	390,80 ± 0,20	Guimarães et al., 2010
Flores							
<i>Achillea millefolium</i> L.	-	12,53 ± 0,85	5,20 ± 0,13	75,84 ± 0,76	6,43 ± 0,11	400,28 ± 0,21	Dias et al., 2013
<i>Chamaemelum nobile</i> L.	67,09 ± 1,02	26,63 ± 1,92	3,12 ± 0,33	63,83 ± 1,66	6,43 ± 0,05	389,88 ± 1,32	Guimarães et al., 2013a

* Valor calculado com base em massa fresca ou para uniformização de unidades. Nomes das plantas de acordo com "The Plant List" (<http://www.theplantlist.org>).

Quadro 2 - Teor em açúcares (g/100 g dw) e ácidos gordos (percentagem) de plantas silvestres provenientes do Nordeste de Portugal.

Espécies	Açúcares			Total	Ácidos gordos			Referências
	Frutose	Glucose	Sacarose		SFA	MUFA	PUFA	
Verduras								
<i>Asparagus acutifolius</i> L.	2,49 ± 0,13	1,98 ± 0,04	4,27 ± 0,12	9,24 ± 0,28	26,2 ± 0,1	5,32 ± 0,35	68,5 ± 0,4	Martins et al., 2011
<i>Borago officinalis</i> L.	0,14 ± 0,03	0,58 ± 0,06	1,52 ± 0,13	2,46 ± 0,16	51,32 ± 0,93	3,30 ± 0,49	45,38 ± 1,92	Pereira et al., 2011
<i>Bryonia dioica</i> Jacq.	3,45 ± 0,08	2,97 ± 0,09	0,572 ± 0,014	7,30 ± 0,19	21,4 ± 0,2	1,72 ± 0,07	76,8 ± 0,2	Martins et al., 2011
<i>Foeniculum vulgare</i> Mill. (folhas)	2,07*	3,21*	0,13*	5,46*	27,99 ± 0,02	4,96 ± 0,40	67,05 ± 0,42	Barros et al., 2010a
<i>F. vulgare</i> (rebentos)	5,78*	18,03*	1,34*	26,15*	19,95 ± 0,12	2,72 ± 0,36	77,33 ± 0,24	Barros et al., 2010a
<i>Glechoma hederacea</i> L.	0,56*	0,30*	1,48*	3,85*	26,79 ± 0,53	36,16 ± 0,23	37,05 ± 0,29	Barros et al., 2011a
<i>Montia fontana</i> L.	0,76 ± 0,17	1,00 ± 0,02	0,44 ± 0,05	2,86 ± 0,32	20,83 ± 0,14	4,02 ± 0,50	75,15 ± 0,36	Pereira et al., 2011
<i>Rorippa nasturtium-aquaticum</i> (L.) Hayek	0,89 ± 0,02	0,82 ± 0,08	0,99 ± 0,17	3,10 ± 0,27	16,68 ± 0,51	2,11 ± 0,00	81,20 ± 0,50	Pereira et al., 2011
<i>Rumex acetosella</i> L.	0,60 ± 0,00	0,73 ± 0,01	0,21 ± 0,07	2,29 ± 0,19	19,45 ± 1,12	7,96 ± 0,06	72,59 ± 1,06	Pereira et al., 2011
<i>Rumex induratus</i> Boiss. & Reut.	1,71 ± 0,09	1,26 ± 0,20	1,25 ± 0,31	4,97 ± 0,31	19,76 ± 0,73	7,24 ± 0,39	73,01 ± 1,12	Pereira et al., 2011
<i>Tamus communis</i> L.	3,83 ± 0,13	1,80 ± 0,14	0,695 ± 0,05	7,66 ± 0,13	22,0 ± 0,3	8,15 ± 0,21	69,9 ± 0,1	Martins et al., 2011
Plantas aromáticas, medicinais e condimentares								
<i>Laurus nobilis</i> L. (folhas)	1,40 ± 0,12	1,78 ± 0,32	2,60 ± 0,61	5,79 ± 0,41	64,50 ± 1,76	2,14 ± 0,14	0,24 ± 0,01	Dias et al., 2014a
<i>F. vulgare</i> (inflorescências)	3,84*	10,25*	0,10*	14,19*	37,47 ± 0,25	5,59 ± 0,13	56,94 ± 0,12	Barros et al., 2010a
<i>F. vulgare</i> (caules)	6,61*	15,22*	nd	21,83*	33,81 ± 0,06	4,78 ± 0,57	61,41 ± 0,62	Barros et al., 2010a
<i>Juglans regia</i> L. (folhas)	nd	0,79 ± 0,01	5,79 ± 0,35	9,27 ± 0,31	-	-	-	Santos et al., 2013
<i>Mentha pulegium</i> L. (inflorescências)	2,39 ± 0,11	3,37 ± 0,22	4,62 ± 0,28	11,29 ± 0,61	37,62 ± 0,83	6,82 ± 0,19	55,48 ± 0,53	Fernandes et al., 2010
<i>Origanum vulgare</i> L. (inflorescências)	0,39*	1,20*	0,62*	2,32*	8,92 ± 0,15	5,27 ± 0,01	85,80 ± 0,17	Barros et al., 2011a
<i>Rosa canina</i> L. (pétalas)	14,70 ± 0,55	11,82 ± 0,49	1,47 ± 0,09	29,32 ± 1,20	46,07 ± 0,27	7,14 ± 0,33	46,79 ± 0,61	Barros et al., 2011c
<i>Sambucus nigra</i> L. (inflorescências)	2,66*	3,23*	2,47*	8,36*	33,92 ± 1,47	15,23 ± 0,64	50,85 ± 2,11	Barros et al., 2011d
<i>Thymus mastichina</i> L. (inflorescências)	0,99*	2,14*	0,04*	3,18*	29,32 ± 0,08	10,69 ± 0,32	59,99 ± 0,40	Barros et al., 2011a

*Valor calculado com base em massa fresca ou para uniformização de unidades; nd – não detetado. Nomes das plantas de acordo com "The Plant List" (<http://www.theplantlist.org>).

Quadro 2 - Teor em açúcares (g/100 g dw) e ácidos gordos (percentagem) de plantas silvestres provenientes do Nordeste de Portugal (continuação).

Espécies	Açúcares			Total	Ácidos gordos			Referências
	Frutose	Glucose	Sacarose		SFA	MUFA	PUFA	
Frutos								
<i>Arbutus unedo</i> L.	24,21 ± 1,46	12,14 ± 0,26	4,20 ± 0,04	40,55 ± 1,62	20,32 ± 0,57	21,39 ± 0,03	58,28 ± 0,54	Barros et al., 2010b
<i>Crataegus monogyna</i> Jacq.	7,24 ± 0,56	33,39 ± 2,52	0,14 ± 0,03	41,03 ± 3,12	60,48 ± 0,58	14,54 ± 0,11	24,94 ± 0,47	Barros et al., 2011b
<i>Prunus spinosa</i> L.	6,95 ± 0,46	29,84 ± 1,49	0,27 ± 0,03	37,06 ± 1,92	15,16 ± 0,16	58,45 ± 0,34	26,40 ± 0,17	Barros et al., 2010b
<i>Prunus avium</i> L.	37,06*	40,79*	-	93,83*	35,00 ± 0,73	24,40 ± 0,46	40,60 ± 0,28	Bastos et al., 2015
<i>Rosa canina</i> L.	12,89 ± 0,94	12,17 ± 0,95	1,83 ± 0,27	26,90 ± 2,16	15,40 ± 0,42	16,16 ± 0,02	68,44 ± 0,44	Barros et al. 2010b
<i>Rosa micrantha</i> Borrer ex Sm.	3,33 ± 0,27	3,19 ± 0,29	4,86 ± 0,03	11,55 ± 0,53	17,03 ± 0,16	11,40 ± 0,17	71,57 ± 0,33	Guimarães et al., 2010
Flores								
<i>Arenaria montana</i> L.	5,46 ± 0,53	2,05 ± 0,33	1,41 ± 0,32	10,15 ± 0,99	43,16 ± 0,38	10,16 ± 0,43	46,68 ± 0,82	Pereira et al., 2014
<i>Achillea millefolium</i> L.	1,11 ± 0,02	0,66 ± 0,04	0,80 ± 0,03	3,14 ± 0,08	22,09 ± 0,22	28,75 ± 0,09	49,16 ± 0,12	Dias et al., 2013
<i>Chamaemelum nobile</i> L.	3,37 ± 0,24	1,57 ± 0,13	1,08 ± 0,08	6,62 ± 0,31	27,67 ± 0,19	24,78 ± 0,27	47,56 ± 0,46	Guimarães et al., 2013a
<i>Chenopodium ambrosioides</i> L.	0,24 ± 0,01	0,46 ± 0,01	1,43 ± 0,12	3,04 ± 0,07	23,87 ± 0,08	7,69 ± 0,16	68,44 ± 0,08	Barros et al., 2013a
<i>Matricaria recutita</i> L.	1,64 ± 0,04	0,89 ± 0,01	2,53 ± 0,10	6,08 ± 0,19	22,63 ± 0,16	8,42 ± 0,03	68,89 ± 0,19	Barros et al., 2010c

*Valor calculado com base em massa fresca ou para uniformização de unidades; nd – não detetado. Nomes das plantas de acordo com "The Plant List" (<http://www.theplantlist.org>).

Quadro 3 - Teor em vitaminas (ácido ascórbico e tocoferóis, mg/100 g dw) e compostos fenólicos (fenóis, mg GAE/g extrato; flavonóides, mg CE/g extrato) de plantas silvestres provenientes do Nordeste de Portugal.

Espécies	Vitaminas		Compostos fenólicos		Referências
	Ácido ascórbico	Tocoferóis	Fenóis	Flavonóides	
Verduras					
<i>Asparagus acutifolius</i> L.	142 ± 12	135 ± 8	624 ± 28	57,8 ± 2,4	Martins et al., 2011
<i>Borago officinalis</i> L.	19,09 ± 1,73	11,49 ± 0,70	113,58 ± 0,92	88,17 ± 2,73	Pereira et al., 2011
<i>Bryonia dioica</i> Jacq.	nd	57,6 ± 6,0	258 ± 22	18,1 ± 1,2	Martins et al., 2011
<i>Foeniculum vulgare</i> Mill. (folhas)	36,04*	5,57*	39,49 ± 0,62	nd	Barros et al., 2009
<i>F. vulgare</i> (rebentos)	18,18*	0,29*	65,85 ± 0,74	18,64 ± 0,90	Barros et al., 2009
<i>Glechoma hederacea</i> L. (folhas e ramos)	16,84 ± 0,22	369,18 ± 5,70	196,61 ± 6,09	95,02 ± 2,73	Barros et al., 2010d
<i>Montia fontana</i> L.	39,48 ± 7,23	56,60 ± 7,40	47,47 ± 1,62	25,88 ± 1,01	Pereira et al., 2011
<i>Rorippa nasturtium-aquaticum</i> (L.) Hayek	17,34 ± 3,22	26,42 ± 0,43	50,42 ± 2,77	35,17 ± 3,36	Pereira et al., 2011
<i>Rumex acetosella</i> L.	180,48 ± 4,38	98,69 ± 1,686	141,58 ± 3,67	67,91 ± 3,02	Pereira et al., 2011
<i>Rumex induratus</i> Boiss. & Reut.	1064,51 ± 2,56	84,28 ± 0,62	117,08 ± 2,54	89,78 ± 2,81	Pereira et al., 2011
<i>Tamus communis</i> L.	nd	52,0 ± 1,0	759 ± 29	150 ± 12	Martins et al., 2011
Plantas aromáticas, medicinais e condimentares					
<i>Laurus nobilis</i> L. (folhas)	30*	780,12 ± 2,36	76,16 ± 0,34 ¹	76,15 ^{1,2}	Dias et al., 2014a
<i>F. vulgare</i> (inflorescências)	31,14*	0,93*	34,68 ± 0,74	nd	Barros et al., 2009
<i>F. vulgare</i> (caules)	18,18*	0,29*	8,61 ± 0,09	nd	Barros et al., 2009
<i>Juglans regia</i> L. (folhas)	200*	282,20 ± 1,90	25,30 ± 0,39 ¹	16,35 ^{1,3}	Santos et al., 2013
<i>Mentha pulegium</i> L. (inflorescências)	7,90 ± 0,17	89,70 ± 14,79	331,69 ± 19,63	139,85 ± 1,27	Fernandes et al., 2010
<i>Origanum vulgare</i> L. (inflorescências)	17,07 ± 0,53	12,66 ± 0,55	368,58 ± 18,18	224,15 ± 0,96	Barros et al., 2010d
<i>Rosa canina</i> L. (pétalas)	72,18 ± 6,07	13,80 ± 0,03	270,28 ± 35,54	18,41 ± 1,19	Barros et al., 2011c
<i>Sambucus nigra</i> L. (inflorescências)	173*	32,4	92,7 ± 4,66	26,2 ± 0,51	Barros et al., 2011d
<i>Thymus mastichina</i> L. (inflorescências)	12,87 ± 0,22	4,14 ± 0,20	165,29 ± 1,11	83,85 ± 1,42	Barros et al., 2010d
Frutos					
<i>Arbutus unedo</i> L.	15,07 ± 0,77	23,46 ± 0,26	126,83 ± 6,66	34,99 ± 1,55	Barros et al., 2010b
<i>Crataegus monogyna</i> Jacq.	220,24 ± 5,04	119,99 ± 16,27	274,27 ± 5,91	21,70 ± 0,82	Barros et al., 2011b
<i>Prunus spinosa</i> L.	15,69 ± 0,53	9,25 ± 0,64	83,40 ± 2,75	8,68 ± 1,15	Barros et al., 2010b
<i>Prunus avium</i> L.	13,01	0,79	5,58 ± 0,09 ¹	3,98 ^{1,4}	Bastos et al., 2015
<i>Rosa canina</i> L.	68,04 ± 1,11	8,33 ± 0,34b	143,17 ± 5,25	31,05 ± 1,18	Barros et al., 2010b
<i>Rosa micrantha</i> Bonner ex Sm.	943,89 ± 7,39	19,64 ± 1,25	188,16 ± 21,66	19,93 ± 0,81	Guimarães et al., 2010

* Valor calculado com base em massa fresca ou convertido para uniformização de unidades; GAE – Equivalentes de ácido gálico; CE – Equivalentes de quercetina; nd – não detectado; 1) Valor em mg/g de extrato; 2) Soma do total de flavan-3-óis, flavonóis e flavonas; 3) Soma do total de flavan-3-óis e flavonóis/flavanonóis; 4) Soma do total de flavonóides não-antocianóis e antocianinas; 5) Total de flavonas; 6) Soma do total de flavonóis e flavonas. Nomes das plantas de acordo com "The Plant List" (<http://www.theplantlist.org>).

Quadro 3 - Teor em vitaminas (ácido ascórbico e tocoferóis, mg/100 g dw) e compostos fenólicos (fenóis, mg GAE/g extrato; flavonóides, mg CE/g extrato) de plantas silvestres provenientes do Nordeste de Portugal (continuação).

Espécies	Vitaminas		Compostos fenólicos		Referências
	Ácido ascórbico	Tocoferóis	Fenóis	Flavonóides	
Flores					
<i>Arenaria montana</i> L.	20*	2,29 ± 0,31	12,05 ^{*1,5}	12,05 ^{*1,5}	Pereira et al., 2014
<i>Achillea millefolium</i> L.	nd	18,62 ± 1,89	128,36 ± 0,0 ¹	24,56 ± 0,36 ¹	Dias et al., 2013
<i>Chamaemelum nobile</i> L.	nd	1,83 ± 0,01	65,1 ^{*1}	38,2 ^{*1,6}	Guimarães et al., 2013a
<i>Chenopodium ambrosioides</i> L.	0,02 ± 0,00	202,34 ± 5,02	8,22 ^{*1}	7,68 ^{*1}	Barros et al., 2013a
<i>Matricaria recutita</i> L.	61,57 ± 0,81	7,35 ± 0,03	139,62 ± 3,02	126,82 ± 3,95	Barros et al., 2010b

* Valor calculado com base em massa fresca ou convertido para uniformização de unidades; GAE – Equivalentes de ácido gálico; CE – Equivalentes de quercetina; nd – não detectado; 1) Valor em mg/g de extrato; 2) Soma do total de flavan-3-óis, flavonóis e flavonas; 3) Soma do total de flavan-3-óis e flavonóis/flavanonóis; 4) Soma do total de flavonóides não-antocianóis e antocianinas; 5) Total de flavonas; 6) Soma do total de flavonóis e flavonas. Nomes das plantas de acordo com “The Plant List” (<http://www.theplantlist.org>).

Quadro 4 – Atividade antioxidante (mg extrato seco/mL metanol) de plantas silvestres provenientes do Nordeste de Portugal.

Espécies	Valores de EC ₅₀ (mg extrato seco/mL metanol)			Referências
	Atividade captadora do DPPH	Poder redutor	Inibição da descoloração do β-caroteno	
Verduras				
<i>Asparagus acutifolius</i> L.	0,42 ± 0,02	0,19 ± 0,01	0,17 ± 0,01	Martins et al., 2011
<i>Borago officinalis</i> L.	0,07 ± 0,00	0,23 ± 0,01	0,13 ± 0,02	Pereira et al., 2011
<i>Bryonia dioica</i> Jacq.	0,64 ± 0,05	0,20 ± 0,01	0,37 ± 0,01	Martins et al., 2011
<i>Foeniculum vulgare</i> Mill. folhas	6,88 ± 0,70	1,17 ± 0,07	1,14 ± 0,03	Barros et al., 2009
<i>F. vulgare</i> (jovens caules com folhas)	1,34 ± 0,07	0,48 ± 0,02	0,49 ± 0,03	Barros et al., 2009
<i>Glechoma hederacea</i> L.	0,39 ± 0,02	0,22 ± 0,00	0,87 ± 0,10	Barros et al., 2010d
<i>Montia fontana</i> L.	0,22 ± 0,01	0,84 ± 0,02	0,46 ± 0,04	Pereira et al., 2011
<i>Rorippa nasturtium-aquaticum</i> (L.) Hayek	0,13 ± 0,03	0,74 ± 0,02	0,85 ± 0,16	Pereira et al., 2011
<i>Rumex acetosella</i> L.	0,03 ± 0,00	0,16 ± 0,01	0,12 ± 0,01	Pereira et al., 2011
<i>Rumex induratus</i> Boiss. & Reut.	0,03 ± 0,00	0,22 ± 0,01	0,19 ± 0,03	Pereira et al., 2011
<i>Taraxacum officinale</i> L.	0,20 ± 0,03	0,07 ± 0,00	0,07 ± 0,01	Martins et al., 2011
Plantas aromáticas, medicinais e condimentares				
<i>Laurus nobilis</i> L. (folhas)	7,72 ± 0,87	1,02 ± 0,02	1,29 ± 0,03	Dias et al., 2014a
<i>F. vulgare</i> (inflorescências)	12,16 ± 0,94	2,82 ± 0,04	2,38 ± 0,12	Barros et al., 2009
<i>F. vulgare</i> (caules)	0,07 ± 0,01	0,08 ± 0,00	0,18 ± 0,01	Barros et al., 2009
<i>Juglans regia</i> L. (folhas)	0,20 ± 0,00	0,14 ± 0,00	0,10 ± 0,01	Santos et al., 2013
<i>Mentha pulegium</i> L. (inflorescências)	0,56 ± 0,05	0,12 ± 0,01	0,01 ± 0,00	Fernandes et al., 2010
<i>Origanum vulgare</i> L. (inflorescências)	0,16 ± 0,03	0,18 ± 0,00	0,45 ± 0,05	Barros et al., 2010d
<i>Rosa canina</i> L. (pétalas)	0,22 ± 0,01	0,24 ± 0,03	0,12 ± 0,03	Barros et al., 2011c
<i>Sambucus nigra</i> L. (inflorescências)	0,57 ± 0,03	0,27 ± 0,01	0,16 ± 0,01	Barros et al., 2011c
<i>Thymus mastichina</i> L. (inflorescências)	0,69 ± 0,04	0,23 ± 0,00	0,90 ± 0,09	Barros et al., 2010d
Frutos				
<i>Arbutus unedo</i> L.	0,45 ± 0,00	0,41 ± 0,00	0,77 ± 0,00	Barros et al., 2010b
<i>Crataegus monogyna</i> Jacq.	0,13 ± 0,01	0,08 ± 0,00	0,10 ± 0,01	Barros et al., 2011b
<i>Prunus spinosa</i> L.	0,60 ± 0,00	0,61 ± 0,00	0,99 ± 0,00	Barros et al., 2010b
<i>Prunus avium</i> L.	0,99 ± 0,01	0,57 ± 0,01	1,80 ± 0,04	Bastos et al., 2015
<i>Rosa canina</i> L.	0,43 ± 0,00	0,17 ± 0,00	0,40 ± 0,00	Barros et al., 2010b
<i>Rosa micrantha</i> Borrer ex Sm.	0,19 ± 0,04	0,079 ± 0,005	0,044 ± 0,001	Guimarães et al., 2010

Dados expressos como média ± desvio padrão. Nomes das plantas de acordo com "The Plant List" (<http://www.theplantlist.org>).

Quadro 4 – Atividade antioxidante (mg extrato seco/mL metano) de plantas silvestres provenientes do Nordeste de Portugal (continuação).

Espécies	Valores de EC ₅₀ (mg extrato seco/mL metano)			Inibição de TBARS	Referências
	Atividade captadora do DPPH	Poder redutor	Inibição da descoloração do β-caroteno		
<i>Flores</i>					
<i>Arenaria montana</i> L.	0,90 ± 0,01	0,82 ± 0,01	6,25 ± 0,31	0,90 ± 0,08	Pereira et al., 2014
<i>Achillea millefolium</i> L.	0,50 ± 0,01	0,25 ± 0,01	2,08 ± 0,04	0,81 ± 0,09	Dias et al., 2013
<i>Chamaemelum nobile</i> (L.) All.	0,62 ± 0,06	0,29 ± 0,01	0,44 ± 0,02	0,08 ± 0,01	Guimarães et al., 2013a
<i>Chenopodium ambrosioides</i> L.	0,62 ± 0,08	0,47 ± 0,03	2,53 ± 0,04	0,70 ± 0,09	Barros et al., 2013a
<i>Matricaria recutita</i> L.	0,80 ± 0,05	0,23 ± 0,02	0,66 ± 0,02	0,18 ± 0,03	Guimarães et al., 2013b

Dados expressos como média ± desvio padrão. Nomes das plantas de acordo com “The Plant List” (<http://www.theplantlist.org>).

Quadro 5 – Atividade citotóxica em linhas celulares tumorais e não tumorais ($\mu\text{g/mL}$) de plantas silvestres provenientes do Nordeste de Portugal.

Espécies	Citotoxicidade em linhas celulares tumorais humanas (GI_{50} , $\mu\text{g/mL}$)					Citotoxicidade em linhas celulares não tumorais (GI_{50} , $\mu\text{g/mL}$)		Referências
	MCF-7 (mama)	NCI-H460 (pulmão)	HCT-15 (cólon)	HeLa (cervical)	HepG2 (hepatocelular)	PLP2 (células primárias)		
Plantas aromáticas, medicinais e condimentares								
<i>Juglans regia</i> L. (folhas)	209,28±8,83	> 400	215,58±0,58	294,87±9,36	240,67±7,13	>400	Santos et al., 2013	
<i>Laurus nobilis</i> L. (folhas)	135 ± 53	81 ± 10	53 ± 2	88 ± 11	144 ± 37	210 ± 70	Dias et al., 2014b	
Frutos								
<i>Arbutus unedo</i> L.	153,08±10,34	37,68±5,02	93,36±5,98	149,88±8,46	168,40±7,29	>400	Guimarães et al., 2014	
<i>Crataegus monogyna</i> Jacq.	219,44 ± 9,19	277,89 ± 9,23	nd	228,61 ± 3,54	282,00 ± 13,68	>400	Rodrigues et al., 2012	
<i>Prunus spinosa</i> L.	>400	154,25±6,35	220,44±2,89	253,03±11,03	169,56±6,39	>400	Guimarães et al., 2014	
<i>Prunus avium</i> L.	>400	>400	>400	>400	73,51±6,37	>400	Bastos et al., 2015	
<i>Rosa canina</i> L.	>400	254,69±3,91	223,25±4,23	224,58±14,09	281,79±5,78	>400	Guimarães et al., 2014	
<i>Rosa micrantha</i> Borrer ex Sm	374,11±8,69	226,04±7,56	264,04±3,08	226,34±13,81	270,5±9,24	>400	Guimarães et al., 2014	
Flores								
<i>Arenaria montana</i> L.	>400	>400	>400	329,46±12,46	308,68±13,25	350,25±5,70	Pereira et al., 2014	
<i>Achillea millefolium</i> L.	17,11 ± 1,05	54,24 ± 0,46	18,88 ± 0,77	39,02 ± 2,90	47,14 ± 1,85	58,14 ± 1,05	Dias et al., 2013	
<i>Chamaemelum nobile</i> (L.) All.	82,52±4,57	82,75±8,14	91,23±3,13	85,01±6,39	168,40±2,23	>400	Guimarães et al., 2013a	
<i>Chenopodium ambrosioides</i> L.	>400	>400	318,75±13,21	264,17±10,57	287,43±21,99	>400	Barros et al., 2013a	
<i>Matricaria recutita</i> L.	>400	>400	250,24±18,38	259,36±7,57	>400	>400	Guimarães et al., 2013b	

nd- não determinado. Dados expressos como média ± desvio padrão. Nome das plantas de acordo com "The Plant List" (<http://www.theplantlist.org>).

Quadro 6 - Composição proximal e valor energético de cogumelos silvestres provenientes do Nordeste de Portugal.

Espécies	Humidade (g/100 g mf)	Lípidos (g/100 g ms)	Proteínas (g/100 g ms)	Hidratos de carbono (g/100 g ms)	Energia (kcal/ 100 g ms)	Referências
<i>Agaricus albertii</i> Bon	90,73 ± 0,24	1,38 ± 0,06	19,83 ± 0,03	56,66 ± 0,54	318,36 ± 1,78	Reis et al., 2014
<i>Agaricus campestris</i> (L.)	88,17 ± 0,44	0,11 ± 0,00	18,57 ± 0,00	58,16 ± 0,00	307,91 ± 0,00	Pereira et al., 2012
<i>Agaricus comtulus</i> Fries	87,94 ± 0,77	0,46 ± 0,00	21,29 ± 0,83	50,11 ± 0,89	289,74 ± 0,52	Pereira et al., 2012
<i>Agaricus excellens</i> (F.H. Møller) Nauta	87,72 ± 0,26	1,37 ± 0,23	14,47 ± 0,61	54,52 ± 1,83	288,29 ± 4,36	Reis et al., 2014
<i>Agaricus lutosus</i> (Møller) Møller	87,04 ± 2,01	1,10 ± 0,04	23,24 ± 0,44	49,71 ± 1,72	301,67 ± 7,31	Pereira et al., 2012
<i>Amanita caesarea</i> (Scop.) Pers.	94 ± 1	6,4 ± 0,1	6,3 ± 0,1	72,5 ± 0,3	373 ± 1	Fernandes et al., 2015
<i>Amanita crocea</i> (Quéil. in Bourd.) Singer ex Singer	89,04 ± 0,00	4,62 ± 0,16	20,02 ± 1,33	49,64 ± 1,34	320,19 ± 4,39	Leal et al., 2013
<i>Amanita curtipes</i> E.-J. Gilbert	80 ± 1	8,6 ± 0,3	6,4 ± 0,4	67,8 ± 0,4	374 ± 2	Fernandes et al., 2015
<i>Amanita mairei</i> (Foley)	76,82 ± 8,50	8,30 ± 0,00	17,74 ± 0,79	62,75 ± 0,74	396,67 ± 0,26	Leal et al., 2013
<i>Amanita umbrinolutes</i> (Secr. ex Gillet)	73,60 ± 0,17	6,77 ± 0,00	16,78 ± 0,00	47,59 ± 0,00	318,41 ± 0,00	Pereira et al., 2012
<i>Armillaria mellea</i> (Vahl) P. Kumm.	88,27 ± 0,60	5,56 ± 0,53	16,38 ± 1,34	71,28 ± 1,06	400,68 ± 5,50	Vaz et al., 2011b
<i>Boletus armeniacus</i> (Quéil.)	71,50 ± 0,43	1,56 ± 0,42	18,25 ± 0,06	68,10 ± 0,51	359,45 ± 0,52	Pereira et al., 2012
<i>Boletus edulis</i> Bull. Fr.	93 ± 1	4,3 ± 0,3	23 ± 2	65 ± 2	390 ± 2	Fernandes et al., 2013a
<i>Boletus erythropus</i> (Pers.)	91 ± 1	5,0 ± 0,4	16,4 ± 0,1	71 ± 1	375 ± 2	Fernandes et al., 2014
<i>Boletus fragrans</i> (Vittadini)	88,36 ± 1,49	0,75 ± 0,02	20,92 ± 0,05	52,44 ± 0,20	300,15 ± 0,88	Grangeia et al., 2011
<i>Boletus impolitus</i> Fr.	77,99 ± 0,07	1,83 ± 0,17	17,15 ± 0,04	76,29 ± 0,27	390,19 ± 0,06	Grangeia et al., 2011
<i>Boletus porosporus</i> (Imler ex Bon & G. Moreno)	88,90 ± 1,45	2,94 ± 0,33	16,01 ± 0,02	56,63 ± 0,84	316,98 ± 1,21	Pereira et al., 2012
<i>Boletus regius</i> Krombh.	65,57 ± 7,94	0,96 ± 0,06	15,74 ± 1,78	79,11 ± 1,82	388,00 ± 0,09	Leal et al., 2013
<i>Bovista aestivialis</i> (Bonord.) Demoulin	79,15 ± 9,43	1,59 ± 0,11	5,22 ± 0,22	88,79 ± 0,44	390,36 ± 0,42	Leal et al., 2013
<i>Bovista nigrescens</i> (Pers.)	23,23 ± 0,93	0,18 ± 0,02	15,59 ± 1,23	52,37 ± 1,31	273,44 ± 0,49	Pereira et al., 2012
<i>Calocybe gambosa</i> (Fr.) Donk	16,41 ± 0,18	3,64 ± 0,96	20,94 ± 0,31	72,18 ± 0,76	405,24 ± 3,88	Pereira et al., 2012
<i>Calvatia utriformis</i> (Bull.) Jaap.	90,92 ± 1,08	0,83 ± 0,11	15,46 ± 0,24	69,83 ± 1,22	348,58 ± 3,58	Vaz et al., 2011b
<i>Chlorophyllum rhacodes</i> (Vittadini) Vellinga	78,00 ± 1,36	1,90 ± 0,01	20,37 ± 0,49	59,91 ± 0,40	338,26 ± 0,61	Grangeia et al., 2011
<i>Clavariadelphus pistillaris</i> L.:Fr. Donk	88,28 ± 0,33	3,29 ± 0,33	19,32 ± 0,04	65,29 ± 0,48	368,03 ± 0,30	Pereira et al., 2012
<i>Clavariadelphus truncatus</i> (Quéil.) Donk	84,22 ± 1,78	0,59 ± 0,07	16,27 ± 0,24	62,37 ± 0,48	319,88 ± 2,67	Pereira et al., 2012
<i>Clitocybe costata</i> Kühner & Romagn	90,97 ± 1,29	1,54 ± 0,25	15,98 ± 0,15	69,62 ± 0,37	356,26 ± 0,02	Pereira et al., 2012
<i>Clitocybe gibba</i> (Pers.) Kumm	76,92 ± 2,11	1,50 ± 0,00	17,27 ± 0,25	70,36 ± 1,10	364,02 ± 3,84	Pereira et al., 2012
<i>Clitocybe odora</i> (Fr.) P. Kumm.	72,66 ± 0,99	4,29 ± 0,00	14,59 ± 0,27	60,45 ± 0,23	338,74 ± 0,42	Pereira et al., 2012
<i>Clitocybe subconnexa</i> (Murril)	88,49 ± 3,03	2,46 ± 0,04	17,33 ± 1,37	70,66 ± 1,09	374,12 ± 1,81	Vaz et al., 2011b
<i>Clitopilus prunulus</i> (Scop. ex Fr.) P. Kumm	nd	1,02 ± 0,09	7,42 ± 0,25	27,35 ± 0,13	381,18 ± 0,23	Heleno et al., 2015b
<i>Coprinus cornutus</i> (O.F.Müll.) Pers.	89,78 ± 1,46	1,01 ± 0,06	18,13 ± 0,37	50,66 ± 2,21	284,30 ± 5,80	Grangeia et al., 2011
<i>Cortinarius glaucopus</i> (Schaeff)	85,19 ± 0,50	1,13 ± 0,05	15,67 ± 0,23	70,36 ± 0,26	354,27 ± 1,18	Vaz et al., 2011b
<i>Cortinarius praestans</i> Cordier	91,67 ± 0,31	1,89 ± 0,15	50,09 ± 0,65	31,62 ± 0,73	343,84 ± 0,05	Heleno et al., 2009
<i>Fistulina hepatica</i> Schaeff.: Fr.	89,16 ± 0,19	2,58 ± 0,28	14,56 ± 0,24	63,98 ± 0,22	337,34 ± 1,00	Pereira et al., 2012
<i>Flammulina velutipes</i> (Curtis) Singer	87,51 ± 0,98	2,63 ± 0,49	63,69 ± 1,16	22,98 ± 0,43	364,98 ± 2,16	Heleno et al., 2009
	90,68 ± 0,58	1,84 ± 0,14	17,89 ± 0,02	70,85 ± 0,36	371,53 ± 2,36	Pereira et al., 2012

mf- massa fresca, ms- massa seca. Bibliografia mais recente do grupo BioChemcore, a partir de 2009 (continua na próxima página).

Quadro 6 - Composição proximal e valor energético de cogumelos silvestres provenientes do Nordeste de Portugal (continuação).

Espécies	Humidade (g/100 g mf)	Lípidos (g/100 g ms)	Proteínas (g/100 g ms)	Hidratos de carbono (g/100 g ms)	Energia (kcal/ 100 g ms)	Referências
<i>Gyromitra esculenta</i> (Pers. ex Pers.) Fr.	85,68 ± 8,39	0,73 ± 0,01	14,74 ± 0,79	52,43 ± 2,22	275,23 ± 10,07	Leal et al., 2013
<i>Helvella lacunosa</i> (Afzel.)	82,37 ± 3,43	2,40 ± 0,01	4,40 ± 0,36	71,50 ± 1,02	325,21 ± 3,05	Leal et al., 2013
<i>Herichium coralloides</i> (Scop.) Pers.	nd	2,38 ± 0,14	7,25 ± 0,15	81,06 ± 0,34	374,67 ± 1,84	Helena et al., 2015a
<i>Herichium erinaceus</i> (Bull.) Persoon	nd	1,75 ± 0,27	15,40 ± 0,38	79,36 ± 0,32	394,79 ± 0,95	Helena et al., 2015a
<i>Hydnum repandum</i> L., Fr.	6 ± 2	4,6 ± 0,1	14,1 ± 0,2	72 ± 1	385 ± 4	Fernandes et al., 2013a
<i>Hygrophoropsis aurantiaca</i> (Wulfen) Maire	84,59 ± 1,27	2,20 ± 0,11	36,40 ± 0,60	55,48 ± 0,52	387,32 ± 0,25	Helena et al., 2009
<i>Hygrophorus chrysodon</i> (Fr.) Fr.	92,09 ± 1,01	3,48 ± 0,09	15,11 ± 0,18	54,51 ± 1,28	309,74 ± 5,97	Pereira et al., 2012
<i>Hygrophorus pustulatus</i> (Persoon.: Fries) Fries	93,03 ± 0,79	3,06 ± 0,51	18,64 ± 0,40	64,26 ± 0,72	359,16 ± 1,40	Grangeia et al., 2011
<i>Hypholoma capnoides</i> (Fr.) Quel.	83,57 ± 2,08	0,36 ± 0,05	36,36 ± 0,21	34,99 ± 2,42	288,64 ± 10,05	Helena et al., 2009
<i>Laccaria laccata</i> (scop.: Fr.) Berk. & Broome	88,25 ± 1,86	3,76 ± 0,58	62,78 ± 1,07	12,77 ± 0,78	336,08 ± 6,88	Helena et al., 2009
<i>Lactarius citriolens</i> Pouzar	nd	5,37 ± 0,30	10,89 ± 0,33	76,76 ± 0,35	398,89 ± 1,74	Vieira et al., 2014
<i>Lactarius salmonicolor</i> R.Heim & Leclair	87,72 ± 0,94	2,03 ± 0,36	37,28 ± 0,11	37,41 ± 1,42	317,05 ± 5,85	Helena et al., 2009
<i>Lactarius turpis</i> (Weinm.) Fr.	nd	2,06 ± 0,27	13,06 ± 0,29	77,68 ± 0,35	381,47 ± 1,29	Vieira et al., 2014
<i>Lepista inversa</i> (Scop. Fr.) Pat.	87,73 ± 1,01	2,48 ± 0,21	76,63 ± 0,46	10,35 ± 0,45	370,24 ± 0,77	Helena et al., 2009
<i>Leucoagaricus leucothites</i> Vittad. Wasser	85,29 ± 1,00	1,10 ± 0,15	20,51 ± 0,47	51,93 ± 0,53	299,64 ± 0,57	Pereira et al., 2012
<i>Lyophyllum decastes</i> (Fries: Fries) Singer	87,38 ± 1,40	2,10 ± 0,12	25,52 ± 3,49	64,99 ± 2,96	380,98 ± 1,82	Grangeia et al., 2011
<i>Lycoperdon echinatum</i> Pers.	85,24 ± 0,48	1,22 ± 0,20	23,52 ± 2,20	65,83 ± 2,09	368,34 ± 0,66	Grangeia et al., 2011
<i>Lycoperdon umbrinum</i> Pers.	71,98 ± 0,32	0,37 ± 0,00	14,53 ± 0,07	51,96 ± 0,70	269,29 ± 3,00	Pereira et al., 2012
<i>Macrolepiota excariata</i> (Schaeff.) M.M. Moser	88,92 ± 1,57	1,55 ± 0,10	25,28 ± 2,64	44,19 ± 2,14	291,84 ± 3,51	Grangeia et al., 2011
<i>Macrolepiota procera</i> (Scop.) Singer	85,9 ± 0,3	2,9 ± 0,1	19 ± 1	70 ± 1	383 ± 1	Fernandes et al., 2013a
<i>Morchella esculenta</i> (L.) Pers.	90,79 ± 8,57	2,59 ± 0,42	11,52 ± 0,89	74,55 ± 0,87	367,59 ± 0,78	Helena et al., 2013b
<i>Pleurotus eryngii</i> (DC.) Quel.	82,59 ± 0,36	4,36 ± 0,14	2,09 ± 0,01	78,60 ± 0,75	362,00 ± 2,06	Reis et al., 2014
<i>Ramaria aurea</i> (Schaeff.) Quel.	88,52 ± 0,12	2,26 ± 0,05	14,60 ± 0,10	77,47 ± 0,61	388,58 ± 1,93	Pereira et al., 2012
<i>Russula aurea</i> Pers.	79,99 ± 9,13	1,24 ± 0,02	10,33 ± 10,33	75,68 ± 0,79	355,18 ± 1,01	Leal et al., 2013
<i>Russula delicata</i> Fr.	86,69 ± 0,73	0,91 ± 0,16	50,59 ± 1,02	25,57 ± 1,32	312,81 ± 9,15	Helena et al., 2009
<i>Russula cyanoxantha</i> (Schaeff.) Fr.	92 ± 1	3,4 ± 0,2	13,8 ± 0,5	74 ± 1	363 ± 2	Fernandes et al., 2014
<i>Russula olivacea</i> (Schaeff.) Fr.	85,44 ± 0,99	1,52 ± 0,52	16,80 ± 0,06	74,65 ± 1,01	379,46 ± 0,61	Grangeia et al., 2011
<i>Russula virescens</i> (Schaeff.) Fr.	84,58 ± 1,01	1,99 ± 0,44	16,84 ± 0,05	43,38 ± 3,71	258,84 ± 14,71	Grangeia et al., 2011
<i>Suillus mediterraneensis</i> (Jacquetant & Blum) Redeuilh	92,49 ± 4,81	1,85 ± 0,09	21,85 ± 0,79	62,27 ± 0,83	365,09 ± 0,87	Leal et al., 2013
<i>Suillus variegates</i> (Sw.) Kuntze	91,20 ± 1,85	2,61 ± 0,49	24,32 ± 0,35	45,42 ± 1,34	302,48 ± 1,49	Helena et al., 2009
<i>Tricholoma imbricatum</i> (Fr.) PKumm.	90,77 ± 0,76	3,31 ± 0,49	17,57 ± 0,56	63,76 ± 2,17	355,12 ± 4,19	Pereira et al., 2012
<i>Volvopluteus globiocephalus</i> (DC.) Vizzini, Contu & Justo	82,42 ± 1,15	1,88 ± 0,11	50,45 ± 0,83	41,21 ± 0,56	383,61 ± 1,44	Helena et al., 2009
	nd	4,62 ± 0,04	19,66 ± 0,14	13,97 ± 0,34	366,34 ± 0,05	Helena et al., 2015b

mf- massa fresca, ms- massa seca. Bibliografia mais recente do grupo BioChemcore, a partir de 2009.

Quadro 7 - Ácidos gordos maioritários (%) encontrados em cogumelos silvestres provenientes do Nordeste de Portugal.

Espécies	Ácido Palmítico (C16:0)	Ácido Estearílico (C18:0)	Ácido Oleico (C18:1n9)	Ácido Linoleico (C18:2n6)	SFA	MUFA	PUFA	Referências
<i>Agaricus albertii</i> (Bon.)	11,14 ± 0,07	3,12 ± 0,04	2,05 ± 0,60	75,75 ± 0,51	21,14 ± 0,06	2,39 ± 0,61	76,47 ± 0,55	Reis et al., 2014
<i>Agaricus campestris</i> (L.)	12,48 ± 0,01	2,73 ± 0,01	6,09 ± 0,01	68,97 ± 0,07	20,91 ± 0,05	9,05 ± 0,03	70,04 ± 0,02	Pereira et al., 2012
<i>Agaricus comtulus</i> Fries	12,98 ± 0,35	2,66 ± 0,03	3,50 ± 0,01	72,88 ± 0,57	22,04 ± 0,63	4,42 ± 0,04	73,55 ± 0,59	Pereira et al., 2012
<i>Agaricus excellens</i> (F.H. Møller) Nauta	14,88 ± 0,31	3,57 ± 0,02	5,47 ± 0,55	51,21 ± 1,09	28,79 ± 0,13	19,16 ± 0,97	52,05 ± 1,10	Reis et al., 2014
<i>Agaricus lutosus</i> (Møller) Møller	12,03 ± 0,01	2,26 ± 0,22	6,11 ± 0,85	74,40 ± 0,19	18,49 ± 0,53	6,63 ± 0,83	74,88 ± 0,30	Pereira et al., 2012
<i>Amanita caesarea</i> (Scop.) Pers.	12,42 ± 0,37	4,88 ± 0,24	53,78 ± 1,22	25,74 ± 1,66	19,16 ± 0,46	54,81 ± 1,20	26,03 ± 1,66	Reis et al., 2011
<i>Amanita crocea</i> (Qué. in Bourd.) Singer ex Singer	14,5 ± 0,5	2,9 ± 0,3	44 ± 1	35 ± 1	19,4 ± 0,5	45,6 ± 0,5	35,0 ± 0,2	Fernandes et al., 2015
<i>Amanita curripes</i> E.J.Gilbert	17,66 ± 1,21	3,68 ± 0,23	54,46 ± 0,65	20,14 ± 0,08	24,21 ± 0,59	55,42 ± 0,65	20,37 ± 0,06	Leal et al., 2013
<i>Amanita mairei</i> (Foley)	18,9 ± 0,2	4,1 ± 0,2	54 ± 1	19,2 ± 0,3	25,4 ± 0,3	55,2 ± 0,4	19,4 ± 0,3	Fernandes et al., 2015
<i>Amanita muscaria</i> (L.:Fr.) Lam.	18,08 ± 0,11	3,47 ± 0,02	53,02 ± 0,12	22,02 ± 0,04	23,64 ± 0,15	53,94 ± 0,11	22,42 ± 0,04	Leal et al., 2013
<i>Amanita umbrinolutes</i> (Secr. ex Gillet)	7,88 ± 0,03	6,13 ± 0,02	60,08 ± 1,03	21,87 ± 1,07	16,46 ± 0,05	61,38 ± 1,02	22,16 ± 1,07	Reis et al., 2011
<i>Armillaria mellea</i> (Vahl) P. Kumm.	15,10 ± 0,13	3,87 ± 0,01	58,82 ± 0,08	18,81 ± 0,02	21,18 ± 0,10	59,82 ± 0,12	19,00 ± 0,02	Pereira et al., 2012
<i>Boletus armeniacus</i> (Qué.)	11,04 ± 0,06	3,53 ± 0,01	47,74 ± 0,35	27,71 ± 0,32	17,23 ± 0,07	55,01 ± 0,36	27,76 ± 0,29	Vaz et al., 2011b
<i>Boletus edulis</i> Bull. Fr.	15,68 ± 0,34	2,92 ± 0,20	27,61 ± 0,42	48,95 ± 0,06	21,01 ± 0,27	29,67 ± 0,36	49,32 ± 0,09	Pereira et al., 2012
<i>Boletus erythropus</i> (Pers.)	7,6 ± 0,1	2,89 ± 0,02	34,1 ± 0,2	51,7 ± 0,2	11,6 ± 0,1	35,9 ± 0,2	52,5 ± 0,2	Fernandes et al., 2013a
<i>Boletus fragrans</i> (Vittadini)	11,0 ± 0,1	0,92 ± 0,02	5,7 ± 0,2	77,2 ± 0,1	13,2 ± 0,1	7,4 ± 0,2	79,3 ± 0,1	Fernandes et al., 2014
<i>Boletus impolitus</i> Fr.	21,33 ± 1,46	4,15 ± 0,02	14,74 ± 1,19	48,76 ± 0,86	33,62 ± 1,78	16,06 ± 0,99	50,32 ± 0,80	Grangeia et al., 2011
<i>Boletus porosporus</i> (Imler ex Bon & G. Moreno)	14,91 ± 0,12	2,39 ± 0,10	19,80 ± 0,81	56,89 ± 0,62	20,75 ± 0,09	21,86 ± 0,71	57,38 ± 0,62	Grangeia et al., 2011
<i>Boletus regius</i> Krombh.	16,77 ± 0,40	1,10 ± 0,16	14,21 ± 1,45	60,95 ± 1,10	23,19 ± 0,41	15,48 ± 1,42	61,33 ± 1,01	Pereira et al., 2012
<i>Bovista aestivalis</i> (Bonord.) Demoulin	15,32 ± 0,36	2,93 ± 0,17	34,02 ± 0,06	41,90 ± 0,67	21,54 ± 0,58	36,31 ± 0,06	42,15 ± 0,64	Leal et al., 2013
<i>Bovista nigrescens</i> (Pers.)	15,94 ± 0,83	1,63 ± 0,03	21,84 ± 0,45	56,11 ± 0,60	19,50 ± 0,93	23,96 ± 0,30	56,55 ± 0,64	Leal et al., 2013
<i>Calocybe gambosa</i> (Fr.) Donk	21,43 ± 1,70	4,32 ± 0,24	12,63 ± 0,13	41,51 ± 3,75	41,80 ± 2,72	15,53 ± 1,20	42,68 ± 3,92	Pereira et al., 2012
<i>Calvatia utriformis</i> (Bull.) Jaap.	17,39 ± 0,07	4,19 ± 0,26	21,01 ± 0,24	38,28 ± 0,17	37,78 ± 0,47	23,16 ± 0,26	39,06 ± 0,21	Pereira et al., 2012
<i>Chlorophyllum thacoedus</i> (Vittadini) Vellinga	13,57 ± 0,50	3,24 ± 0,12	32,54 ± 1,37	43,88 ± 0,31	21,54 ± 1,62	33,38 ± 1,42	45,07 ± 0,20	Vaz et al., 2011b
<i>Chroogomphus fulmineus</i> (R. Heim) Courttec.	16,35 ± 0,31	1,59 ± 0,03	6,00 ± 0,13	70,29 ± 0,32	22,37 ± 0,22	6,47 ± 0,11	71,16 ± 0,33	Grangeia et al., 2011
<i>Clavariadelphus pistillar</i> L.:Fr. Donk	12,59 ± 0,38	2,47 ± 0,06	5,68 ± 0,06	72,61 ± 0,51	20,11 ± 0,35	6,91 ± 0,02	72,98 ± 0,36	Pereira et al., 2012
<i>Clavariadelphus truncatus</i> (Qué.) Donk	16,76 ± 0,81	3,99 ± 0,07	47,09 ± 0,94	31,54 ± 1,47	16,89 ± 0,52	49,77 ± 1,00	33,33 ± 1,52	Reis et al., 2011
<i>Clitocybe costata</i> Kühner & Romagn	14,80 ± 0,18	2,11 ± 0,01	47,26 ± 0,02	24,74 ± 0,82	24,86 ± 0,84	50,11 ± 0,02	25,03 ± 0,86	Pereira et al., 2012
<i>Clitocybe gibba</i> (Pers.) Kumm	12,76 ± 0,07	5,99 ± 0,18	37,27 ± 0,20	29,77 ± 0,12	21,43 ± 0,06	48,31 ± 0,07	30,26 ± 0,02	Pereira et al., 2012
<i>Clitopilus prunulus</i> (Scop. ex Fr.) P.Kumm	13,81 ± 0,16	7,89 ± 0,03	4,91 ± 0,18	64,45 ± 0,15	27,82 ± 0,14	6,16 ± 0,10	66,02 ± 0,24	Pereira et al., 2012
<i>Clitocybe odora</i> (Fr.) P.Kumm.	10,11 ± 0,30	2,47 ± 0,11	20,42 ± 0,70	59,92 ± 1,97	16,45 ± 0,84	21,51 ± 0,83	62,04 ± 1,67	Grangeia et al., 2011
<i>Clitocybe subconnexa</i> (Murri)	12,46 ± 0,25	3,46 ± 0,26	46,07 ± 0,17	34,90 ± 0,68	18,57 ± 0,55	46,39 ± 0,14	35,04 ± 0,70	Vaz et al., 2011b
<i>Coprinus comatus</i> (O.F.Müll.) Pers.	7,31 ± 0,17	2,15 ± 0,08	42,50 ± 1,19	44,88 ± 0,66	11,00 ± 0,46	43,45 ± 1,23	45,59 ± 0,76	Heleno et al., 2015b
	10,56 ± 0,44	1,90 ± 0,13	6,27 ± 0,03	74,86 ± 0,95	15,42 ± 0,55	7,12 ± 0,02	77,46 ± 0,57	Vaz et al., 2011b

Bibliografia mais recente do grupo BioChemcore, a partir de 2009 (continua na próxima página).

Quadro 7 - Ácidos gordos maioritários (%) encontrados em cogumelos silvestres provenientes do Nordeste de Portugal (continuação).

Espécies	Ácido Palmítico (C16:0)	Ácido Estearílico (C18:0)	Ácido Oleico (C18:1n9)	Ácido Linoleico (C18:2n6)	SFA	MUFA	PUFA	Referências
<i>Cortinarius anomalus</i> (Fr.) Fr.	12,12 ± 0,06	2,23 ± 0,02	37,74 ± 0,38	44,39 ± 0,39	15,93 ± 0,04	39,40 ± 0,35	44,68 ± 0,39	Reis et al., 2011
<i>Cortinarius collinitus</i> (Pers.) Fr.	19,03 ± 0,30	2,94 ± 0,10	35,21 ± 0,13	35,89 ± 0,79	24,58 ± 0,58	38,54 ± 0,16	36,87 ± 0,74	Reis et al., 2011
<i>Cortinarius glaucopus</i> (Schaeff)	12,05 ± 0,02	2,98 ± 0,00	24,01 ± 0,85	54,99 ± 1,00	19,60 ± 0,21	25,12 ± 0,80	55,28 ± 1,01	Heleno et al., 2009
<i>Cortinarius praestans</i> Cordier	13,44 ± 0,03	1,78 ± 0,41	20,76 ± 3,04	59,95 ± 3,33	17,93 ± 0,67	21,49 ± 3,09	60,59 ± 3,76	Pereira et al., 2012
<i>Cortinarius violaceus</i> (L.: Fr.) Gray	14,02 ± 0,04	1,67 ± 0,01	14,59 ± 1,26	66,22 ± 1,12	17,46 ± 0,16	15,96 ± 1,30	66,58 ± 1,13	Reis et al., 2011
<i>Fistulina hepatica</i> Schaeff.: Fr.	10,42 ± 0,64	2,54 ± 0,12	31,51 ± 0,07	52,37 ± 1,23	15,11 ± 0,96	32,19 ± 0,22	52,70 ± 1,18	Heleno et al., 2009
<i>Flammulina velutipes</i> (Curtis) Singer	10,31 ± 0,39	1,38 ± 0,08	15,08 ± 0,47	56,33 ± 0,14	14,36 ± 0,34	17,56 ± 0,51	68,08 ± 0,17	Pereira et al., 2012
<i>Hericium coralloides</i> (Scop.) Pers.	23,34 ± 0,66	6,78 ± 0,48	33,74 ± 0,39	30,90 ± 0,20	33,51 ± 0,13	34,59 ± 0,39	31,90 ± 0,22	Heleno et al., 2015a
<i>Hericium erinaceus</i> (Bull.) Persoon	37,57 ± 2,23	7,61 ± 0,72	26,11 ± 1,25	25,10 ± 0,35	47,57 ± 1,47	26,80 ± 1,19	25,63 ± 0,28	Heleno et al., 2015a
<i>Helvella lacunosa</i> (Afzel.)	29,05 ± 0,06	5,51 ± 0,03	43,82 ± 0,03	12,21 ± 0,14	39,87 ± 1,16	46,44 ± 0,04	13,70 ± 1,12	Leal et al., 2013
<i>Hydnum repandum</i> L.: Fr.	13,1 ± 0,1	2,24 ± 0,03	37,2 ± 0,3	39,3 ± 0,3	0,18 ± 0,01	16,6 ± 0,1	43,2 ± 0,2	Fernandes et al., 2013a
<i>Hygrophoropsis aurantiaca</i> (Wulfen) Maire	9,97 ± 0,05	0,92 ± 0,00	17,82 ± 0,00	55,45 ± 0,26	14,75 ± 0,25	20,76 ± 0,03	64,49 ± 0,22	Heleno et al., 2009
<i>Hygrophorus chrysodon</i> (Fr.) Fr.	25,95 ± 0,61	3,88 ± 0,01	57,26 ± 0,57	1,23 ± 0,06	35,32 ± 0,67	63,05 ± 0,55	1,63 ± 0,13	Pereira et al., 2012
<i>Hygrophorus pustulatus</i> (Persoon : Fries) Fries	6,96 ± 0,34	3,96 ± 0,16	51,53 ± 0,05	34,74 ± 0,39	13,18 ± 0,39	51,85 ± 0,01	34,98 ± 0,39	Grangeia et al., 2011
<i>Hypoholoma capnoides</i> (Fr.) Quel.	16,43 ± 0,16	4,10 ± 0,07	16,98 ± 0,53	35,67 ± 0,17	44,37 ± 0,58	19,11 ± 0,70	36,53 ± 0,11	Heleno et al., 2009
<i>Gyromitra esculenta</i> (Pers. ex Pers.) Fr.	19,29 ± 0,16	1,64 ± 0,01	13,44 ± 0,06	55,30 ± 0,24	25,76 ± 0,21	17,86 ± 0,01	56,38 ± 0,22	Leal et al., 2013
<i>Laccaria laccata</i> (scop.: Fr.) Berk. & Broome	11,64 ± 0,07	2,02 ± 0,00	60,68 ± 0,01	20,45 ± 0,14	15,44 ± 0,10	63,64 ± 0,06	21,03 ± 0,18	Heleno et al., 2009
<i>Lactarius citriolens</i> Pouzar	5,35 ± 0,01	40,58 ± 0,41	25,00 ± 0,78	22,46 ± 0,03	51,85 ± 0,70	25,42 ± 0,78	22,74 ± 0,08	Vieira et al., 2014
<i>Lactarius quietus</i> (Fr. ex Fr.) Fr.	13,71 ± 1,13	12,76 ± 0,49	24,55 ± 0,70	35,15 ± 2,98	33,68 ± 2,71	26,47 ± 0,93	39,86 ± 3,64	Reis et al., 2011
<i>Lactarius salmonicolor</i> R.Heim & Leclair	7,35 ± 0,51	40,13 ± 0,47	18,45 ± 0,04	26,44 ± 0,20	54,00 ± 0,29	18,93 ± 0,04	27,07 ± 0,25	Heleno et al., 2009
<i>Lactarius turpis</i> (Weinm.) Fr.	8,02 ± 0,09	12,60 ± 0,83	26,29 ± 0,98	48,55 ± 0,14	23,73 ± 1,00	27,18 ± 0,98	49,09 ± 0,01	Vieira et al., 2014
<i>Lactarius volemus</i> (Fr.) Fr.	12,19 ± 0,44	6,44 ± 0,59	39,27 ± 0,15	34,38 ± 0,13	23,92 ± 0,18	40,80 ± 0,12	35,28 ± 0,06	Reis et al., 2011
<i>Lepista inversa</i> (Scop. Fr.) Pat.	16,36 ± 0,23	1,71 ± 0,03	28,78 ± 0,08	44,58 ± 0,08	21,30 ± 0,01	29,14 ± 0,10	49,56 ± 0,10	Heleno et al., 2009
<i>Leucoagaricus leucothites</i> Vittad. Wasser	12,16 ± 0,20	1,81 ± 0,11	6,27 ± 0,39	74,72 ± 1,32	18,00 ± 0,84	6,74 ± 0,43	75,25 ± 1,27	Pereira et al., 2012
<i>Lyophyllum decastes</i> (Fries: Fries) Singer	10,95 ± 0,04	4,88 ± 0,02	47,43 ± 1,43	32,03 ± 1,39	19,31 ± 0,03	47,94 ± 1,44	32,75 ± 1,41	Grangeia et al., 2011
<i>Lycoperdon echinatum</i> Pers.	10,82 ± 0,35	2,08 ± 0,14	9,16 ± 0,66	69,92 ± 0,71	19,45 ± 0,11	9,75 ± 0,56	70,80 ± 0,67	Grangeia et al., 2011
<i>Lycoperdon umbrinum</i> Pers.	19,92 ± 0,12	7,14 ± 0,5	22,83 ± 0,33	29,36 ± 0,11	42,48 ± 0,49	24,79 ± 0,77	32,74 ± 0,19	Pereira et al., 2012
<i>Macrolepiota excariata</i> (Schaeff.) M.M. Moser	17,83 ± 0,05	1,94 ± 0,01	10,21 ± 0,36	66,19 ± 0,05	22,49 ± 0,29	11,10 ± 0,37	66,41 ± 0,08	Grangeia et al., 2011
<i>Macrolepiota procera</i> (Scop.) Singer	21,4 ± 0,2	1,77 ± 0,03	7,6 ± 0,1	65,0 ± 0,2	25,2 ± 0,2	9,3 ± 0,1	65,5 ± 0,2	Fernandes et al., 2013b
<i>Morchella esculenta</i> (L.) Pers.	9,54 ± 0,04	2,63 ± 0,01	12,43 ± 0,26	71,81 ± 0,16	13,73 ± 0,21	13,82 ± 0,18	72,45 ± 0,03	Heleno et al., 2013b
<i>Pleurotus eryngii</i> (DC.) Quéli.	17,44 ± 0,21	4,77 ± 0,08	47,52 ± 0,07	24,71 ± 0,28	25,79 ± 0,18	49,05 ± 0,24	25,17 ± 0,24	Reis et al., 2014
<i>Ramaria aurea</i> (Schaeff.) Quéli.	7,32 ± 0,04	4,07 ± 0,09	56,92 ± 0,49	25,60 ± 0,17	15,27 ± 0,23	58,47 ± 0,40	26,26 ± 0,17	Pereira et al., 2012
<i>Russula aurea</i> Pers.	9,28 ± 0,14	5,29 ± 1,24	40,63 ± 2,42	40,32 ± 3,31	17,25 ± 1,02	42,09 ± 2,45	40,66 ± 3,46	Leal et al., 2013
<i>Russula cyanoxantha</i> (Schaeff.) Fr.	12,95 ± 0,22	11,10 ± 0,15	28,39 ± 1,11	43,65 ± 1,45	26,90 ± 0,36	29,06 ± 1,06	44,04 ± 1,43	Grangeia et al., 2011

Bibliografia mais recente do grupo BioChemcore, a partir de 2009 (continua na próxima página).

Quadro 7 - Ácidos gordos maioritários (%) encontrados em cogumelos silvestres provenientes do Nordeste de Portugal (continuação).

Espécies	Ácido Palmítico (C16:0)	Ácido Estearico (C18:0)	Ácido Oleico (C18:1n9)	Ácido Linoleico (C18:2n6)	Total SFA	Total MUFA	Total PUFA	Referências
<i>Russula delica</i> Fr.	12,02 ± 0,01	10,34 ± 0,10	41,20 ± 0,06	27,15 ± 0,05	27,20 ± 0,06	44,89 ± 0,00	27,91 ± 0,06	Helena et al., 2009
<i>Russula olivacea</i> (Schaeff.) Fr.	12,2 ± 0,1	1,50 ± 0,01	16,3 ± 0,1	67,5 ± 0,1	15,0 ± 0,1	17,2 ± 0,1	679 ± 0,1	Fernandes et al., 2014
<i>Russula sardonia</i> Fr.	16,13 ± 0,39	2,78 ± 0,03	25,99 ± 0,12	50,20 ± 0,28	21,75 ± 0,39	27,40 ± 0,07	50,85 ± 0,32	Grangeia et al., 2011
<i>Russula virescens</i> (Schaeff.) Fr.	7,84 ± 0,47	6,56 ± 0,25	63,19 ± 1,72	16,93 ± 1,25	15,71 ± 0,29	65,12 ± 1,62	19,17 ± 1,33	Reis et al., 2011
<i>Suillus luteus</i> (L.: Fries) Gray	17,31 ± 0,19	7,16 ± 0,12	40,27 ± 0,04	29,18 ± 0,04	28,78 ± 0,08	41,51 ± 0,01	29,71 ± 0,09	Leal et al., 2013
<i>Suillus mediterraneensis</i> (Jacquetant & Blum) Redeuilh	10,57 ± 0,05	2,06 ± 0,07	31,24 ± 0,26	52,31 ± 0,68	14,32 ± 0,19	32,93 ± 0,45	52,75 ± 0,64	Reis et al., 2011
<i>Suillus variegates</i> (Sw.) Kuntze	11,93 ± 0,08	3,56 ± 0,01	36,42 ± 0,03	43,72 ± 0,17	18,04 ± 0,11	37,92 ± 0,06	44,03 ± 0,17	Helena et al., 2009
<i>Tricholoma imbricatum</i> (Fr.) P.Kumm.	12,71 ± 0,29	3,47 ± 0,08	42,00 ± 0,26	37,44 ± 0,13	18,09 ± 0,29	44,24 ± 0,16	37,67 ± 0,12	Pereira et al., 2012
<i>Tricholoma ustale</i> (Fr.) P.Kumm	7,44 ± 0,15	4,10 ± 0,01	51,53 ± 0,42	33,03 ± 0,14	14,91 ± 0,27	51,80 ± 0,41	33,29 ± 0,14	Helena et al., 2009
<i>Volvopluteus gloiocephalus</i> (DC.) Vizzini, Contu & Justo	9,72 ± 0,21	3,46 ± 0,21	23,46 ± 0,57	59,29 ± 0,35	16,22 ± 0,28	24,37 ± 0,64	59,41 ± 0,35	Reis et al., 2011
	7,42 ± 0,17	2,09 ± 0,07	25,96 ± 0,02	59,33 ± 0,15	12,56 ± 0,17	26,47 ± 0,01	60,97 ± 0,17	Helena et al., 2015b

Bibliografia mais recente do grupo BioChemcore, a partir de 2009.

Quadro 8 - Composição em açúcares individuais (g/100 g ms) de cogumelos silvestres provenientes do Nordeste de Portugal.

Espécies	Arabinose	Frutose	Glucose	Manitol	Treose	Melezitose	Açúcares totais	Referências
<i>Agaricus albertii</i> (Bon.)	nd	0,48 ± 0,03	nd	4,78 ± 0,02	0,70 ± 0,04	nd	5,98 ± 0,03	Reis et al., 2014
<i>Agaricus campestris</i> (L.)	nd	nd	nd	16,94 ± 2,71	3,62 ± 0,33	nd	20,56 ± 3,03	Pereira et al., 2012
<i>Agaricus comtulus</i> Fries	nd	nd	nd	15,39 ± 0,73	3,60 ± 0,06	nd	18,99 ± 0,78	Pereira et al., 2012
<i>Agaricus excellens</i> (F.H. Møller) Nauta	nd	0,60 ± 0,01	nd	0,77 ± 0,01	0,14 ± 0,02	nd	1,51 ± 0,01	Reis et al., 2014
<i>Agaricus lutosus</i> (Møller) Møller	nd	nd	nd	16,42 ± 0,62	3,35 ± 0,19	nd	19,77 ± 0,43	Pereira et al., 2012
<i>Amanita caesarea</i> (Scop.) Pers.	nd	nd	nd	2,10 ± 0,09	3,15 ± 0,01	nd	5,24 ± 0,08	Reis et al., 2011
<i>Amanita crocea</i> (Qué.) in Bourd.) Singer ex Singer	nd	nd	nd	0,30 ± 0,02	0,58 ± 0,03	nd	0,88 ± 0,03	Fernandes et al., 2015
<i>Amanita curtipes</i> E.-J.Gilbert	nd	2,3 ± 0,1	nd	3,57 ± 0,33	4,54 ± 0,37	nd	8,11 ± 0,69	Leal et al., 2013
<i>Amanita mairei</i> (Foley)	nd	nd	nd	3,9 ± 0,1	8,9 ± 0,2	nd	15,1 ± 0,2	Fernandes et al., 2015
<i>Amanita muscaria</i> (L.:Fr.) Lam.	nd	nd	nd	1,47 ± 0,05	1,31 ± 0,05	nd	2,78 ± 0,00	Leal et al., 2013
<i>Amanita pantherina</i> (DC. ex Fr.) Krombh.	nd	nd	nd	1,02 ± 0,02	0,94 ± 0,03	nd	1,97 ± 0,04	Reis et al., 2011
<i>Amanita umbrinolutea</i> (Secr. ex Gillet)	nd	nd	nd	4,41 ± 0,10	5,31 ± 0,33	nd	9,74 ± 0,43	Reis et al., 2011
<i>Armillaria mellea</i> (Vahl) P.Kumm.	0,78 ± 0,04	nd	nd	31,83 ± 0,69	10,06 ± 0,58	nd	41,89 ± 1,27	Pereira et al., 2012
<i>Bovista aestivalis</i> (Bonord.) Demoulin	nd	nd	nd	5,45 ± 0,04	9,33 ± 0,04	nd	15,66 ± 0,04	Vaz et al., 2011b
<i>Bovista nigrescens</i> (Pers.)	nd	nd	nd	nd	0,38 ± 0,08	nd	0,38 ± 0,08	Pereira et al., 2012
<i>Boletus armeniacus</i> (Qué.)	nd	nd	nd	0,93 ± 0,01	5,09 ± 0,29	nd	6,02 ± 0,30	Pereira et al., 2012
<i>Boletus edulis</i> Bull. Fr.	nd	10,46 ± 0,91	nd	23,56 ± 2,43	5,62 ± 0,35	nd	39,64 ± 1,17	Pereira et al., 2012
<i>Boletus erythropus</i> (Pers.)	nd	0,41 ± 0,01	1,57 ± 0,03	1,13 ± 0,03	17,7 ± 0,1	nd	20,9 ± 0,1	Fernandes et al., 2013a
<i>Boletus fragrans</i> (Vittadini)	nd	1,72 ± 0,03	nd	27,90 ± 0,30	4,84 ± 0,51	nd	34,46 ± 0,24	Grangeia et al., 2011
<i>Boletus impolitus</i> Fr.	nd	2,26 ± 0,11	nd	36,97 ± 0,33	3,14 ± 0,26	nd	42,37 ± 0,60	Grangeia et al., 2011
<i>Boletus porosporus</i> (Imler ex Bon & G. Moreno)	nd	0,31 ± 0,01	nd	8,08 ± 0,08	1,84 ± 0,05	nd	10,23 ± 0,02	Pereira et al., 2012
<i>Boletus regius</i> Krombh.	nd	14,04 ± 0,72	nd	19,33 ± 0,90	1,99 ± 0,01	nd	41,26 ± 1,00	Leal et al., 2013
<i>Calocybe gambosa</i> (Fr.) Donk	nd	nd	nd	6,25 ± 0,35	0,66 ± 0,03	nd	20,95 ± 1,04	Leal et al., 2013
<i>Calvatia utriformis</i> (Bull.) Jaap.	nd	nd	nd	0,29 ± 0,01	7,96 ± 0,28	nd	8,26 ± 0,29	Vaz et al., 2011b
<i>Chlorophyllum thacododes</i> (Vittadini) Vellinga	nd	nd	nd	nd	0,40 ± 0,01	nd	0,40 ± 0,01	Grangeia et al., 2011
<i>Chroogomphus fulmineus</i> (R. Heim) Courtec.	3,29 ± 0,65	nd	nd	18,43 ± 0,45	25,57 ± 0,38	nd	44,00 ± 0,07	Pereira et al., 2012
<i>Clavariadelphus pistillaris</i> L.:Fr. Donk	nd	0,93 ± 0,22	nd	7,21 ± 1,18	5,61 ± 0,84	nd	16,11 ± 2,67	Reis et al., 2011
<i>Clavariadelphus truncatus</i> (Qué.) Donk	nd	0,40 ± 0,04	nd	24,43 ± 3,25	nd	nd	25,36 ± 3,47	Pereira et al., 2012
<i>Clitocybe costata</i> Kühner & Romagn	nd	nd	nd	43,34 ± 2,76	nd	nd	43,74 ± 2,79	Pereira et al., 2012
	nd	nd	nd	15,53 ± 0,85	10,99 ± 0,54	nd	26,65 ± 1,40	Pereira et al., 2012

Bibliografia mais recente do grupo BioChemcore, a partir de 2009 (continua na próxima página).

Quadro 8 - Composição em açúcares individuais (g/100 g ms) de cogumelos silvestres provenientes do Nordeste de Portugal (continuação).

Espécies	Arabinose	Frutose	Glucose	Manitol	Trealose	Melezitose	Açúcares totais	Referências
<i>Clitocybe gibba</i> (Pers.) Kumm	nd	nd	nd	0,63 ± 0,02	1,04 ± 0,11	nd	1,67 ± 0,08	Pereira et al., 2012
<i>Clitocybe odora</i> (Fr.) P. Kumm.	nd	nd	nd	0,59 ± 0,02	7,77 ± 0,30	nd	8,36 ± 0,32	Vaz et al., 2011b
<i>Clitocybe subconnexa</i> (Murril)	nd	0,72 ± 0,03	nd	24,71 ± 0,55	6,00 ± 0,01	nd	30,71 ± 0,56	Helena et al., 2015b
<i>Clitopilus prunulus</i> (Scop. ex Fr.) P. Kumm	nd	nd	nd	0,95 ± 0,10	0,95 ± 0,16	nd	1,90 ± 0,27	Grangeia et al., 2011
<i>Coprinus cornatus</i> (O.F.Müll.) Pers.	nd	nd	nd	0,40 ± 0,04	42,82 ± 2,59	nd	43,23 ± 2,62	Vaz et al., 2011b
<i>Cortinarius anomalus</i> (Fr.) Fr.	nd	nd	nd	1,85 ± 0,03	9,92 ± 0,11	nd	11,78 ± 0,14	Reis et al., 2011
<i>Cortinarius collinitus</i> (Pers.) Fr.	nd	nd	nd	8,12 ± 0,12	2,82 ± 0,06	nd	10,95 ± 0,06	Reis et al., 2011
<i>Cortinarius glaucopus</i> (Schaeff)	nd	nd	nd	1,06 ± 0,16	18,66 ± 0,37	nd	19,72 ± 0,35	Helena et al., 2009
<i>Cortinarius praestans</i> Cordier	nd	nd	nd	0,37 ± 0,01	60,51 ± 2,31	nd	60,88 ± 2,30	Pereira et al., 2012
<i>Cortinarius violaceus</i> (L.: Fr.) Gray	nd	nd	nd	6,35 ± 0,04	7,90 ± 0,22	nd	14,26 ± 0,18	Reis et al., 2011
<i>Fistulina hepatica</i> Schaeff.: Fr.	7,76 ± 0,63	nd	nd	2,12 ± 0,22	2,95 ± 0,22	nd	12,82 ± 0,93	Helena et al., 2009
<i>Gyromitra esculenta</i> (Pers. ex Pers.) Fr.	nd	nd	nd	5,98 ± 1,19	15,08 ± 1,60	nd	24,61 ± 3,05	Pereira et al., 2012
<i>Hericium coralloides</i> (Scop.) Pers.	6,25 ± 0,32	nd	nd	4,17 ± 0,21	1,96 ± 0,04	nd	6,13 ± 0,24	Leal et al., 2013
<i>Hericium erinaceus</i> (Bull.) Persoon	17,46 ± 0,70	nd	nd	3,86 ± 0,17	0,68 ± 0,03	nd	10,79 ± 0,51	Helena et al., 2015a
<i>Helvella lacunosa</i> (Aßzel.)	nd	nd	nd	5,63 ± 0,22	0,54 ± 0,07	nd	23,63 ± 0,94	Helena et al., 2015a
<i>Hydnum repandum</i> L., Fr.	nd	nd	nd	4,13 ± 0,69	0,23 ± 0,07	nd	4,36 ± 0,62	Leal et al., 2013
<i>Hygrophoropsis aurantiaca</i> (Wulfen) Maire	1,53 ± 0,38	nd	nd	13,0 ± 0,2	4,4 ± 0,1	nd	17,4 ± 0,2	Fernandes et al., 2013a
<i>Hygrophorus chrysodon</i> (Fr.) Fr.	nd	nd	nd	4,31 ± 0,68	7,56 ± 1,01	nd	13,40 ± 0,96	Helena et al., 2009
<i>Hygrophorus pustulatus</i> (Persoon : Fries) Fries	nd	0,15 ± 0,05	nd	35,37 ± 5,24	3,00 ± 0,01	nd	38,52 ± 5,29	Grangeia et al., 2011
<i>Hypholoma capnoides</i> (Fr.) Quel.	nd	nd	nd	0,38 ± 0,04	1,58 ± 0,40	nd	1,96 ± 0,44	Helena et al., 2009
<i>Laccaria laccata</i> (scop.: Fr.) Berk. & Broome	nd	nd	nd	0,64 ± 0,05	5,81 ± 0,33	nd	6,45 ± 0,34	Helena et al., 2009
<i>Lactarius citriolens</i> Pouzar	nd	nd	nd	8,31 ± 0,30	0,45 ± 0,01	nd	8,76 ± 0,29	Vieira et al., 2014
<i>Lactarius quietus</i> (Fr. ex Fr.) Fr.	nd	nd	nd	9,84 ± 0,30	4,73 ± 0,01	nd	14,57 ± 0,31	Reis et al., 2011
<i>Lactarius salmonicolor</i> R.Heim & Leclair	nd	nd	nd	13,48 ± 1,95	0,35 ± 0,05	nd	13,83 ± 1,98	Helena et al., 2009
<i>Lactarius turpis</i> (Weinm.) Fr.	nd	nd	nd	19,21 ± 0,45	0,33 ± 0,03	nd	19,54 ± 0,47	Vieira et al., 2014
<i>Lactarius volermus</i> (Fr.) Fr.	nd	nd	nd	27,29 ± 1,81	0,93 ± 0,00	nd	28,22 ± 1,81	Reis et al., 2011
<i>Lepista inversa</i> (Scop. Fr.) Pat.	nd	nd	nd	1,86 ± 0,08	4,32 ± 0,27	nd	6,18 ± 0,35	Helena et al., 2009
<i>Leucoagaricus leucothites</i> Vittad. Wasser	nd	nd	nd	13,33 ± 2,77	3,21 ± 0,70	nd	16,54 ± 3,47	Pereira et al., 2012
<i>Lyophyllum decastes</i> (Fries) Fries) Singer	nd	nd	nd	11,03 ± 0,74	3,98 ± 0,54	nd	15,01 ± 1,28	Grangeia et al., 2011

Bibliografia mais recente do grupo BioChemcore, a partir de 2009 (continua na próxima página).

Quadro 8 - Composição em açúcares individuais (g/100 g ms) de cogumelos silvestres provenientes do Nordeste de Portugal (continuação).

Espécies	Arabinose	Frutose	Glucose	Manitol	Trealose	Melezitose	Açúcares totais	Referências
<i>Lycoperdon echinatum</i> Pers.	nd	nd	nd	0,85 ± 0,03	1,38 ± 0,09	nd	2,23 ± 0,06	Grangeia et al., 2011
<i>Lycoperdon umbrinum</i> Pers.	nd	nd	nd	0,28 ± 0,04	0,18 ± 0,11	nd	1,46 ± 0,07	Pereira et al., 2012
<i>Macrolepiota excoriata</i> (Schaeff.) M.M. Moser	nd	nd	nd	4,10 ± 0,04	2,75 ± 0,04	nd	6,85 ± 0,09	Grangeia et al., 2011
<i>Macrolepiota procera</i> (Scop.) Singer	nd	0,06 ± 0,01	nd	5,2 ± 0,1	9,1 ± 0,3	1,24 ± 0,05	15,7 ± 0,4	Fernandes et al., 2013b
<i>Marcella esculenta</i> (L.) Pers.	nd	0,71 ± 0,03	nd	11,54 ± 0,18	3,41 ± 0,01	nd	15,66 ± 0,13	Helena et al., 2013b
<i>Pleurotus eryngii</i> (DC.) Quéf.	nd	nd	nd	1,40 ± 0,09	14,21 ± 0,23	nd	15,63 ± 0,31	Reis et al., 2014
<i>Ramaria aurea</i> (Schaeff.) Quéf.	nd	1,53 ± 0,02	nd	15,11 ± 0,30	0,95 ± 0,11	nd	17,59 ± 0,21	Pereira et al., 2012
<i>Russula aurea</i> Pers.	nd	nd	nd	9,56 ± 0,14	2,29 ± 0,33	nd	11,85 ± 0,19	Leal et al., 2013
<i>Russula cyanoxantha</i> (Schaeff.) Fr.	nd	0,34 ± 0,04	nd	16,18 ± 0,61	1,64 ± 0,32	nd	18,16 ± 0,26	Grangeia et al., 2011
<i>Russula delicata</i> Fr.	nd	nd	nd	18,41 ± 0,38	0,21 ± 0,03	nd	18,62 ± 0,35	Helena et al., 2009
<i>Russula olivacea</i> (Schaeff.) Fr.	nd	0,23 ± 0,03	nd	15,25 ± 0,24	0,71 ± 0,07	nd	16,19 ± 0,34	Grangeia et al., 2011
<i>Russula sardonia</i> Fr.	nd	nd	nd	20,14 ± 0,32	nd	nd	20,14 ± 0,32	Reis et al., 2011
<i>Russula virescens</i> (Schaeff.) Fr.	nd	nd	nd	10,90 ± 0,13	0,20 ± 0,01	nd	11,10 ± 0,13	Leal et al., 2013
<i>Suillus luteus</i> (L.: Fries) Gray	nd	nd	nd	1,29 ± 0,03	1,35 ± 0,04	nd	2,64 ± 0,07	Reis et al., 2011
<i>Suillus mediterraneensis</i> (Jacquetant & Blum) Redeuilh	4,03 ± 0,85	nd	nd	2,89 ± 0,31	1,18 ± 0,19	nd	8,10 ± 1,11	Helena et al., 2009
<i>Suillus variegates</i> (Sw.) Kuntze	nd	nd	nd	nd	4,85 ± 0,28	nd	4,85 ± 0,28	Pereira et al., 2012
<i>Tricholoma imbricatum</i> (Fr.) P.Kumm.	nd	nd	nd	10,53 ± 0,28	6,56 ± 0,22	nd	17,09 ± 0,48	Helena et al., 2009
<i>Tricholoma ustale</i> (Fr.) P.Kumm	nd	nd	nd	12,53 ± 0,51	1,67 ± 0,07	nd	14,20 ± 0,44	Reis et al., 2011
<i>Volvolepiuteus glabrocephalus</i> (DC.) Vizzini, Contu & Justo	nd	nd	nd	1,45 ± 0,10	1,92 ± 0,11	nd	3,37 ± 0,21	Helena et al., 2015b

Bibliografia mais recente do grupo BioChemcore, a partir de 2009.

Quadro 9 - Atividade antioxidante (mg extrato seco/mL metanol) de cogumelos silvestres provenientes do Nordeste de Portugal.

Espécies	Principais compostos bioativos			Atividade antioxidante EC ₅₀ (mg/mL)				Referências	
	Ácidos fenólicos + ácido cinâmico (mg/100 g)	Tocoferóis (µg/100 g ms)	Ácidos orgânicos (g/100 g ms)	Atividade captadora de radicais livres	Poder redutor		Inibição da peroxidação lipídica		
					DPPH	Folin Ciocalteu (mg GAE/g extrato)	Ferricianeto azul da prússia		Inibição da descoloração do β-caroteno
<i>Clitocybe alexandri</i> (Gillet) Konrad	-	355****	-	28,72 ± 3,21	1,53 ± 0,06	-	4,45 ± 0,20	-	
<i>Fistulina hepatica</i> (Schaeff.: Fr.)	-	226****	-	5,32 ± 0,70	4,44 ± 0,06	-	0,94 ± 0,01	-	
<i>Hydnum repandum</i> (L.: Fr.)	-	51****	-	30,00 ± 3,05	0,51 ± 0,02	-	28,72 ± 2,04	-	
<i>Hygrophoropsis aurantiaca</i> (Wulfen) Maire	-	194****	-	1,20 ± 0,22	7,90 ± 0,29	-	0,71 ± 0,12	-	
<i>Hypholoma capnoides</i> (Fr.) Quel.	-	71****	-	20,85 ± 2,23	1,71 ± 0,01	-	2,90 ± 0,21	-	
<i>Laccaria amethystina</i> (Bolt. Ex Fr.) R.Maire	-	198****	-	15,72 ± 1,80	2,85 ± 0,24	-	1,23 ± 0,22	-	
<i>Laccaria laccata</i> (scop.: Fr.) Berk. & Broome	-	804****	-	21,95 ± 2,02	1,59 ± 0,02	-	3,69 ± 0,30	-	
<i>Lactarius aurantiacus</i> (Fr.)	-	124****	-	30,00 ± 3,13	0,58 ± 0,03	-	7,48 ± 0,50	-	
<i>Lactarius salmonicolor</i> (Heim y Leclair)	-	15****	-	7,80 ± 0,52	4,14 ± 0,26	-	1,01 ± 0,14	-	Helena et al., 2010
<i>Lepista inversa</i> (Scop.:Fr.) Pat.	-	118****	-	10,57 ± 1,14	3,60 ± 0,07	-	1,08 ± 0,11	-	
<i>Lepista sordida</i> (Fr.) Singer	-	2****	-	9,82 ± 0,84	4,10 ± 0,20	-	1,03 ± 0,01	-	
<i>Russula delicata</i> (Fr.)	-	74****	-	20,53 ± 1,81	2,23 ± 0,18	-	2,28 ± 0,22	-	
<i>Russula vesca</i> (Fr.)	-	88****	-	3,91 ± 0,32	6,61 ± 0,36	-	0,91 ± 0,01	-	
<i>Suillus collinitus</i> (Fr.) Kuntz	-	83****	-	14,05 ± 1,24	3,16 ± 0,14	-	1,20 ± 0,11	-	
<i>Suillus mediterraneensis</i> (Jacquetant & Blum) Redeuilh	-	11****	-	2,90 ± 0,11	7,46 ± 0,21	-	0,81 ± 0,01	-	
<i>Clitocybe alexandri</i> (Gillet) Gillet	-	-	-	28,7 ± 3,2	1,5 ± 0,1	7,0 ± 0,4	4,5 ± 0,2	-	Vaz et al., 2010
<i>Lepista inversa</i> (Scop.: Fr.) Pat.	-	-	-	10,6 ± 1,1	3,6 ± 0,1	2,9 ± 0,1	1,1 ± 0,1	-	
<i>Boletus aereus</i> Bull.	4,949**	609****	-	0,25 ± 0,02	46,05 ± 0,06	0,47 ± 0,04	0,60 ± 0,02	-	
<i>Boletus edulis</i> Bull.: Fr.	1,351**	580****	-	0,43 ± 0,03	28,56 ± 0,01	1,16 ± 0,07	2,46 ± 0,13	-	Helena et al., 2011
<i>Boletus reticulatus</i> Schaeff.	1,491**	2533****	-	0,38 ± 0,01	42,62 ± 0,03	0,96 ± 0,04	1,62 ± 0,07	-	

Bibliografia mais recente do grupo BioChemcore, a partir de 2009; *Convertido de (mg/100 g ms) para (µg/100 g ms); ** convertido de (mg/kg ms) para (mg/100 g ms); *** convertido de (µg/g dw) para (µg/100 g ms); DPPH- 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl; ms-massa seca; nd- não detetado; mf-massa fresca; **** convertido de (µg/100 g ms) para (mg/100 g ms), *****convertido de (mg/100 g ms) para (g/100 g ms); EC₅₀- concentração responsável por 50% de atividade antioxidante (continua na próxima página).

Quadro 9 - Atividade antioxidante (mg extrato seco/mL metanol) de cogumelos silvestres provenientes do Nordeste de Portugal (continuação).

Espécies	Principais compostos bioativos			Atividade antioxidante EC ₅₀ (mg/mL)				Referências	
	Ácidos fenólicos + ácido cinâmico (mg/100 g)	Tocoféris (µg/100 g ms)	Ácidos orgânicos (g/100 g ms)	Atividade captadora de radicais livres	Poder redutor		Inibição da peroxidação lipídica		
					Folin Ciocalteu (mg GAE/g extrato)	Ferricianeto azul da prússia	Inibição da descoloração do β-caroteno		Inibição de TBARS
<i>Armillaria mellea</i> (Vahl) P.Kumm.	1,267**	67,02 ± 0,46	-	17,13 ± 0,67	-	7,53 ± 0,10	8,94 ± 0,02	-	
<i>Calocybe gambosa</i> (Fr) Donk	6,271**	159,93 ± 5,74	-	34,60 ± 0,44	-	11,46 ± 0,18	7,57 ± 0,09	-	
<i>Clitocybe odora</i> (Fr) P.Kumm.	4,26**	189,36 ± 2,53	-	6,77 ± 0,05	-	3,63 ± 0,14	1,36 ± 0,08	Vaz et al., 2011a	
<i>Coprinus comatus</i> (OF. Müll.) Pers.	9,291**	301,03 ± 26,71	-	2,56 ± 0,31	-	1,47 ± 0,01	1,26 ± 0,01	-	
<i>Boletus erythropus</i> (Pers.)	-	19,16 ± 2,27	-	0,28 ± 0,02	39	1,42 ± 0,05	0,58 ± 0,02	-	
<i>Boletus fragrans</i> (Vittadini)	-	22,23 ± 2,91	-	0,28 ± 0,01	34	1,52 ± 0,02	0,96 ± 0,02	-	
<i>Calvatia utriformis</i> (Bull.) Jaap.	-	65,17 ± 0,68	-	0,68 ± 0,04	33	1,16 ± 0,27	8,40 ± 0,20	-	
<i>Clitopilus prunulus</i> (Scop. ex Fr) P.Kumm	-	29,00 ± 1,59	-	1,75 ± 0,13	23	3,36 ± 0,03	12,06 ± 0,30	-	
<i>Hygrophorus pustulatus</i> (Persoon : Fries)	-	127,15 ± 11,30	-	0,74 ± 0,02	24	2,61 ± 0,08	1,28 ± 0,04	-	
<i>Fries</i>	-	-	-	-	-	-	-	Granjeira et al., 2011	
<i>Lycoperdon echinatum</i> Pers.	-	131,55 ± 3,72	-	1,04 ± 0,08	31	1,61 ± 0,05	1,24 ± 0,01	-	
<i>Lycophyllum decastes</i> (Fries: Fries) Singer	-	170,79 ± 0,77	-	0,29 ± 0,01	48	0,97 ± 0,04	0,98 ± 0,04	-	
<i>Macrolepiota excoriata</i> (Schaeff.) M.M. Moser	-	157,43 ± 0,19	-	1,32 ± 0,09	29	1,84 ± 0,03	1,23 ± 0,03	-	
<i>Russula cyanoxantha</i> (Schaeff.) Fr.	-	38,86 ± 1,28	-	0,69 ± 0,03	32	2,26 ± 0,00	0,98 ± 0,07	-	
<i>Russula olivacea</i> (Schaeff.) Fr.	-	49,75 ± 1,23	-	1,47 ± 0,08	26	7,85 ± 0,01	1,95 ± 0,04	-	

Bibliografia mais recente do grupo BioChemcore, a partir de 2009; *Convertido de (mg/100 g ms) para (µg/100 g ms); ** convertido de (mg/kg ms) para (mg/100 g ms); *** convertido de (µg/g dw) para (µg/100 g ms); DPPH- 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl; ms-massa seca; nd- não detetado; mf-massa fresca; **** convertido de (µg/100 g ms) para (mg/100 g ms), ***** convertido de (mg/100 g ms) para (g/100 g ms); EC₅₀- concentração responsável por 50% de atividade antioxidante (continua na próxima página).

Quadro 9 - Atividade antioxidante (mg extrato seco/mL metanol) de cogumelos silvestres provenientes do Nordeste de Portugal (continuação).

Espécies	Principais compostos bioativos			Atividade antioxidante EC ₅₀ (mg/mL)				Referências		
	Ácidos fenólicos + ácido cinâmico (mg/100 g)	Tocoférols (µg/100 g ms)	Ácidos orgânicos (g/100 g ms)	Atividade captadora de radicais livres	Poder redutor				Inibição da peroxidação lipídica	
					Folin Ciocalteu (mg GAE/g extrato)	Ferricianeto azul da prússia	Inibição da descoloração do β-caroteno		Inibição de TBARS	
<i>Amanita caesarea</i> (Scop.) Pers.	1,42 ± 0,10	127,27 ± 1,44	-	7,41 ± 0,58	-	1,85 ± 0,17	7,47 ± 0,04	-	-	
<i>Cortinarius anomalus</i> (Fr.) Fr.	10,6 ± 0,38	142,91 ± 2,72	-	6,49 ± 0,65	-	1,52 ± 0,02	7,96 ± 0,10	-	-	
<i>Cortinarius violaceus</i> (L.: Fr.) Gray	1,86 ± 0,12	348,03 ± 28,82	-	15,70 ± 0,76	-	2,36 ± 0,09	5,73 ± 0,28	-	Reis et al., 2011	
<i>Lactarius volemus</i> (Fr.) Fr.	0,78 ± 0,09	108,35 ± 4,67	-	21,68 ± 0,52	-	2,42 ± 0,20	9,08 ± 0,04	-	-	
<i>Suillus luteus</i> (L.: Fries) Gray	0,88 ± 0,01	449,76 ± 52,96	-	1,92 ± 0,08	-	0,75 ± 0,03	0,61 ± 0,02	-	-	

Bibliografia mais recente do grupo BioChemcore, a partir de 2009; *Convertido de (mg/100 g ms) para (µg/100 g ms); ** convertido de (mg/kg ms) para (mg/100 g ms); *** convertido de (µg/g dw) para (µg/100 g ms); DPPH- 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl; ms-massa seca; nd- não detetado; mf-massa fresca; **** convertido de (µg/100 g ms) para (mg/100 g ms), ***** convertido de (mg/100 g ms) para (g/100 g ms); EC₅₀ - concentração responsável por 50% de atividade antioxidante (continua na próxima página).

Quadro 9 - Atividade antioxidante (mg extrato seco/mL metanol) de cogumelos silvestres provenientes do Nordeste de Portugal (continuação).

Espécies	Principais compostos bioativos			Atividade antioxidante EC ₅₀ (mg/mL)				Referências		
	Ácidos fenólicos + ácido cinâmico (mg/100 g)	Tocopheróis (µg/100 g ms)	Ácidos orgânicos (g/100 g ms)	Atividade captadora de radicais livres		Poder redutor			Inibição da peroxidação lipídica	
				DPPH	Folin Ciocalteu (mg GAE/g extrato)	Ferricianeto azul da prússia	Inibição da descoloração do β-caroteno		Inibição de TBARS	
<i>Agaricus campestris</i> (L.)	-	111*	-	5,48 ± 0,08	20,94 ± 4,98	2,70 ± 0,23	4,59 ± 1,30	-	-	
<i>Agaricus comtulus</i> Fries	-	170*	-	2,22 ± 0,05	24,13 ± 7,98	1,29 ± 0,01	1,08 ± 0,05	-	-	
<i>Agaricus lutosus</i> (Møller) Møller	-	70*	-	2,54 ± 0,44	46,56 ± 4,16	0,91 ± 0,02	0,90 ± 0,10	-	-	
<i>Amanita umbrinolutea</i> (Secr. ex Gillet)	-	50*	-	10,02 ± 0,34	9,22 ± 0,16	2,71 ± 0,04	3,69 ± 0,70	-	-	
<i>Boletus armeniacus</i> (Qué.)	-	70*	-	1,74 ± 0,10	44,66 ± 1,65	0,63 ± 0,02	0,77 ± 0,09	-	-	
<i>Boletus impolitus</i> Fr.	-	70*	-	5,81 ± 0,17	15,50 ± 0,53	2,04 ± 0,01	2,04 ± 0,44	-	-	
<i>Bovista aestivalis</i> (Bonord.) Demoulin	-	40*	-	2,05 ± 0,10	50,91 ± 1,97	0,51 ± 0,01	0,61 ± 0,02	-	-	
<i>Bovista nigrescens</i> (Pers.)	-	20*	-	4,62 ± 0,44	26,50 ± 1,18	1,21 ± 0,02	1,91 ± 0,22	-	-	
<i>Chlorophyllum thacododes</i> (Vittadini) Vellinga	-	30*	-	5,32 ± 0,06	22,77 ± 5,26	2,22 ± 0,01	2,33 ± 0,41	-	-	
<i>Clavariadelphus pistillarlis</i> L.:Fr.) Donk	-	30*	-	1,30 ± 0,07	48,10 ± 0,76	0,70 ± 0,00	1,94 ± 0,02	-	Pereira et al., 2012	
<i>Clavariadelphus truncatus</i> (Qué.) Donk	-	70*	-	2,74 ± 0,04	7,66 ± 1,37	1,33 ± 0,05	2,35 ± 0,20	-	-	
<i>Clitocybe costata</i> Kühner & Romagn	-	510*	-	10,56 ± 0,55	13,71 ± 1,30	1,66 ± 0,01	3,22 ± 0,60	-	-	
<i>Clitocybe gibba</i> (Pers.) Kumm	-	220*	-	10,61 ± 1,08	25,26 ± 1,15	1,46 ± 0,27	4,00 ± 0,51	-	-	
<i>Cortinarius praestans</i> Cordier	-	60*	-	3,04 ± 0,08	17,81 ± 0,83	1,70 ± 0,01	2,04 ± 0,44	-	-	
<i>Flammulina velutipes</i> (Curtis) Singer	-	60*	-	6,19 ± 0,17	12,98 ± 0,32	1,94 ± 0,01	1,12 ± 0,23	-	-	
<i>Hygrophorus chrysodon</i> (Fr.) Fr.	-	20*	-	20,02 ± 1,27	4,58 ± 1,12	7,82 ± 0,03	5,95 ± 0,50	-	-	
<i>Leucoagaricus leucothites</i> Vittad. Wasser	-	40*	-	11,33 ± 1,05	15,75 ± 1,98	3,28 ± 0,05	1,00 ± 0,21	-	-	
<i>Lycoperdon umbrinum</i> Pers.	-	1670*	-	3,45 ± 0,09	27,02 ± 0,17	1,27 ± 0,06	3,24 ± 0,70	-	-	
<i>Ramaria aurea</i> (Schaeff.) Qué.)	-	150*	-	3,70 ± 0,11	8,46 ± 0,41	0,99 ± 0,02	2,46 ± 0,40	-	-	
<i>Suillus Variegatus</i> (Sw.) Kuntze	-	1450*	-	0,86 ± 0,02	58,14 ± 4,51	0,52 ± 0,01	1,00 ± 0,15	-	-	
<i>Suillus collinitus</i> (Fr.) Kuntz	2,06**	-	-	14,1 ± 1,2	-	3,0 ± 0,0	1,2 ± 0,1	-	Vaz et al., 2012	

Bibliografia mais recente do grupo BioChemcore, a partir de 2009; *Convertido de (mg/100 g ms) para (µg/100 g ms); ** convertido de (mg/kg ms) para (mg/100 g ms); *** convertido de (µg/g dw) para (µg/100 g ms); DPPH- 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl; ms-massa seca; nd- não detetado; mf-massa fresca; ****convertido de (µg/100 g ms) para (mg/100 g ms), *****convertido de (mg/100 g ms) para (g/100 g ms); EC₅₀- concentração responsável por 50% de atividade antioxidante (continua na próxima página).

Quadro 9 - Atividade antioxidante (mg extrato seco/mL metanol) de cogumelos silvestres provenientes do Nordeste de Portugal (continuação).

Espécies	Principais compostos bioativos			Atividade antioxidante EC ₅₀ (mg/mL)				Referências	
	Ácidos fenólicos + ácido cinâmico (mg/100 g)	Tocoféris (µg/100 g ms)	Ácidos orgânicos (g/100 g ms)	Atividade captadora de radicais livres	Poder redutor		Inibição da peroxidação lipídica		
					Folin Ciocalteu (mg GAE/g extrato)	Ferricianeto azul da prússia	Inibição da descoloração do β-caroteno		Inibição de TBARS
<i>Coprinopsis atramentaria</i> (Bull.) Redhead, Vilgaly & Moncalvo	7,23 ± 0,09	78,34 ± 2,46	-	3,87 ± 0,41	33,58 ± 0,64	1,29 ± 0,11	1,03 ± 0,07	1,09 ± 0,18	Heleno et al., 2012b
<i>Xerocomus chrysenteron</i> (Bull.) Quéf	2,60 ± 0,18	372,98 ± 0,82	-	2,06 ± 0,46g	36,28 ± 0,57	1,28 ± 0,02	0,95 ± 0,06	0,44 ± 0,07	
<i>Ganoderma lucidum</i> (Curtis) P. Karst.	1,23 ± 0,04	-	-	0,14 ± 0,01	28,64 ± 0,28	0,62 ± 0,02	0,26 ± 0,03	0,10 ± 0,01	
<i>Morchella esculenta</i> (L.) Pers.	0,35 ± 0,01 ****	14,79 ± 0,01	0,279	6,06 ± 0,05	34,64 ± 1,24	6,34 ± 0,07	0,81 ± 0,02	1,01 ± 0,12	Heleno et al., 2013b
<i>Macrolepiota procera</i> (Scop.) Singer	-	4,5 ± 0,3	-	2,7 ± 0,1	19,2 ± 0,2	1,35 ± 0,01	1,10 ± 0,05	4,08 ± 0,05	Fernandes et al., 2013b
<i>Boletus edulis</i> Bull.: Fr.	-	59 ± 2	5,3 ± 0,1	1,54 ± 0,03	37 ± 1	0,71 ± 0,01	1,6 ± 0,1	1,6 ± 0,1	Fernandes et al., 2013a
<i>Hydnum repandum</i> L.: Fr.	-	11,1 ± 0,2	7,90 ± 0,04	31 ± 1	6,8 ± 0,2	2,47 ± 0,05	3,8 ± 0,1	0,9 ± 0,1	
<i>Amanita crocea</i> (Quéf. in Bourd.) Singer ex Singer	22,07 ± 1,54	162,19 ± 2,51	3,86 ± 0,21	7,94 ± 0,08	22,27 ± 0,38	1,08 ± 0,23	50,44 ± 7,65	1,44 ± 0,48	
<i>Amanita mairei</i> (Foley)	12,81 ± 0,65	58,59 ± 1,68	3,19 ± 0,19	13,81 ± 0,18	8,94 ± 0,15	2,00 ± 0,02	14,10 ± 1,50	0,66 ± 0,10	
<i>Boletus porosporus</i> (Imler ex Bon & G. Moreno)	0,31 ± 0,05	28,04 ± 2,96	2,56 ± 0,16	6,97 ± 0,25	20,15 ± 1,68	1,58 ± 0,01	17,08 ± 0,97	5,49 ± 2,80	Leal et al., 2013
<i>Boletus regius</i> (Krombh.)	11,05 ± 0,57	763,80 ± 19,50	3,74 ± 0,23	2,06 ± 0,07	30,21 ± 1,45	0,49 ± 0,00	3,81 ± 0,32	0,51 ± 0,01	
<i>Gyromitra esculenta</i> (Pers. ex Pers.) Fr.	3,74 ± 0,26	112,83 ± 8,92	4,06 ± 0,37	12,66 ± 0,22	27,16 ± 5,29	6,82 ± 0,74	9,15 ± 0,67	3,95 ± 0,72	
<i>Helvella lacunosa</i> (Atzel.)	1,07 ± 0,00	16,47 ± 2,64	6,93 ± 0,36	26,92 ± 1,37	13,66 ± 0,84	17,60 ± 2,09	6,53 ± 0,38	1,13 ± 0,31	
<i>Russula aurea</i> Pers.	18,17 ± 0,26	22,78 ± 2,27	7,19 ± 0,71	11,34 ± 0,22	12,23 ± 0,21	2,91 ± 0,16	9,70 ± 0,24	2,98 ± 0,25	
<i>Russula virescens</i> (Schaeff.) Fr.	38,34 ± 4,24	49,30 ± 1,91	4,26 ± 0,03	30,21 ± 1,36	14,05 ± 0,27	8,24 ± 0,06	4,28 ± 0,42	0,23 ± 0,03	
<i>Boletus Edulis</i> Bull.	1,34 ****	94 ± 12	4,8 ± 0,2	2,0 ± 0,2	57 ± 1	0,62 ± 0,02	2,0 ± 0,3	3,3 ± 0,1	Fernandes et al., 2014
<i>Russula delica</i> Fr.	0,031 ****	26,0 ± 0,3	3,3 ± 0,5	4,3 ± 0,2	47 ± 1	0,26 ± 0,01	0,53 ± 0,03	1,23 ± 0,03	

Bibliografia mais recente do grupo BioChemcore, a partir de 2009; *Convertido de (mg/100 g ms) para (µg/100 g ms); ** convertido de (mg/kg ms) para (mg/100 g ms); *** convertido de (µg/g dw) para (µg/100 g ms); DPPH- 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl; ms-massa seca; nd- não detetado; mf-massa fresca; **** convertido de (µg/100 g ms) para (mg/100 g ms), ***** convertido de (mg/100 g ms) para (g/100 g ms); EC₅₀ - concentração responsável por 50% de atividade antioxidante (continua na próxima página).

Quadro 9 - Atividade antioxidante (mg extrato seco/mL metanol) de cogumelos silvestres provenientes do Nordeste de Portugal (continuação).

Espécies	Principais compostos bioativos			Atividade antioxidante EC ₅₀ (mg/mL)				Referências	
	Ácidos fenólicos + ácido cinâmico (mg/100 g)	Tocoferois (µg/100 g ms)	Ácidos orgânicos (g/100 g ms)	Atividade captadora de radicais livres	Poder redutor		Inibição da peroxidação lipídica		
					Folin Ciocalteu (mg GAE/g extrato)	Ferricianeto azul da prússia	Inibição da descoloração do β-caroteno		Inibição de TBARS
<i>Agaricus albertii</i> (Bon.)	14,27 ± 1,26	-	3,53±0,04	10,17 ± 0,23	18,36 ± 0,10	3,04 ± 0,02	3,78 ± 0,37	0,61 ± 0,26	
<i>Agaricus urinascens</i> var. <i>excellens</i> (F.H.Øller)	6,35 ± 0,26	-	2,22±0,04	13,80 ± 0,25	15,44 ± 0,28	3,71 ± 0,03	4,30 ± 0,27	6,60 ± 0,92	Reis et al., 2014
<i>Pleurotus eryngii</i> (DC.) Qué.	4,66 ± 0,41	86,58 ± 3,77	7,37±0,23	9,21 ± 0,06	18,43 ± 4,94	2,17 ± 0,05	14,90 ± 1,50	1,59 ± 0,02	
<i>Amanita caesarea</i> (Scop.) Pers.	6,380	140 ± 1	1,5 ± 0,1	8,0 ± 0,1	29,8 ± 0,2	1,36 ± 0,01	3,7 ± 0,3	1,5 ± 0,1	Fernandes et al., 2015
<i>Amanita curtipes</i> Gilbert	0,320	48 ± 1	2,1 ± 0,1	19,0 ± 0,1	30,6 ± 0,3	1,53 ± 0,02	9,8 ± 0,4	0,7 ± 0,1	
<i>Hericiium erinaceus</i> (Bull.) Persoon	0,288****	112,28 ± 1,00	3,75 ± 0,03	24,53 ± 0,77	13,41 ± 0,41	3,47 ± 0,07	0,27 ± 0,00	1,37 ± 0,03	Heleno et al., 2015a
<i>Hericiium corallicoides</i> (Scop.) Pers.	0,375*****	110,97 ± 6,65	0,93 ± 0,05	22,53 ± 0,49	16,29 ± 0,15	1,63 ± 0,12	0,28 ± 0,00	0,74 ± 0,09	

Bibliografia mais recente do grupo BioChemcore, a partir de 2009; *Convertido de (mg/100 g ms) para (µg/100 g ms); ** convertido de (mg/kg ms) para (mg/100 g ms); *** convertido de (µg/g dw) para (µg/100 g ms); DPPH- 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl; ms-massa seca; nd- não detetado; mf-massa fresca; **** convertido de (µg/100 g ms) para (mg/100 g ms), ***** convertido de (mg/100 g ms) para (g/100 g ms); EC₅₀ - concentração responsável por 50% de atividade antioxidante.

Quadro 10 - Atividade citotóxica em linhas celulares tumorais e não tumorais ($\mu\text{g/mL}$) de cogumelos silvestres provenientes do Nordeste de Portugal.

Espécies	Atividade antitumoral GI_{50} ($\mu\text{g/mL}$)						Toxicidade		Referências
	Linhas celulares tumorais						Linha não tumoral	PLP2 (células de fígado)	
	MCF7 (carcinoma de mama)	NCI-H460 (carcinoma de pulmão)	HCT15 (carcinoma de cólon)	HeLa (carcinoma cervical)	HepG2 (carcinoma de fígado)				
<i>Clitocybe alexandri</i> (Gillet) Gillet	34,2 \pm 1,4	34,8 \pm 2,8	36,9 \pm 3,1	-	-	-	>400		Vaz et al., 2010
<i>Lepista inversa</i> (Scop.: Fr.) Pat.	45,2 \pm 3,1	36,3 \pm 5,1	39,7 \pm 4,6	-	-	-	>400		
<i>Suillus collinitus</i> (Fr.) Kuntz	25,2 \pm 0,16	62,5 \pm 6,3	103,2 \pm 9,9	-	-	-	>400		Vaz et al., 2012
<i>Suillus luteus</i> (L.: Friès) Gray	32,25 \pm 5,7	30,33 \pm 1,1	17,75 \pm 1,6	-	-	-	>400		Santos et al., 2013
<i>Ganoderma lucidum</i> (Curtis) P. Karst.	112,6 \pm 6,7	107,5 \pm 5,3	103,4 \pm 13,2	-	-	-	>400		Oliveira et al., 2014
<i>Coprinopsis atramentaria</i> (Bull.: Fr.) Redhead, Vigalys & Moncalvo	53,10 \pm 4,72	15,13 \pm 1,35	36,44 \pm 3,30	>400	>400	>400	>400		Helena et al., 2014a

GI_{50} - concentração responsável por 50% de atividade antitumoral.

Capítulo

9

Sustentabilidade da Montanha Portuguesa: desafios

Jaime M. Pires, Vasco Cadavez, Margarida Arrobas e João C. Azevedo

Resumo

Neste capítulo é inicialmente analisada a situação atual das regiões de montanha em Portugal com base numa contextualização histórica das políticas públicas e da investigação nestes espaços. São identificados promotores de alterações na montanha portuguesa, nomeadamente as alterações climáticas, a globalização, as políticas públicas, a dinâmica populacional e o uso do solo, as suas relações e interações e os seus efeitos particulares e globais. Descrevem-se em detalhe processos como o despovoamento e envelhecimento da população, o abandono da agricultura e da pecuária e as alterações do uso do solo em curso, incluindo efeitos e impactos nas atividades económicas dos setores primário, secundário e terciário e na biodiversidade e as suas implicações na sustentabilidade da montanha portuguesa. Os decorrentes desafios são abordados considerando a necessidade de manutenção de comunidades humanas dinâmicas nestes espaços, de aumentar a atratividade da montanha para públicos mais jovens, de diferenciar políticas públicas relativamente aos territórios onde são aplicadas e de aplicar abordagens holística e integradoras e envolver agentes locais e regionais na definição de políticas para a montanha. São apresentadas, para concluir, as ações, metodologias e medidas que os autores consideram mais relevantes para a promoção do desenvolvimento sustentável nos territórios de montanha e ainda as principais linhas e áreas de investigação e inovação que devem suportar esse objetivo.

Jaime M. Pires (✉), Vasco Cadavez, Margarida Arrobas e João C. Azevedo

Centro de Investigação de Montanha (CIMO) e Escola Superior Agrária, Instituto Politécnico de Bragança, Campus de Santa Apolónia, 5300-253 Bragança

Email: jaime@ipb.pt

9.1 Introdução

O estudo e a produção de conhecimento sobre as regiões de montanha iniciou-se no século XIX com o trabalho pioneiro de investigação de Von Humboldt, ao relacionar as regiões de montanha com a altitude, o clima e a vegetação. Em geografia física, a montanha fazia parte das primeiras publicações do início e meados do século XX. Já na geografia humana, os conceitos fundamentais da montanha foram definidos em 1936 por Roderick Peattie (Funnell e Price, 2003). Entretanto, Carl Troll deu continuidade ao trabalho de Von Humboldt desenvolvendo a escola de Geoecologia. Foi introduzida a separação entre alta montanha, na qual apenas os fenómenos físicos são relevantes e considerados, e as montanhas de menor altitude, nas quais a sociedade tem uma ação relevante na alteração da paisagem.

Em 1968, Carl Troll estabeleceu, no âmbito da *International Geographical Union* (IGU), a comissão *High Altitude Geoecology* que conduziu à criação do projeto de investigação Area 6 do Programa *Man and Biosphere* (UNESCO – MAB 6) em 1973 (Funnell e Price, 2003). Os resultados desse projeto conduziram à publicação, em 1989, do livro *The Himalayan dilemma: reconciling development and conservation*, onde é avaliada de forma crítica o que os autores designaram por *Theory of Himalayan Environmental Degradation* (Funnell e Price, 2003). Serviu ainda de suporte à iniciativa do grupo *Mountain Agenda*, responsável pela inclusão do Capítulo 13 na Agenda 21 da UNCED em 1992 (Price, 1998), que representou um marco de viragem na definição de políticas de desenvolvimento e de investigação para estas regiões.

Desde 1989, têm surgido múltiplas iniciativas de investigação e de desenvolvimento dos sistemas de montanha, das quais destacamos: a criação de áreas protegidas, a criação de redes e de associações – com ou sem carácter interprofissional – como a Euromontana (após 1996), a criação formal, a nível governamental, de organizações como a Convenção Alpina (criada em 1991), e a elaboração de várias propostas de políticas públicas.

Nesta conjuntura, a nível europeu, destacamos os papéis da Euromontana e da Convenção Alpina. Já o trabalho de Kapos *et al.* (2000) representa um marco na delimitação geográfica e classificação das áreas de montanha, tendo sido adotado pela Comissão Europeia para a caracterização e a delimitação destas regiões (EC, 2004) e, mais tarde, pela Agência Europeia do Ambiente com base no qual, sob a coordenação de Martin Price, faz em 2010 o ponto de situação e o reconhecimento do valor das montanhas para a Europa (EEA, 2010).

Em Portugal, a investigação e a produção de conhecimento relativo às regiões de montanha foi, até aos anos 70, desenvolvida essencialmente nos domínios da geografia, em que se destacam os trabalhos de Tabora (1932) e de Ribeiro (1945), e da flora e vegetação, com destaque para os trabalhos de Braun-Blanquet *et al.* (1952), Braun-Blanquet *et al.* (1956) e Teles (1970).

A partir da década de 70, com a criação de novas instituições de ensino superior nas regiões de montanha e o financiamento de projetos de investigação e de desenvolvimento destas regiões, observou-se um crescimento na produção de conhecimento, sobretudo de forma disciplinar, com limitada contextualização e integração nas múltiplas realidades das regiões de montanha do país. Contudo, foram implementados alguns projetos de investigação para o desenvolvimento integrado de algumas regiões de montanha, como é o caso de Trás-os-Montes, dos quais destacamos o projeto do Complexo Agroindustrial do Cachão, iniciado na década de 60, e o “Projecto

de Desenvolvimento Rural Integrado de Trás-os-Montes” (PDRITM), iniciado na década de 80 com financiamento do Banco Mundial. Em ambos os casos, a investigação surge aliada ao desenvolvimento regional, com diferenciação desta região ao nível montano e submontano, entre outros. Em 2002, foi criado, no Instituto Politécnico de Bragança, o Centro de Investigação de Montanha (CIMO), a primeira e, até ao momento, única unidade de investigação do Sistema Científico e Tecnológico Nacional dedicada à investigação de zonas de montanha.

Atualmente, o avanço do conhecimento em muitas áreas científicas relevantes para os espaços de montanha portugueses abre caminho a uma melhor compreensão do funcionamento dos ecossistemas e das paisagens destes territórios, nomeadamente dos fatores que afetam o seu funcionamento, e a forma como os sistemas e as comunidades humanas, responsáveis pela sua gestão, respondem a esses fatores. Permite ainda avaliar um conjunto de ameaças e de oportunidades nunca antes consideradas nas áreas de montanha. Mesmo sem uma base de conhecimento formal estabelecida, o valor da biodiversidade e dos ecossistemas destas regiões foram reconhecidos pelos decisores políticos, o que permitiu a criação das primeiras áreas protegidas em zonas de montanha, a saber: o Parque Nacional da Peneda-Gerês, em 1971, e o Parque Natural da Serra da Estrela, em 1976. Contudo, o conhecimento sobre a biodiversidade permaneceu muito incompleto até praticamente finais do século XX, quando os trabalhos de descrição e de caracterização da fauna, da flora e da vegetação no âmbito de projetos de investigação ou programas de conservação (p. ex. Rede Natura 2000), financiados pelo Estado Português e pela União Europeia, se focaram nas montanhas do interior norte e centro do país e das Regiões Autónomas (RA) dos Açores e da Madeira. Igualmente, a análise do funcionamento de ecossistemas diversos (ecossistemas aquáticos, agroecossistemas, sistemas agroflorestais, paisagens, etc.) nas regiões de montanha só recentemente foi abordada numa perspetiva científica (Azevedo *et al.*, 2016).

Apesar dos avanços recentes, permanecem ainda algumas indefinições relativamente ao futuro destas áreas, quer numa perspetiva de desenvolvimento socioeconómico quer numa perspetiva científica, decorrentes dos processos de alteração em curso e respetivos promotores de alterações. Para o efeito, cabe a este capítulo analisar a situação atual, as interações e os efeitos dos promotores de alterações, e identificar vias para o desenvolvimento sustentável destas regiões, partindo de uma breve retrospectiva histórica sobre as montanhas portuguesas.

9.2 Políticas públicas em regiões de montanha – uma breve história

Em Portugal, a definição de políticas públicas dirigidas para o setor primário remonta à idade média, como são disso exemplo a Lei das Sesmarias de 1375, de D. Fernando I, e a Lei das Árvores de 1565, na qual D. Sebastião I “ordena que se plantem nos baldios dos concelhos árvores adaptadas ao solo” (Branco, 2015). Contudo, as primeiras tentativas de reforma agrária foram ensaiadas entre 1851 e 1888 (Branco, 2015). A sua concretização foi precedida de grandes alterações no regime de propriedade e, conseqüentemente, no uso do solo, que tiveram lugar durante a implantação do Liberalismo através da venda dos bens nacionais (Silveira, 1980). As alterações no regime de propriedade foram seguidas da abolição dos forais, extinção dos morgadios (1863) e, em 1869, da desamortização dos baldios (Estêvão, 1983), permanecendo estas áreas comunais apenas nas áreas serranas a Norte do Rio Tejo (Devy-Vareta, 2003).

Em meados do século XIX, os incultos, os pousios e as charnecas representavam o uso do solo

dominante ($\approx 50\%$ do território). Nas serras, as encostas e os cumes encontravam-se fragilizados pela sobre-exploração dos recursos arbóreos e dos pastos (Devy-Vareta, 2003). A desarborização das serras atingiu o seu máximo em 1886 (Branco, 2015) em resultado de um aumento do povoamento, de arroteias e de crescentes necessidades de madeira e de lenha para uso doméstico e industrial, entre outros. Entre 1847 e 1867, registou-se um aumento da superfície ocupada com cereais (231.561 ha) e com viticultura, a qual se expandiu por todo o território nacional. A superfície ocupada por incultos, cumeadas e charnecas (cerca de 4.138.000 ha), era aproximadamente igual à área cultivada (cerca de 4.642.000 ha), por sua vez dominada por pastagens naturais (16%), cereais (13%), pousios (7%) e arvoredos frutíferos e vinha (9%). As matas representavam apenas 3%, proporção idêntica à das culturas diversas e dos prados semeados (Branco, 2015).

Em 1887 foi lançada a lei do fomento rural, com a qual se pretendia reformar a agricultura portuguesa, incluindo pela primeira vez o apoio do crédito bancário, o qual, em vez de reduzir o recurso à hipoteca do pequeno agricultor, como se pretendia, veio beneficiar os grandes proprietários no sul do país. Esta reforma pretendia ainda dividir a propriedade no Sul e emparcelar no Norte e Centro. Contudo, nem as políticas de incentivo à manutenção da propriedade num único herdeiro conseguiram esse objetivo, nem substituíram a ausência do morgadio (Branco, 2015).

As políticas públicas dirigidas para o setor primário concentraram-se, desde este período até à década de 1960, sobretudo em três eixos: i) a produção de cereais, através de medidas de protecionismo, como as restrições à importação e políticas de preços mínimos garantidos, incentivos à arroteia de novas áreas incultas e introdução de novas tecnologias (p. ex. mecanização, fertilizantes, novas variedades); ii) a florestação de incultos em geral e de dunas no litoral, como a lei do Regime Florestal de 1901 previa, tendo como prioridades a “arborização das serras, hidráulica florestal e fixação das dunas” e com preocupações de sustentabilidade relativamente à “criação, exploração e conservação da riqueza silvícola, em que a arborização seja de utilidade pública, para regular o regime dos cursos de água, defesa das várzeas, valorização das planícies áridas e benefício do clima, para a fixação e conservação do solo nas montanhas, e das areias no litoral” (Devy-Vareta, 2003); iii) a colonização interna do País a partir da década de 1930, com o objetivo de contrariar o êxodo rural, fixar trabalhadores permitindo-lhes o acesso à terra, sobretudo em baldios e propriedades do Estado e, simultaneamente, diminuir as consequências da industrialização, que tanto fazia crescer o proletariado e o desemprego nas cidades (Branco, 2015), minorar os efeitos da política de florestação massiva e, por outro lado, intensificar a agricultura e melhorar o nível de vida das populações (Estêvão, 1983).

A importância do regime cerealífero diminuiu gradualmente a partir da década de 60 devido ao êxodo rural e à emigração, à perda de solo por erosão e à diminuição da fertilidade do mesmo, entre outros aspetos, que reduziram a produtividade, e ainda ao facto de, em termos políticos, passar a considerar-se a agricultura como um todo (Branco, 2015). Mais recentemente, desde a década de 90, os preços dos cereais inviabilizaram economicamente esta cultura na maior parte das regiões do país.

A florestação, embora não cumprindo as metas previstas, foi sendo efetuada, alternando ciclicamente de prioridade com a política cerealífera, como aconteceu durante as guerras mundiais, e novamente após a década de 60. Face aos atrasos, principalmente nos baldios a norte do Tejo, em

1938 foi lançado o Plano de Povoamento Florestal, incluindo pela primeira vez investimentos avultados em infraestruturas em regiões de montanha (vias de comunicação e telecomunicação, obras de correção torrencial, postos de vigia e casas para guardas florestais), prevendo ainda a constituição de reservas naturais e parques nacionais e o melhoramento de pastagens naturais (Branco, 2015). Na mesma linha do Plano de Povoamento Florestal, foi lançado em 1945 o Fundo de Fomento Florestal, dirigido inicialmente para a florestação privada, com grande impacto no sul do País (Branco, 2015). É importante salientar que a florestação dos baldios serranos teve forte oposição das populações, uma vez que estas deixavam de poder explorar os recursos indispensáveis para a sobrevivência de uma percentagem elevada da população. De facto, os baldios eram a fonte de pastos, matos, lenha, madeira, água de regadio e pedra de construção, permitindo ainda o cultivo dos melhores solos (Estêvão, 1983; Devy-Vareta, 2003).

A política de colonização interna, embora sem ter alcançado os objetivos pretendidos (até 1965 sobre uma superfície equivalente a 33% do planeado inicialmente (Branco, 2015)), teve impactos nas populações locais ao nível da tecnologia utilizada na agricultura, nomeadamente ao nível do regadio e da mecanização. Entretanto, apesar dos apoios previstos ao melhoramento e instalação de pastagens a partir de 1938, a incompatibilidade da florestação com a pastorícia e exploração de outros recursos (Estêvão, 1983) manteve-se principalmente nas áreas de baldios a Norte do Tejo. Este é um dos fatores que, em conjunto com outros de natureza socioeconómica, como o baixo rendimento obtido pelas populações, contribuíram para o êxodo rural. O património florestal construído começa a ficar em causa a partir da década de 70 assim como a agricultura até então praticada, fatores que contribuíram para a progressiva transformação da paisagem marcada pelo abandono e por uma gestão florestal insuficiente. Estes processos conduziram gradualmente ao aumento do risco de incêndio e da área ardida nas montanhas portuguesas, que nem os sucessivos programas e medidas que se lhe seguiram, p. ex. o “Programa de Acção Florestal” de 1986, conseguiram contrariar.

Em simultâneo com as políticas dirigidas para o setor primário, são de destacar as políticas educativas com incidência nas áreas de montanha. Estas permitiram até à década de 70 a formação *in loco* da população rural e urbana ao nível do ensino básico e secundário e, a partir dessa década, e de uma forma gradual, a nível do ensino superior com a criação de Universidades e Institutos Politécnicos fora dos grandes centros urbanos e do litoral. Esta evolução, acompanhada a partir da década de 90 por uma aposta na investigação e na inovação, veio trazer novo conhecimento sobre e para as regiões de montanha. As instituições de ensino superior, através da investigação e do conhecimento, têm-se tornado os motores do desenvolvimento das regiões de montanha, atenuando em parte o decréscimo e o envelhecimento da população destas regiões (Rolim e Serra, 2009; Fernandes, 2010).

9.3 Situação atual das regiões de montanha em Portugal

As limitações e condicionantes das regiões de montanha portuguesas, como referido no capítulo 1 desta obra, não advêm da sua grande altitude como acontece noutros países. De facto, os níveis submontano e montano prevalecem na montanha portuguesa, ocorrendo os níveis subalpino e alpino apenas nos picos da ilha da Madeira, na serra da Estrela e nos Açores (Ilha do Pico), ocupando no continente uma superfície inferior a 1400 ha (Aguilar *et al.*, 2009). É nos níveis submontano e montano que se registam as interações mais complexas, com repercussões no

uso dos recursos, nomeadamente do solo, atendendo ao fato de se tratar de níveis altitudinais predominantemente rurais, com pequenos núcleos urbanos com menos de 60.000 habitantes (INE, 2012). As políticas com efeitos diretos no uso do solo (ordenamento do território, agrícolas, florestais e pecuárias) acabam por estar sujeitas a diversas interações, pelo que tem de se procurar potenciar as interações positivas para evitar os efeitos indesejáveis que a história nos tem mostrado (regime cerealífero, separação/incompatibilidade entre a florestação e a produção animal). Para além das políticas com efeitos diretos no setor primário, há, de igual modo, interações destas com as políticas sociais e económicas gerais e com as políticas dirigidas para os setores secundário e terciário, especificamente.

A combinação dos efeitos deste conjunto de políticas manifesta-se em duas realidades bem mensuráveis: o uso do solo, traduzido na paisagem e na biodiversidade, e a dinâmica populacional avaliada pela demografia. Atualmente, os matos e as florestas são os usos do solo largamente dominantes na montanha portuguesa (Azevedo *et al.*, 2016), ocorrendo frequentemente na forma de grandes áreas homogêneas e contínuas. O êxodo rural, principalmente a partir da década de 60, e, mais recentemente, o envelhecimento da população, levou à diminuição gradual da produção agrícola, essencial à manutenção da diversidade da paisagem, de espécies e de populações, bem como dos serviços de ecossistema das regiões de montanha (Azevedo *et al.*, 2016). Contudo, o abandono da atividade pecuária foi ainda mais crítico do que o abandono da agricultura, atendendo à sua importância no controlo do desenvolvimento dos matos e à importância das pastagens para o fornecimento de serviços ambientais como o sequestro de carbono e a conservação do solo (Domingos *et al.*, 2016).

Ao nível dos setores secundário e terciário, as regiões de montanha portuguesas contribuem, desde o século passado, com os seus recursos para a produção de energia a partir de fontes renováveis, sobretudo hídrica e, mais recentemente, eólica, biomassa e geotérmica. Estas regiões têm contribuído ainda com os seus recursos mineiros, com os seus recursos genéticos, com as suas paisagens, biodiversidade, áreas protegidas e património cultural para o desenvolvimento do turismo e da indústria. Vale a pena salientar que a energia hídrica produzida em montanha¹ representa 14% e a eólica representa 13% da energia total produzida em Portugal (INE, 2013). Tomando como referência apenas a energia com origem em fontes renováveis, a energia hídrica e a eólica produzidas em montanha representam 53% da energia produzida no país. Relativamente ao turismo, a capacidade de alojamento das regiões de montanha do continente corresponde a 7% do total do país, mas representa 19% se considerarmos as Regiões Autónomas da Madeira e dos Açores (INE, 2013). Considerando apenas as “áreas pouco povoadas”, onde o turismo rural e o ecoturismo têm maior expressão, o total de alojamentos representam 5% no continente e 8% quando incluimos as RA (INE, 2015).

O valor acrescentado bruto (VAB) dos três setores nas regiões de montanha representa cerca de 13% do VAB nacional, cabendo ao setor primário 0,7%, ao secundário 2,8% e ao terciário 9,9% (INE, 2013). Contudo, o VAB das regiões de montanha do continente é apenas 8% do valor do

1) Na ausência de estatísticas para estes territórios, considerámos ao longo deste capítulo apenas as áreas tipicamente de montanha ao nível das NUTS II e III. Incluem o continente, representado pelas regiões Norte e Centro, através das NUTS III de 2002 Douro, Alto Trás-os-Montes, Pinhal Interior Norte, Dão-Lafões, Pinhal Interior Sul, Serra da Estrela, Beira Interior Norte, Beira Interior Sul e Cova da Beira, e as Regiões Autónomas dos Açores e da Madeira (NUTS II).

País o que mostra, à semelhança do turismo, a importância das Regiões Autónomas (RA) na atividade económica das montanhas portuguesas, sobretudo no setor terciário. Estas desigualdades são mais visíveis quando calculamos a densidade económica e analisamos a densidade populacional. A densidade económica nas regiões de montanha do continente corresponde a apenas 24% do valor do país, enquanto nas RA corresponde a 85% (Açores) e 264% (Madeira), seguindo as diferenças da densidade populacional em relação ao país, 36% (continente), 93 % (Açores) e 292% (Madeira), onde a percentagem de população “predominantemente rural” é respetivamente de 41, 28 e 7% (INE, 2013). O PIB *per capita* segue idênticas variações mas de menor amplitude, correspondendo no continente a 73% do indicador no País, a 91% nos Açores e 95% na Madeira (INE, 2013).

Apesar das diferenças, todas estas regiões de montanha em Portugal dispõem atualmente de uma boa rede de vias de comunicação e um elevado grau de cobertura de telecomunicações, que, associada à disponibilidade dos requisitos infraestruturais de habitação, mesmo ao nível dos pequenos aglomerados populacionais (energia elétrica, abastecimento de água e saneamento básico), permitem às áreas de montanha oferecer condições de vida equivalentes às dos centros urbanos noutros contextos. A este conjunto de estruturas pode-se acrescentar ainda o Serviço Nacional de Saúde. Contudo, a necessidade de melhorar os serviços disponibilizados mantém-se, nomeadamente nas telecomunicações, pela necessidade de maior cobertura territorial e de melhor desempenho, já que terão cada vez mais um papel crucial para o desenvolvimento destas regiões nos três setores da economia (Euromontana, 2012; Euromontana, 2016; Drexler *et al.*, 2016).

Apesar de terem contribuído para o desenvolvimento destas regiões, as políticas setoriais não conseguiram inverter, nem sequer conter, a evolução demográfica verificada sobretudo a partir da década de 60. Naturalmente, a explicação reside em parte no facto de o ritmo de desenvolvimento das regiões de montanha ter sido sempre inferior ao das regiões não montanhosas, com exceção das RA e, principalmente, da Madeira. À semelhança do verificado em alguns maciços montanhosos europeus (Alpes, Apeninos, Maciço Central Francês), o elevado desenvolvimento e produção de riqueza da RA da Madeira deve-se ao maior peso dos setores secundário e terciário em relação ao primário. Por outro lado, o maior desenvolvimento e produção de riqueza nas RA e em geral no litoral do país, segue a tendência da humanidade para viver em climas amenos (zonas litorais), refletindo por um lado os limites que a nossa espécie gosta de testar e, por outro, lado refletindo a maior diversidade de riqueza aí existente, oriunda dos ecossistemas marítimos, fluviais e terrestres, e das atividades económicas associadas.

As áreas de montanha, principalmente no continente, têm vindo a perder população desde o início do século passado num processo que se mantém até à atualidade (Figura 1), levantando incertezas relativamente ao seu futuro. No início do século XXI, os concelhos e freguesias das regiões de montanha apresentam, genericamente, uma tendência de despovoamento muito superior à dos restantes territórios. Por exemplo, nas freguesias de montanha do concelho de Bragança a perda de população foi superior a 20% entre 2001 e 2011 (Figura 1). As diferenças nas dinâmicas populacionais das regiões do litoral comparativamente a regiões do interior, sobretudo de montanha, verificam-se também, a outra escala, dentro dos concelhos, entre as freguesias dos maiores aglomerados populacionais e as freguesias eminentemente rurais.

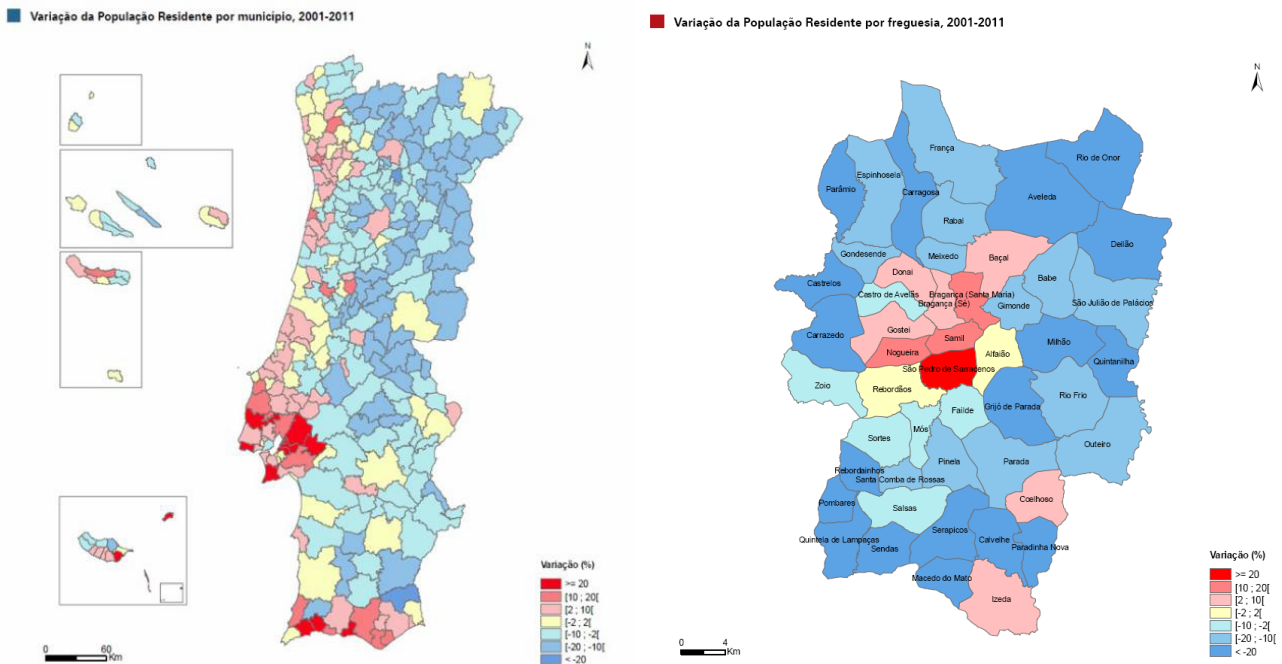


Figura 1 – Variação da população por concelho a nível nacional (esquerda) e por freguesia ao nível do concelho de Bragança (direita) entre 2001 e 2011. Fonte: INE (2011).

9.4 Promotores de alterações

As políticas públicas são promotores de alterações globais incontornáveis, atendendo ao seu efeito no território (p. ex. uso do solo, paisagem, recursos naturais) e na sociedade residente (educação, saúde, cultura, economia). Contudo, a globalização está a ter efeitos cada vez maiores e mais diretos na sociedade (Becker e Bugman, 2001; Bjørnsen *et al.*, 2005; Price *et al.*, 2012; Rasul e Sharma, 2014), sem que os Estados a possam regulamentar ou incorporar em políticas públicas em tempo oportuno. Por seu lado, as alterações climáticas (Bjørnsen *et al.*, 2005; WTO e UNEP, 2008; Price *et al.*, 2012; Brönnimann *et al.*, 2014; Weingartner, 2014; Kohler *et al.*, 2014) são um promotor de alterações com efeitos a múltiplos níveis, desde o uso do solo, paisagem e biodiversidade até à saúde humana (Last, 2010). Outros promotores de alterações estão relacionados com a demografia (Bjørnsen *et al.*, 2005; Ariza *et al.*, 2013; Korup, 2014; Rey, 2015), associada à pressão sobre os recursos resultante do aumento de população mundial, e com o uso do solo, onde se incluem a agricultura *sensu lato*, os ecossistemas naturais (terrestres e aquáticos), as áreas urbanas e as vias de comunicação. Destes promotores, as alterações climáticas são o único que o Homem não consegue controlar, apenas mitigar os seus efeitos. Daí que, associado ao seu carácter global com efeitos iguais ou superiores aos restantes (Hofer e Ceci, 2012), as alterações climáticas sejam o promotor de alterações que atualmente mais preocupa a humanidade.

São consideradas alterações climáticas, segundo WTO e UNEP (2008) citando o Painel Intergovernamental sobre Alterações Climáticas (IPCC), as alterações estatísticas significativas dos valores médios do clima ou a sua variabilidade espacial ou temporal (sazonalidade), persistentes por décadas. Para o efeito, consideramos neste trabalho a análise de dois parâmetros climáticos fundamentais, a temperatura e a precipitação. Segundo Brönnimann *et al.* (2014), nos últimos 100 anos a temperatura média aumentou 1 °C no globo, com subidas mais acentuadas nos últimos 50 anos e com diferenças espaciais significativas (Figura 2). Este aumento de temperatura tem sido maior na superfície terrestre do que nos oceanos, no Ártico e nas zonas de maior alti-

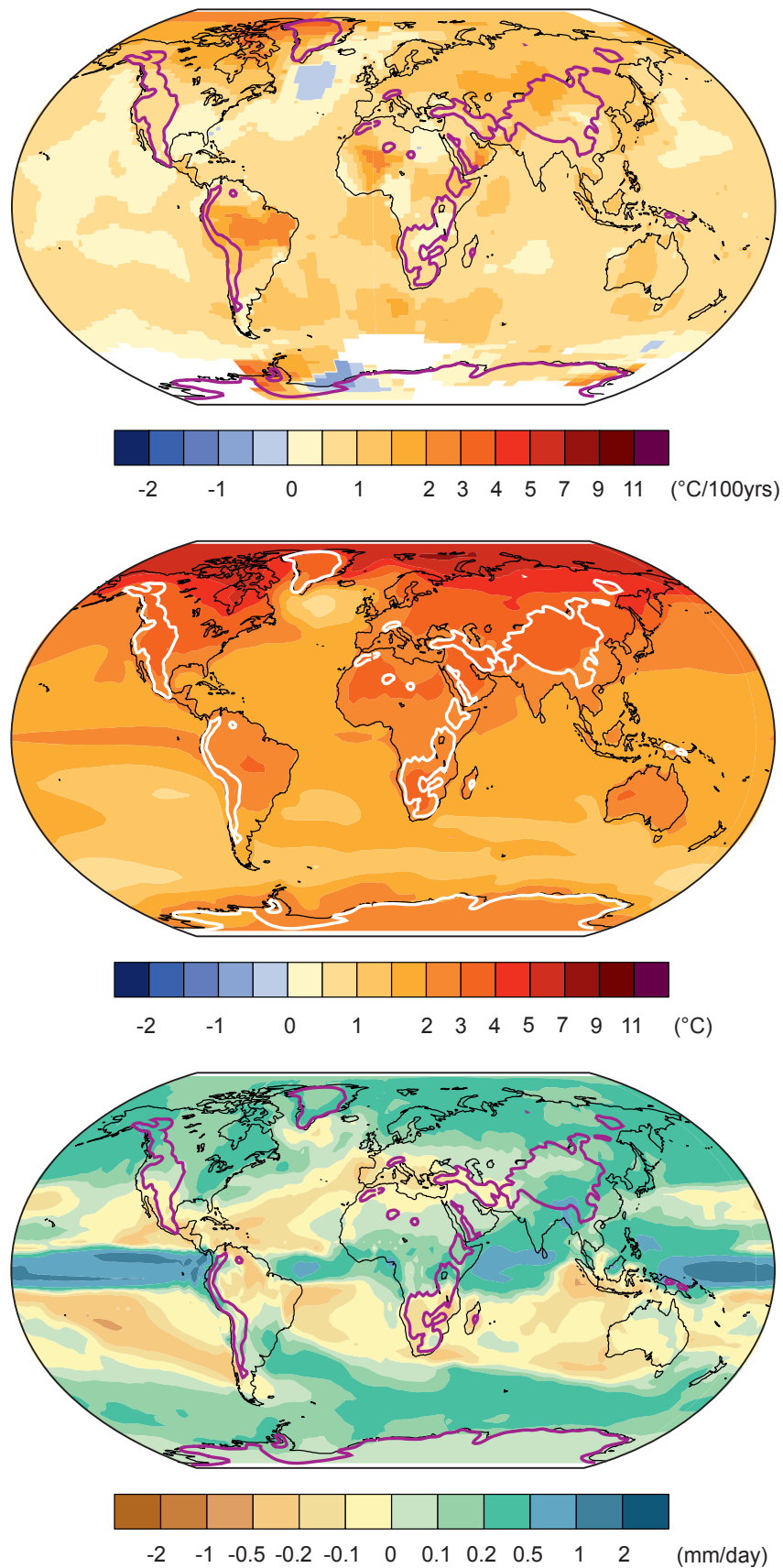


Figura 2 – Tendência linear da variação da temperatura média anual do ar à superfície (topo) de 1900 a 2013. (NASA/GISS; (Hansen *et al.*, 2010)). Alterações modeladas da temperatura (centro) e da precipitação (baixo) de 1985-2005 a 2081-2100 de acordo com um cenário de emissões moderadas a altas (RCP6.0, Atlas subset CMIP5 from KNMI Climate explorer (Collins *et al.*, 2013)). Linhas roxas e brancas indicam topografia acima de 1000 m). Retirado de Brönnimann *et al.*

tude dos trópicos, e varia com a latitude relativamente ao aquecimento vertical da atmosfera (Figuras 2 e 3). As projeções das alterações climáticas mantêm esta variabilidade espacial (Figuras 2 e 4) mas com aumentos superiores, entre 1,5 e 4,5 °C de 1985-2005 a 2081-2100, e com acentuadas diferenças entre os hemisférios Norte e Sul (Brönnimann *et al.*, 2014). Segundo as mesmas projeções, na bacia do Mediterrâneo esperam-se aumentos médios de até 3 °C. Relativamente à precipitação, para o mesmo período, prevê-se um aumento nesta variável, sobretudo na região intertropical e a latitudes médias e elevadas, e uma diminuição nas zonas secas subtropicais (Figura 2), incluindo a bacia do Mediterrâneo, onde se esperam diminuições médias de até 0,5 mm/dia (Brönnimann *et al.*, 2014) ou o equivalente a uma redução de 20 a 30% (Weingartner, 2014). Em relação à sazonalidade, as ondas de calor serão mais frequentes e mais prolongadas e os eventos climáticos extremos, como as precipitações intensas, deverão também aumentar de frequência (Brönnimann *et al.*, 2014). De uma forma geral, prevê-se que as estações secas sejam cada vez mais secas e as estações húmidas cada vez mais húmidas (Weingartner, 2014), com influência direta numa maior sazonalidade das linhas de água, especialmente no Mediterrâneo. No caso de Portugal, a altitude das montanhas não permite o armazenamento de água sob a forma de neve e de gelo até ao verão, pelo que esta sazonalidade será ainda mais vincada. Estas evoluções do regime térmico e pluviométrico estão corroboradas para a Serra Nevada, em Espanha a diferentes níveis altitudinais (OCGSN, 2011).

Nas regiões de montanha, as alterações climáticas vão provocar a deslocação das cinturas altitudinais, tal como as conhecemos atualmente, com subida em altitude de plantas e animais, o que na presença de humidade (precipitação ou regadio) e solos com capacidade produtiva adequada, poderia até permitir uma maior diversidade cultural e biodiversidade em geral, assim como aumentos da produtividade (Hofer *et al.*, 2014), devido à maior estação de crescimento anual e às maiores concentrações de CO₂ na atmosfera. Contudo, nas zonas de montanha portuguesas a capacidade produtiva dos solos diminui com a altitude e como se espera uma diminuição da precipitação (Mediterrâneo), só em superfícies territoriais muito específicas e localizadas se poderão encontrar condições viáveis para a deslocação das plantas em altitude. Este efeito limitante, no caso dos ecossistemas naturais e agroecossistemas, será mais vincado para as espécies cuja adaptabilidade se encontra numa faixa altitudinal bastante reduzida (p. ex. o castanheiro) e para as espécies mais tardias, com populações reduzidas, confinadas a cumes ou zonas de vale (Spehn, 2011). Simultaneamente, estima-se que aproximadamente 45% da superfície de montanha no mundo não é adequada, ou é apenas marginalmente adequada, para a agricultura, produção animal e floresta, o que reforça a dificuldade da montanha poder acolher de forma viável a subida da atividade agrícola em altitude (Hofer *et al.*, 2014). Neste sentido, o aumento da temperatura irá provocar, sem dúvida, uma diminuição das espécies adaptadas ao frio, principalmente nos níveis subnival e nival (Spehn, 2011; Naroozi *et al.*, 2011). Contudo, as espécies ruderais, com maiores populações e largamente distribuídas, e as espécies de meia-altitude podem vir a ser beneficiadas com o aumento da temperatura (Spehn, 2011).

Outros autores, como Rudmann-Maurer *et al.* (2014), afirmam que as plantas de montanha apresentam, em geral, uma adaptabilidade limitada, considerando todavia que acima da linha de árvores, a riqueza topográfica providencia um mosaico de microhabitats de temperatura a distâncias curtas com variações superiores às previstas pelas alterações climáticas. Isto permite considerar a existência de refúgios climáticos (p. ex. exposição norte ou sul) para os organismos de elevada altitude. Contudo, os autores consideram também que as espécies raras e as adapta-

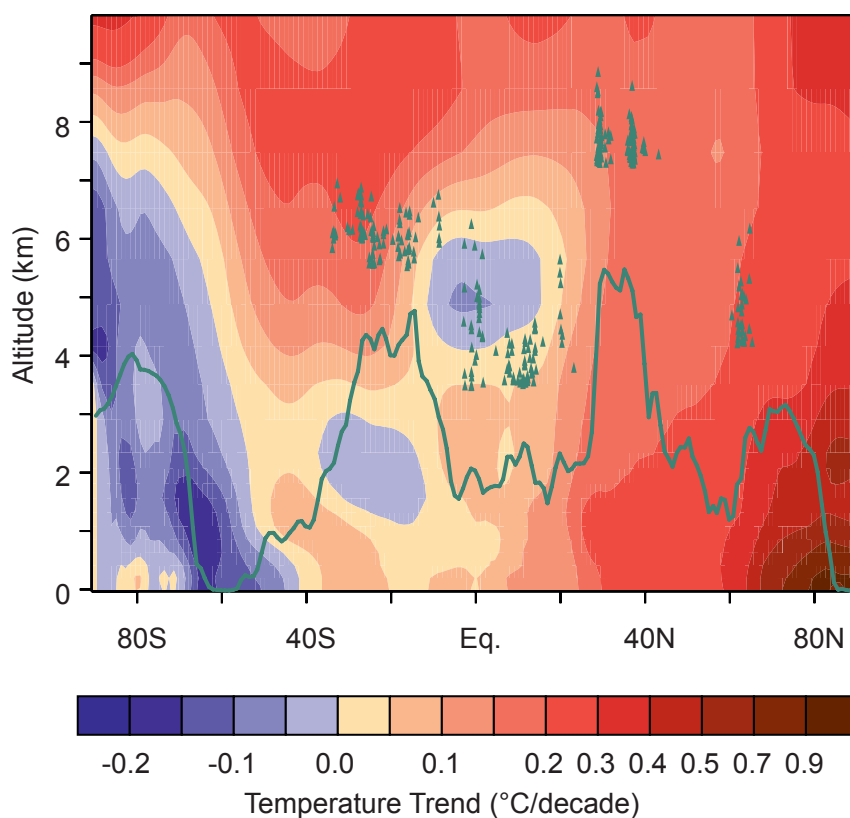


Figura 3 – Tendência linear da variação da temperatura média anual zonal de 1979 a 2013. A linha verde indica as alturas de grandes cadeias montanhosas (por exemplo, Andes cerca de 4000 m perto de 20 °S, Planalto Tibetano cerca de 5000 m perto de 30 °N); picos individuais são mostrados como triângulos verdes. (Reanálise interina ERA (Dee et al., 2011)). Retirado de Brönnimann et al. (2014).

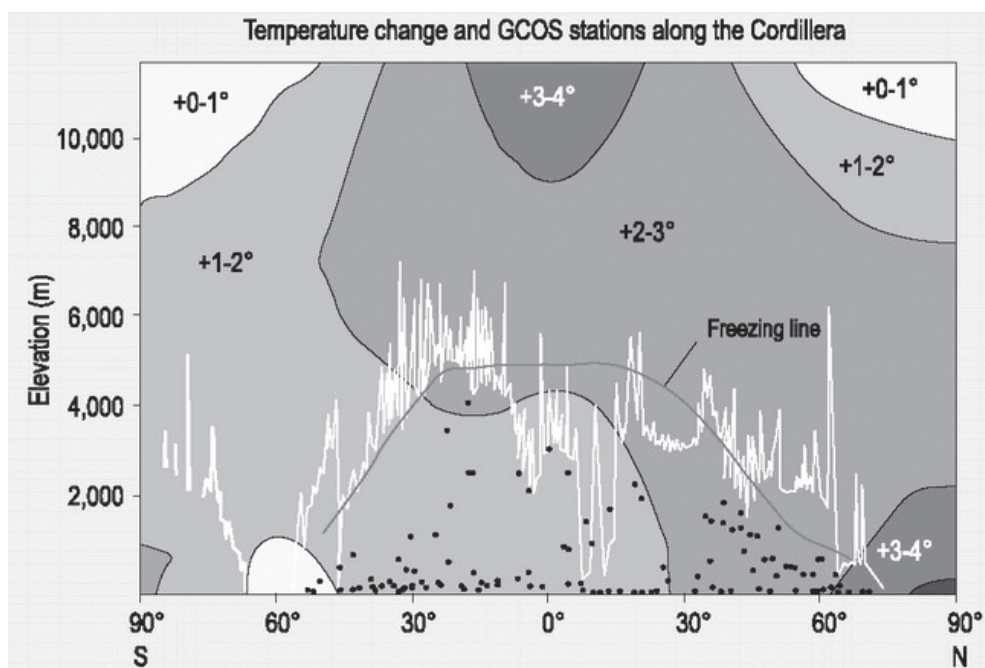


Figura 4 – Transecto topográfico da Cordilheira Ocidental das Américas (linha sólida branca) sobreposto a estimativas das alterações das médias anuais zonais de temperatura esperadas para uma concentração dupla de CO₂ na atmosfera baseadas em Modelos de Circulação Geral (IPCC, 2001). Os pontos pretos indicam as estações GCOS (Global Climate Observing System) existentes. Retirado de Buchler et al. (2004).

das a temperaturas mais baixas podem perder na competição pelo espaço, o qual diminui com o aumento da altitude.

As alterações climáticas aumentarão ainda os riscos da ocorrência de surtos de pragas de insetos e doenças causadas por bactérias, fungos e outros organismos, associadas principalmente a extremos climáticos, que poderão fragilizar a produção de alimentos e a saúde humana, favorecendo o aparecimento de doenças até agora mais comuns em zonas subtropicais e tropicais (Beniston, 2003). Os eventos extremos irão ainda acentuar as crises de disponibilidade de água e de energia, os riscos de inundações e de secas devido às alterações no regime e na intensidade da precipitação (Rasul e Sharma, 2014), agravados em algumas situações pelas temperaturas mais elevadas. Por outro lado, o facto de as regiões de montanha virem a registar temperaturas mais elevadas poderá, por exemplo, conduzir à economia de energia nos setores doméstico, industrial e dos serviços, podendo levar também à criação de mais oportunidades de turismo, atendendo às temperaturas mais amenas em altitude (Price *et al.*, 2012), bem como servir de “refúgio” para a população residente a baixa altitude onde as temperaturas mais elevadas mais se farão sentir.

De um modo geral, as alterações climáticas vão acentuar, nos níveis altitudinais que existem no país, o caráter mediterrânico do clima, com diminuição da influência atlântica, principalmente no continente, e conseqüente aumento das diferenças na estação de crescimento em relação às regiões não montanhosas. Podemos assim inferir que as regiões de montanha portuguesas serão sujeitas a alterações climáticas significativas, traduzidas no aumento de temperatura e na diminuição da precipitação com impactos também significativos na biodiversidade, nas atividades económicas e na sociedade, se nada for feito para os minimizar.

A agricultura verá as suas potencialidades, atualmente já limitadas em termos agroecológicos, ainda mais diminuídas: i) pela menor disponibilidade de superfície com condições climáticas e pedológicas favoráveis ao desenvolvimento das culturas, mesmo em presença de condições favoráveis para culturas com maiores exigências térmicas; ii) pelo risco de algumas espécies não disporem dos habitats que necessitam e se extinguirem ou ficarem com uma área de cultivo reduzida; iii) pelo maior risco de ocorrência de pragas e doenças, atualmente com reduzido ou nulo impacto. A produção pecuária e florestal são os dois setores que melhor se poderão adaptar às novas condições climáticas, pela substituição de espécies/raças melhor adaptadas em termos climáticos que poderá ter lugar, já que, em termos de capacidade produtiva de solos, se trata de plantas com baixas exigências e um leque de espécies disponíveis mais elevado, principalmente nas culturas pratenses e forrageiras, que permite cobrir praticamente todas as condições agroecológicas.

A biodiversidade terá tendência para diminuir à medida que as espécies de climas mais húmidos e mais frios virem os seus habitats reduzidos, passando gradualmente para uma flora e fauna mais característica das áreas de menor altitude do Mediterrâneo, ainda que em pequenas áreas de montanha possa haver lugar à entrada de mais espécies subtropicais e tropicais, como nas RA. Da mesma forma, o uso do solo e a paisagem serão influenciados pelas alterações climáticas. Assim, o abandono das zonas rurais deverá acentuar-se, principalmente no continente, em resultado da redução das potencialidades do setor primário, caso nada seja feito para contrariar estas tendências.

A globalização, entendida como a crescente integração global de relações sociais, políticas e económicas (Becker e Bugman, 2001), é o promotor de alterações mais recente. Afeta as regiões de montanha (Björnesem *et al.*, 2005; Korner e Ohsawa, 2005), pelo acesso à informação, pelas relações económicas, de forma crescente através da internet, pelo conhecimento global e pelas alterações do poder de decisão em termos locais, regionais e internacionais, refletindo-se por sua vez na dinâmica populacional (Becker e Bugman, 2001) e no uso do solo. Por um lado, tem efeitos positivos, sobretudo em termos de valorização dos serviços de ecossistema em geral e, especificamente, dos produtos oriundos do setor primário, cada vez mais ocupando nichos de mercado, já que em montanha as economias de escala têm fortes restrições naturais (Rasul e Sharma, 2014). Por outro lado, as pressões sobre os recursos serão maiores (ICIMOD, 2011; Shrestha, 2011; Ariza *et al.*, 2013; Rasul e Sharma, 2014), acentuadas num cenário de alterações climáticas em que algumas regiões do mundo vão ter ainda maiores restrições à produção e mesmo à habitação em áreas de baixa altitude (Rudmann-Maurer *et al.*, 2014). A globalização tem efeitos diretos na sociedade, economia e tecnologia, que por sua vez se repercutem na dinâmica populacional e no uso do solo e, conseqüentemente, na paisagem e na biodiversidade.

As políticas públicas, sejam setoriais, nacionais ou aplicadas à escala territorial, deverão atenuar os efeitos indesejáveis dos promotores de alterações incontrolláveis pela sociedade ou de mais difícil controlo pelos Estados: as alterações climáticas e a globalização. Quando dirigidas a setores particulares, influenciam diretamente: i) o uso do solo, como as políticas agrícolas, florestais, pecuárias e de ordenamento do território; ii) a dinâmica populacional, como as políticas sociais e económicas em geral; iii) ou os setores secundário e terciário, como as políticas para a indústria e a exploração de recursos naturais ou as políticas para o comércio e os serviços, como o turismo (Figura 5). O uso do solo resulta do efeito conjunto dos restantes promotores de alterações. Contudo, todos estes promotores são retroalimentados a partir do uso do solo e da dinâmica populacional (Figura 5).

As políticas públicas estão presentes desde o início das sociedades humanas através do estabelecimento das primeiras regras enquanto as alterações climáticas, só muito recentemente o homem tomou consciência e dispôs de tecnologia e conhecimento para as identificar, compreender as suas causas e analisar e modelar a sua evolução e os seus efeitos.

A dinâmica populacional de um dado território é resultado das: i) alterações climáticas e globalização como promotores globais; ii) políticas sociais e económicas com efeitos diretos; e iii) políticas setoriais dirigidas para os setores da economia e para o ordenamento do território, com efeitos diretos ou indiretos. Por sua vez, a dinâmica populacional tem efeitos diretos no uso do solo e, conseqüentemente, na paisagem e na biodiversidade (Figura 5).

O desenvolvimento das regiões de montanha só se processa na presença de população, pelo que, em Portugal, o abandono gradual verificado nestas regiões compromete seriamente o seu desenvolvimento, agravado pelos efeitos menos favoráveis ou adequados dos restantes promotores de alterações. Por exemplo, embora o investimento isolado na florestação, como aconteceu em Portugal ao longo de mais de um século, não exija a permanência de população nas regiões florestadas, a ausência de população de forma permanente contribui para aumentar o risco de incêndio e a ocorrência de fogos de elevada severidade. Ao mesmo tempo convém recordar que a produção animal (ruminantes) é crucial para o equilíbrio dos ecossistemas em geral, e é a

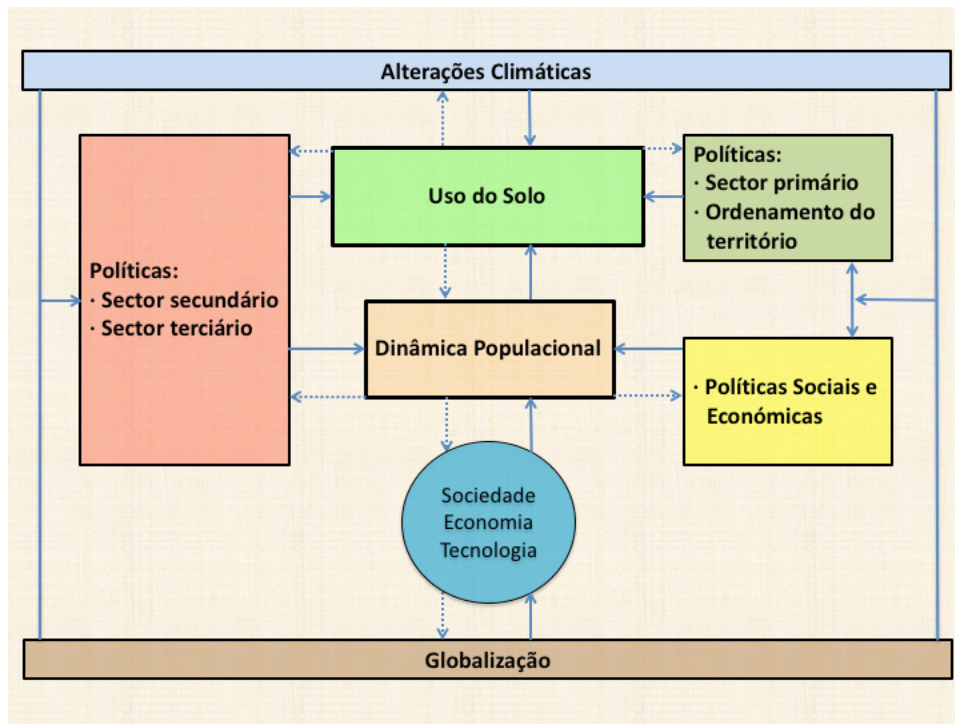


Figura 5 – Interações entre os cinco promotores de alterações: alterações climáticas, globalização, políticas públicas (agrupadas em três conjuntos), dinâmica populacional e uso do solo. O componente “sociedade, economia, tecnologia” funciona como variável auxiliar da globalização. Os fluxos a cheio representam os efeitos dos promotores até ao uso do solo e os fluxos a tracejado representam os efeitos de *feedback*.

única atividade possível de desenvolver a elevada altitude, sendo o garante da permanência de população em todos os níveis altitudinais no país. Adicionalmente, atendendo ao ordenamento cultural mais adequado, é nestas regiões que a produção animal deve ser incentivada, libertando pelo menos uma parte dos solos mais produtivos das regiões não montanhosas para a agricultura, destinados por sua vez a culturas agrícolas mais exigentes, que possam ser destinadas diretamente à alimentação humana reduzindo nesses solos a competição entre produção vegetal e produção animal. Deste modo, podemos afirmar que a manutenção de população residente com atividade na agricultura, pecuária e floresta, bem como nos restantes sectores da economia, é indispensável para o desenvolvimento sustentável destas regiões.

O uso do solo e, conseqüentemente, a paisagem e a biodiversidade associadas, é o resultado dos efeitos dos restantes promotores de alterações, sob efeito mais direto das políticas dirigidas para o setor primário e de ordenamento do território e da dinâmica populacional (Figura 5).

A dinâmica populacional e o uso do solo são os promotores cujos efeitos se manifestam atualmente de forma mais vincada e direta na montanha portuguesa. Björnsen *et al.* (2005) referiram que as alterações do uso do solo seriam, provavelmente, o agente mais importante nas alterações ecológicas nos ecossistemas de montanha, nomeadamente ao nível dos recursos hídricos. Price *et al.* (2012) referem que o abandono da agricultura provoca alterações na paisagem, com perda das suas principais características, levando ao empobrecimento do património local, da biodiversidade e dos ativos turísticos. Para além disso, a manutenção de usos do solo tradicionais é uma importante forma de preservar a diversidade de espécies e os ecossistemas mais sensíveis (Spehn, 2011).

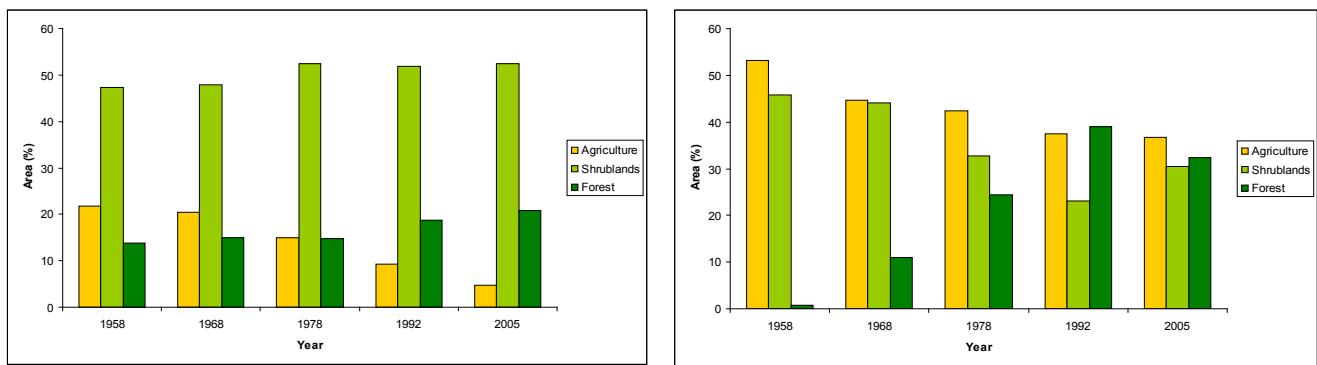


Figura 6 – Alterações nas principais classes de uso e ocupação do solo nas freguesias de montanha de França (esquerda) e Deilão (direita), concelho de Bragança, entre 1958 e 2005. Entre essas datas, a agricultura decresceu de 22% para 5% da área de França e de 53% para 37% da área de Deilão. Em Deilão a floresta passou de praticamente não existente a ocupar o equivalente a um terço da freguesia. Fonte: Azevedo *et al.* (2011a).

Em Portugal, principalmente no continente, a dinâmica populacional tem conduzido ao abandono das atividades de utilização e de gestão dos ecossistemas de montanha, naturais, seminaturais ou artificialmente instalados, com efeitos diretos e indiretos no uso do solo, na composição e na configuração da paisagem e, conseqüentemente, na diversidade biológica a diversas escalas (Figura 6). O abandono reduz a diversidade e a heterogeneidade da paisagem uma vez que os sistemas que dependem da atividade humana decrescem ou são eliminados e ainda porque sistemas como as florestas (naturais ou semi-naturais), plantações florestais e matos se expandem e tendem a dominar de forma absoluta a paisagem da montanha. As espécies de habitats geridos pelo homem e as espécies que usam habitats múltiplos são particularmente afetadas neste processo. Espécies de habitats particulares, como os lameiros, sofrem decréscimos acentuados ou são levadas localmente à extinção, afetando também outras espécies (pequenos e grandes herbívoros, lobo e outros predadores) com as quais possuem relações tróficas (Azevedo *et al.*, 2012). Porém, as conseqüências mais significativas do abandono sobre a biodiversidade, poderão ocorrer ao nível da diversidade genética das raças autóctones de bovinos, ovinos, caprinos, suínos e equinos e das variedades e cultivares regionais, as quais apresentam uma inevitável tendência para o desaparecimento quando diminui o seu uso (Azevedo *et al.*, 2016).

O abandono da montanha afeta, através das alterações do uso e ocupação do solo, também os regimes de perturbação, como por exemplo o do fogo, que por seu lado altera a paisagem e a sua dinâmica nas montanhas portuguesas (Figura 7) e, reciprocamente, as espécies que aí ocorrem (Azevedo *et al.*, 2011a).

A manutenção da diversidade genética (Castro, 2016), de espécies e de ecossistemas, depende fortemente de perturbações moderadas que, no caso das montanhas portuguesas, são sobretudo de origem antrópica e se manifestam através de práticas de gestão dos ecossistemas e das espécies como é o caso da agricultura, pastorícia e gestão florestal. A população humana encontra-se já ausente em grande parte dos territórios da montanha portuguesa e o processo de abandono é cada vez mais difícil de reverter.

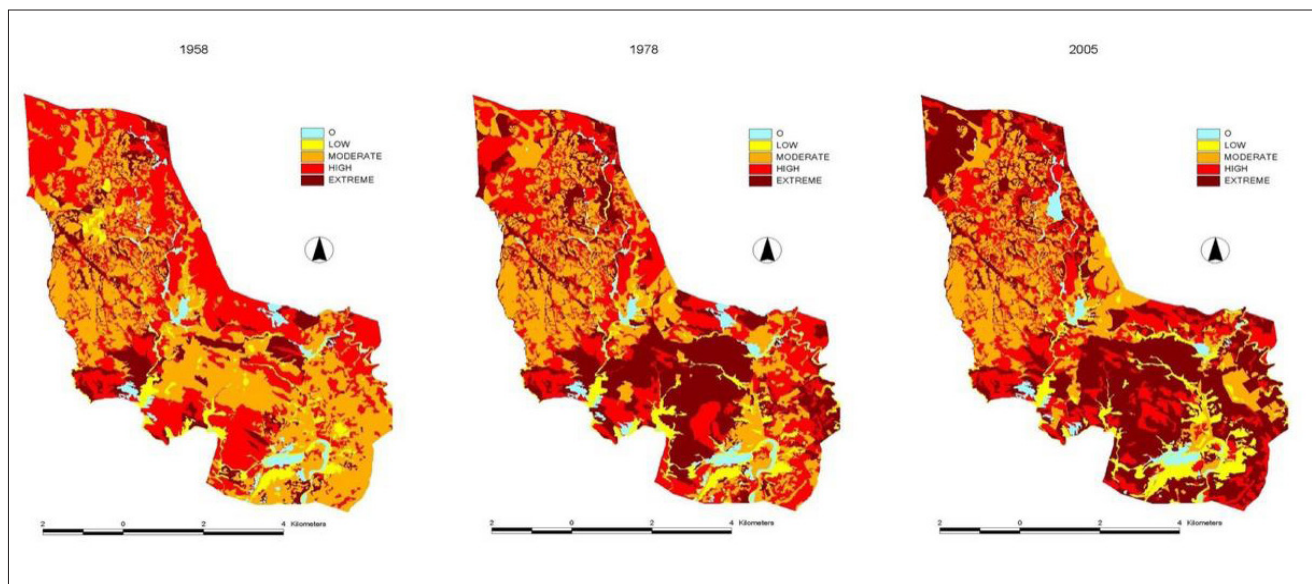


Figura 7 – Simulações em computador (FlamMap) da intensidade da frente do fogo (kW/m) na freguesia de França em 1958, 1978 e 2005, de acordo com a cartografia do uso e ocupação do solo para as mesmas datas e em condições meteorológicas extremas. A intensidade é representada de acordo com a seguinte classificação do perigo de incêndio: Baixo (Intensidade < 500 kW/m); Moderado (500-2000 kW/m); Alto (2000-10000 kW/m); e Extremo (> 10000 kW/m). Fonte: Azevedo *et al.* (2011b).

9.5 Desafios

Em Portugal, os principais desafios que se colocam ao desenvolvimento sustentável das regiões de montanha incluem a capacidade de colmatar as falhas do passado e de implementar novas medidas e ações através de políticas públicas fundamentadas no conhecimento mais atual.

Como vimos nos pontos anteriores, a definição de políticas públicas deve ser dirigida à criação ou à manutenção de condições de dinâmica populacional e de uso do solo (paisagem e biodiversidade) que garantam a gestão e a conservação dos ecossistemas e dos serviços que eles fornecem. Relativamente à dinâmica populacional, para além das políticas sociais e económicas que favoreçam o aumento da população através de incentivos à natalidade, da melhoria dos serviços públicos (saúde e educação) com vista à manutenção de condições de vida dignas, o êxodo rural e a conseqüente redução da população nestas regiões, só serão estancados e, eventualmente, revertidos se, adicionalmente, os rendimentos das populações residentes se aproximarem dos auferidos nos centros urbanos das regiões não montanhosas. Relativamente ao uso do solo, embora a diversificação cultural seja a chave para a criação ou manutenção de heterogeneidade na paisagem, preservação da biodiversidade, fornecimento de serviços de ecossistema e minimização de catástrofes ambientais, como os fogos florestais severos, só o adequado ordenamento do território pode contribuir para estes objetivos de sustentabilidade.

As políticas públicas devem, assim, contemplar medidas que contribuam para a melhoria dos rendimentos e do nível de vida da população, de forma a tornar estas regiões atrativas, sobretudo para os mais jovens (Euromontana, 2012), salvaguardando e valorizando os ecossistemas de montanha. A UNEP (2011) considera a economia verde como a chave para o desenvolvimento sustentável e para a melhoria da qualidade de vida do ser humano, dentro dos constrangimentos ambientais, onde se incluem o combate às alterações climáticas, à insegurança energética e à escassez ecológica de forma a garantir equidade social e intergeracional, bem como a erradicação

da pobreza. A inovação da economia verde reside na valorização e valoração do capital natural, em simultâneo com a sua preservação para as gerações futuras.

Ao longo deste capítulo ficou também clara a relativa ineficácia das políticas públicas setoriais e a sua não diferenciação relativamente ao território onde são aplicadas. Num país tão diversificado como Portugal, a aplicação de políticas públicas ou de planos de desenvolvimento, como programas operacionais, sem atender às especificidades do território, não podem dar os resultados pretendidos. Exemplo disso são as diferenças nos principais indicadores demográficos e económicos, entre outros, entre as RA e as regiões de montanha do continente.

A EEA (2010), ao identificar as políticas públicas aplicadas às regiões de montanha pelos diferentes países, está a reconhecer a importância da especificidade destes territórios. Portugal é um dos quatro países da UE com políticas exclusivamente setoriais. A Alemanha aplica políticas de desenvolvimento multisectorial com implementação a nível provincial. Já a França e a Itália seguem políticas globais de desenvolvimento, com consolidação setorial e produção de legislação específica e provisão de fundos financeiros específicos para as regiões de montanha. Pires *et al.* (2012) destacaram a importância da existência de programas/apoios específicos para estas regiões, para fomentar a transferência de tecnologia e de conhecimento, essenciais para atenuar as assimetrias regionais entre o interior e o litoral, bem como para melhorar a coesão territorial, indicando para o efeito o recurso a investimentos territoriais integrados (ITI) e a subprogramas temáticos, previstos para o Quadro Financeiro Plurianual subsequente.

Reforçando a importância de políticas públicas integradas para estes territórios, Price *et al.* (2012) referem que o desenvolvimento sustentável requer uma abordagem holística e a integração de políticas e de práticas, a que podemos acrescentar o exemplo da nova política regional Suíça (*New Regional Policy*), referida pelos mesmos autores como exemplo de cooperação e de estabelecimento de sinergias entre políticas regionais e setoriais.

Entretanto, tendo como ponto de partida o relatório da Comunidade Europeia “Livro Verde sobre a Coesão Territorial Europeia” (EU, 2008), foram debatidos e emitidos pareceres por vários organismos da UE sobre a “Visão Territorial 2050: Que futuro?”. No parecer do Comité das Regiões (EU, 2015) pode constatar-se a importância dada à dimensão territorial, a partir da abordagem de base local, “que tem como elementos essenciais a integração de setores numa determinada estratégia territorial e um diálogo territorial orientado para os resultados. Se aplicada com eficácia, a abordagem de base local permite valorizar e relançar a identidade e as especificidades territoriais como um ativo único”. O mesmo documento acrescenta ainda “que a abordagem de base local das políticas da UE produzirá os melhores resultados, uma vez que as políticas serão adaptadas às condições locais específicas e, como tal, darão resposta, de forma mais eficaz, aos desafios enfrentados pelas regiões e municípios, reduzindo, deste modo, as disparidades entre os seus níveis de desenvolvimento. [...] As políticas devem ser integradas, com um forte carácter transectorial, transregional e transfronteiriço, tendo em conta os efeitos indiretos sobre as outras regiões.”

Este parecer, juntamente com o relatório “*Making Europe Open and Polycentric*” (ESPON, 2014), garantem, sem dúvida alguma, a futura valorização do desenvolvimento sustentável com base nas regiões. As regiões de montanha, cumprem desde logo a identidade territorial e o carácter

transnacional, pelo que a aplicação da abordagem de base local à integração setorial, à definição/diferenciação de políticas públicas e à governança, é desde logo exequível.

O envolvimento das populações locais na definição de políticas para as zonas de montanha é considerado da máxima importância (Kohler *et al.*, 2014; Rudmann-Maurer *et al.*, 2014), nomeadamente ao nível do diálogo entre ciência e política (Messerli, 2012), implícito desde logo na abordagem de base local referida. Este é o principal desafio para o futuro da montanha portuguesa: criar condições para que as políticas públicas setoriais sejam integradas e diferenciadas para estas regiões, acompanhadas de fundos financeiros próprios alocados por intermédio de programas ou subprogramas operacionais regionais, inter-regionais ou outros, como a Euro-montana (2012) refere, mas envolvendo sempre as populações locais.

9.5.1 Desenvolvimento das regiões de montanha portuguesas

Apresentamos de seguida algumas ações, metodologias ou medidas passíveis de serem incluídas em políticas públicas para estes territórios, com vista ao seu desenvolvimento sustentável ancorado na economia verde, com o objetivo final de eliminar os impactos menos positivos para o uso do solo, estancar ou inverter a tendência demográfica dos últimos anos e aumentar o nível e a qualidade de vida das populações, tendo sempre presente processos como as alterações climáticas e a globalização.

- 1- A exploração dos recursos naturais deve permitir ressarcir de alguma forma as populações locais, seja pelo pagamento de derrama aos municípios, por políticas de preços diferenciados ao nível dos consumidores, ou pela alocação de financiamentos dirigidos ao desenvolvimento destes territórios, à semelhança do que acontece noutros países da Europa, como no caso da produção de energia nos Alpes (Price *et al.*, 2012), contribuindo em simultâneo para a equidade social (UNEP, 2011; Mayer, 2014).
- 2- O pagamento dos serviços de ecossistema fornecidos por estas regiões, em particular no caso dos bens comuns, é outro ponto-chave indispensável à justa compensação dos atores locais pela manutenção de ecossistemas funcionais e produtivos (Messerli, 2012; Kohler *et al.*, 2014; Rasul e Sharma, 2014). Os serviços de ecossistema resultam de um padrão de ocupação e uso do solo (interligação da agricultura, floresta, produção animal, ecossistemas naturais (terrestres e aquáticos), e núcleos urbanos), que conduz às paisagens características destas regiões, com uma elevada biodiversidade a preservar para as gerações futuras e capacidade de regular processos e riscos naturais, criando um ambiente favorável para o turismo (Price *et al.*, 2012; Debarbieux *et al.*, 2014).
- 3- O ordenamento do território é fundamental para assegurar a sustentabilidade e rentabilidade das áreas de montanha de forma a integrar as atividades económicas do setor primário (agricultura, floresta e produção animal) e os ecossistemas naturais, como recomendado em termos técnicos e científicos, eliminando os impactos menos positivos destas atividades.
- 4- A interligação destas atividades, além de diversificar as fontes de rendimento, torna os sistemas alimentares de montanha mais resilientes às alterações climáticas (Hofer *et al.*, 2014), contribuindo ainda para uma melhoria da estrutura fundiária, necessária sobretudo para a produção animal (herbívoros), através do alargamento de áreas de pastagem em áreas públicas e comunais atualmente ocupadas exclusivamente por matos e florestas, ou seja, a reintrodução dos sistemas agro-silvo-pastoris, como preconizado já em 1952/53 (Estêvão, 1983).
- 5- Incentivar e criar condições para adoção de sistemas de produção certificados internacional-

mente reconhecidos, como a agricultura biológica (AB), para além dos produtos tradicionais, DOP, IGP, ETG e outros sistemas como a produção integrada e as menções de qualidade como “Produto de Montanha”. Adicionalmente, nas regiões de montanha os sistemas de agricultura cumprem uma boa parte dos requisitos exigidos por uma agricultura eminentemente “verde” (Hofer *et al.*, 2014), nomeadamente baixos *inputs* externos (Rasul e Sharma, 2014), tornando mais fácil a conversão para AB. Além disso, a AB preconiza a utilização de variedades/populações e de raças locais melhor adaptadas ao clima extremo e à topografia das regiões montanhosas e, como tal, às alterações climáticas (Rudmann-Maurer *et al.*, 2014), para além de possuírem maior resistência a pragas e doenças. A AB contribui ainda para a obtenção de produtos certificados e de nicho, mais valorizados no mercado, o que é considerado um modo de produção fulcral para regiões de montanha como referido, por exemplo, para os Alpes (Price *et al.*, 2012).

- 6- Diversificar a agricultura pelo cultivo de plantas aromáticas e medicinais (Spehn *et al.*, 2010), contribuindo para evitar riscos de sobrexploração destes recursos e para aumentar a diversidade de fontes de rendimento dos agricultores, como nicho de mercado (Rasul e Sharma, 2014) ou como produtos destinados às indústrias alimentar, farmacêutica e cosmética, gradualmente mais dependentes dos compostos de origem orgânica (Barros *et al.*, 2016).
- 7- De forma a melhorar a qualidade de vida da população ligada ao setor agrícola e, simultaneamente, otimizar a produção e o rendimento obtido, bem como minimizar os efeitos ambientais menos positivos, devem ser previstos apoios para a adoção de agricultura “climaticamente inteligente” e, num futuro próximo, da agricultura 4.0. A agricultura climaticamente inteligente permite assegurar o desenvolvimento rural sustentável e a segurança alimentar num cenário de alterações climáticas, melhorando a resiliência das comunidades de montanha (Hofer *et al.*, 2014). Este conceito, introduzido pela FAO (2010), terá ganho o seu lugar na definição de políticas, na investigação e no pagamento de serviços de ecossistemas, por exemplo, das emissões de carbono. A agricultura “climaticamente inteligente” não é mais do que a adoção dos princípios de agroecologia (Gliessman, 2007; Nicholls *et al.*, 2016) e de economia verde (UNEP, 2011), aplicados à agricultura e operacionalizados de forma a mitigar os efeitos das alterações climáticas e a aumentar a resiliência dos sistemas de agricultura. A agricultura 4.0, consiste na utilização das novas tecnologias de informação e comunicação, associadas a informação geoespacial derivada de sensores terrestres ou plataformas aéreas (p. ex. satélite), referida como *smart digital ecosystems (SDEs)* na agricultura por Adam (2016). A informatização dos processos de produção, armazenamento, comércio e gestão permite a monitorização de todas as atividades em tempo real, otimizando processos, da produção à comercialização, e minimizando impactos. Esta nova era de agricultura aplicada à agricultura climaticamente inteligente, permitirá no futuro tornar o rendimento e qualidade de vida dos agricultores comparáveis a outras profissões, de forma sustentável.
- 8- Deve ser dada continuidade à aposta no turismo, de forma integrada e envolvendo as populações locais (Mayer, 2014) em conjunto com entidades governamentais e empresas privadas, promovendo a cooperação e a coordenação inter-regional e internacional (Debarbieux *et al.*, 2014) bem como a sua regulação (Maselli, 2014) para evitar a sobrexploração dos recursos. O turismo deve ser alargado, para além do lazer, ao turismo histórico, geológico, ecológico, desporto e de aventura, potenciando o turismo rural, urbano, cultural e gastronómico já implantados. Fomento da recuperação de aldeias abandonadas e de casas com arquitetura característica destas regiões.
- 9- O grau de cobertura e a velocidade de processamento dos sistemas de comunicação, à seme-

lhança do recomendado pela UE, deve ser reforçado, aumentando a sua capacidade para um fluxo de informação cada vez maior. As novas tecnologias de informação e de comunicação são essenciais para todos os setores da atividade económica e para o bem-estar das populações (Euromontana, 2012). Além de permitirem o trabalho à distância e o desempenho de mais do que uma atividade profissional, contribuem para aumentar o rendimento das populações locais e para uma demografia mais favorável (Price *et al.*, 2012).

- 10- Nos setores secundário e terciário, não diretamente baseados em sistemas ecológicos, o seu controlo, eficiência e impactos ambientais, além de regulamentados, podem ser geridos atendendo à inexistência de eventos incontrolláveis. Da mesma forma, o funcionamento das unidades industriais, comerciais e de serviços é relativamente independente do local onde se encontram instaladas. Atendendo à importância destes setores para o rendimento das regiões de montanha, devem ser criados incentivos para o seu desenvolvimento, com a fixação de unidades de produção e de serviços, de tecnologias limpas como nas áreas das TIC, energia e bioeconomia (Euromontana, 2012), entre outras, além das indústrias e serviços associados à cadeia alimentar, farmacêutica e cosmética. A produção de energia com origem em fontes renováveis (p. ex. sol, água, vento e biomassa) deve ser incrementada como forma de obter rendimentos acrescidos, mitigar os efeitos das alterações climáticas e aumentar a autossuficiência energética nestas regiões.
- 11- A capacidade de armazenamento de água deve ser aumentada para fazer face à maior irregularidade do futuro regime hídrico e à menor precipitação e, ao mesmo tempo, adaptar os atuais reservatórios para funções polivalentes (Weingartner, 2014) obrigando, em qualquer caso, a uma gestão integrada das bacias hidrográficas e, quando internacionais, equitativa entre países (Kohler *et al.*, 2014). Esta necessidade por uma maior capacidade de armazenamento justifica-se para a produção de energia, para aumentar as áreas de regadio destinadas à agricultura face às alterações climáticas, para o consumo nos setores secundário, terciário e doméstico ² e para regular os caudais nas linhas de água.
- 12- De forma a fazer face à perda de biodiversidade causada pelas alterações climáticas deve ser aumentada a superfície ou criadas novas Áreas Protegidas a maiores altitudes ainda não contempladas em sistemas de conservação nacionais ou internacionais, por forma a minimizar a potencial perda de espécies, funcionando como áreas de refúgio (Beniston, 2003; Spehn, 2011).
- 13- O desenvolvimento do mercado de carbono permitirá compensar as regiões, os produtores e os proprietários das zonas de montanha pelo seu papel no sequestro e armazenamento de carbono que asseguram, tanto nas plantas como no solo.

9.5.2 Desafios para a investigação e inovação

A investigação a desenvolver nas regiões de montanha deve ser baseada nos pontos seguintes, com incidência sobretudo nas áreas temáticas dos recursos naturais, agricultura *sensu lato* e ambiente e, adicionalmente, indústria alimentar, farmacêutica e cosmética, TIC, turismo, sociedade e economia. Outras áreas de investigação, não sendo específicas da montanha, não se incluirão nesta abordagem.

O conhecimento disponibilizado pela investigação é atualmente suficiente para suportar a imple-

- 2) As regiões de montanha são a origem da quase totalidade da água engarrafada comercializada no mundo, daí a importância em manter estas regiões sem riscos de poluição e, como tal, sujeitas a um uso do solo correto e adequado às potencialidades agroecológicas locais.

mentação de ações, metodologias e medidas atrás referidas, pelo que a investigação a desenvolver no futuro deverá ter como objetivo contribuir para a monitorização e otimização dos resultados e impactos que lhes estão associados. A investigação a desenvolver nestas regiões, dadas as interações entre áreas disciplinares diferentes que promove, desde as ciências biológicas, ambientais e agronómicas às ciências económicas e sociais, a que se acrescenta a participação de empresas, organizações, instituições e outros *stakeholders*, deve ser interdisciplinar e transdisciplinar (Becker e Bugman, 2001; Bjørnsen *et al.*, 2005; Price, 2007). A abordagem de investigação deve, assim, ser holística e aplicada ao nível do ecossistema, sistema de agricultura, paisagem ou sistema de montanha, de forma a lidar efetivamente com as alterações globais (Bjørnsen *et al.*, 2005). Esta abordagem (e escalas) de investigação não invalida nem substitui, de forma alguma, a investigação a outros níveis de complexidade aplicados em investigação multidisciplinar e disciplinar (Price, 2007).

Com exceção das políticas públicas dirigidas para o setor primário e para o ordenamento do território, cujos efeitos no uso do solo são imediatos, os restantes promotores de alterações, principalmente a globalização e as alterações climáticas, têm efeitos mais lentos nas alterações do uso do solo e nos restantes processos biológicos e ecológicos. Por outro lado, é de crucial importância a recolha de dados de forma continuada em séries temporais longas para avaliar os efeitos destes promotores de alterações. Daí que a monitorização do clima, dos recursos bióticos e abióticos, do uso do solo, da biodiversidade, dos sistemas socioeconómicos e outros, deve ser contínua e de longo prazo. Devido à sensibilidade das áreas de montanha às alterações globais, os seus ecossistemas são os mais indicados para estudos baseados em séries temporais longas (Bjørnsen *et al.*, 2005). Os principais desafios para a investigação de montanha em Portugal são os seguintes:

- 1- Tomando como ponto de partida a identificação e a caracterização dos maciços montanhosos na Europa e o seu carácter transnacional (EC, 2004; EEA, 2010), é prioritário que as instituições dedicadas à investigação se organizem em parcerias para o desenvolvimento de projetos e infraestruturas de investigação como, por exemplo, as redes de monitorização. Nesse sentido, deve ser estabelecida uma rede ibérica de instituições de investigação de montanha, que abarque os três maciços presentes em Portugal e Espanha, as Montanhas Ibéricas, as Ilhas Atlânticas e os Pirenéus. Esta rede poderá funcionar como o embrião da constituição de uma Convenção Ibérica, à semelhança da Convenção Alpina e da Convenção dos Cárpatos.
- 2- Estabelecimento de redes de monitorização ambiental e dos ecossistemas de montanha com carácter permanente, preferencialmente integrada em projetos ibéricos, que abarquem as regiões biogeográficas presentes na montanha portuguesa, Atlântica (Parque Nacional da Peneda-Gerês), Mediterrânica sob influência atlântica e continental (Parques Naturais de Montesinho e da Serra da Estrela), Mediterrânica (Serra Algarvia) e Macaronésia (RA dos Açores - Ilha do Pico e da Madeira). Esta monitorização deve incluir bacias hidrográficas que, para além de representativas, permitam a implementação de ações experimentais de ordenamento e de gestão territorial.
- 3- Desenvolvimento de metodologias de avaliação e valoração dos serviços de ecossistema fazendo uso da informação recolhida em bacias hidrográficas experimentais, sempre que adequada e justificável.
- 4- Avaliação dos impactos e da viabilidade da reintrodução dos sistemas agro-silvo-pastoris,

em comparação com o uso atual do solo (pousio de longa duração, matos e florestas), ao nível produtivo, ambiental, social e económico.

- 5- Desenvolvimento de projetos de investigação disciplinares a transdisciplinares, relativos ao modo de produção em agricultura biológica (AB), que abarquem desde as questões ligadas à fertilização, rega, controlo de pragas e doenças, seleção e melhoramento e preservação de variedades e de raças locais, ao cultivo de plantas aromáticas e medicinais e comercialização e transformação dos produtos.
- 6- Desenvolver investigação interdisciplinar a transdisciplinar ao nível da agricultura climaticamente inteligente e agricultura 4.0 de forma a articular novos conceitos e tecnologias de agricultura tendo por base a agroecologia, a economia verde, a agricultura biológica, as tecnologias de informação e comunicação, os sistemas de informação geográfica, a deteção remota e a eletrónica (sensores).
- 7- Avaliação dos impactos e potencialidade de atividades e roteiros turísticos, desenvolvimento de programas com enquadramento em ofertas turísticas inter-regionais e internacionais, monitorizados com vista à análise da sua viabilidade (Debarbieux *et al.*, 2014). Desenvolvimento de atividades de investigação conducentes à descoberta da história do território e das suas comunidades, incluindo a geologia, gestão de agroecossistemas e ecossistemas naturais e etnografia, entre outros, com vista à diversificação da oferta de atividades e de tipologias de turistas.
- 8- Desenvolvimento de investigação conducente à criação de novos produtos alimentares, à obtenção de compostos de origem orgânica destinados à indústria alimentar, à fitofarmacologia, à farmacêutica e à cosmética, bem como para outras utilizações.
- 9- Desenvolvimento de investigação com vista a otimizar a eficiência de produção de energia a partir de fontes renováveis, a gestão de recursos naturais e a implementação do mercado de carbono, bem como a sua valoração.

Referências bibliográficas

- Adam, U. (2016) - 'Farming 4.0' at the farm gates. Disponível em <https://www.euractiv.com/section/agriculturefood/opinion/farming-4-0-digital-technology-at-the-farmgates/>
- Aguiar, C.; Rodrigues, O.; Azevedo, J. e Domingos, T. (2010) - Montanha. Capítulo 9. In: Pereira H.M.; Domingos T.; Vicente L.; Proença V. (Eds.) - *Ecosistemas e Bem-Estar Humano. Avaliação para Portugal do Millenium Ecosystem Assessment*. Lisboa, Escolar Editora, p. 295-339.
- Ariza, C.; Maselli, D. e Kohler, T. (2013) - *Mountains: Our Life, Our Future. Progress and Perspectives on Sustainable Mountain Development from Rio 1992 to Rio 2012 and Beyond*. Bern, Swiss Agency for Development and Cooperation (SDC), Centre for Development and Environment (CDE), 90 p.
- Azevedo, J.C.; Castro, J.P.; Pinheiro, H.; Moreira, C.; Magalhães, S.; Loureiro, C. e Fernandes, P. (2011a) - Dinâmica e serviços da paisagem no Nordeste de Portugal. In: Neto, J.A.F.; Einloft, C.J. e Gonçalves, R.L. (Org.) - *Desenvolvimento Rural, Sustentabilidade e Ordenamento Territorial*. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, p. 158-174.
- Azevedo, J.C.; Moreira, C.; Castro, J.P. e Loureiro, C. (2011b) - Agriculture abandonment, land-use change and fire hazard in mountain landscapes in Northeastern Portugal. In: Li, C.; Laforteza, R. e Chen, J. (Eds.) - *Landscape Ecology in Forest Management and Conservation: Challenges and Solutions for Global Change*. 1st ed. Beijing, HEP-Springer, p. 329-351.
- Azevedo, J.C.; Vilas-Boas, M.; Arrobas, M.; Cadavez, V.A.P. e Pires, J.M. (2012) - Land Management and Biodiversity Conservation in Portuguese Mountains: Two Sides of the Same Coin. London, Planet Under Pressure Conference, P1.84.
- Azevedo, J.C.; Cadavez, V.; Arrobas, M. e Pires, J.M. (2016) - Sustentabilidade da montanha portuguesa: realidades. In: Azevedo, J.C.; Cadavez, V.; Arrobas, M. e Pires, J.M. (Eds.) - *Sustentabilidade da Montanha Portuguesa: Realidades e Desafios*. Bragança, IPB, p. 9-38.
- Barros, L.; Barreira, J.C.M.; Heleno, S.A.; Fernandes, A.; Dias, M.I.; Pinela, J.; Caleja, C.; Pereira, E.; Caroch, M. e Ferreira, I.C.F.R. (2016) - Valorização de produtos de montanha do ponto de vista nutricional e bioativo: estudos de caso em plantas, cogumelos e frutos secos. In: Azevedo, J.C.; Cadavez, V.; Arrobas, M. e Pires, J.M.(Eds.) - *Sustentabilidade da Montanha Portuguesa: Realidades e Desafios*. Bragança, IPB, p. 163-209.
- Becker, A. e Bugman, H. (Eds.) (2001) - *Global Change and Mountain Regions. The Mountain Research Initiative*. Stockholm, Royal Swedish Academy of Sciences, 88 p.
- Beniston, M. (2003) - Climatic change in mountain regions: a review of possible impacts. *Climatic Change*, vol. 59, p. 5-31.
- Bjørnsen, A.; Huber, U.; Reasoner, M.; Messerli, B. e Bugmann, H. (2005) - Synthesis: Future Research Directions. In: Huber, U.M.; Bugmann, H.K.M. e Reasoner, M.A. (Eds.) - *Global Change and Mountain Regions. An Overview of Current Knowledge*. Dordrecht, Springer, p. 637-650.
- Branco, J. (2015) - *Políticas Agrárias e Florestais em Portugal Continental: da Regeneração à Política Agrícola Comum, uma Abordagem Histórico-Geográfica*. Relatório de Estágio de Mestrado. Coimbra, Faculdade de Letras - Universidade de Coimbra, 139 p.
- Braun-Blanquet, J.; Pinto da Silva, A.R.; Roseira, 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*, vol. 14, p. 303-323.
- Braun-Blanquet, J.; Pinto da Silva, A.R. e Roseira, A. (1956). Résultats de deux excursions géo-

botaniques à travers le Portugal septentrional et moyen. II. Chênaies à feuilles caduques (Quercion occidentale) et chênaies à feuilles persistentes (Quercion faginae) au Portugal. *Agronomia Lusitana*, vol. 18, p. 167-235.

- Brönnimann, S.; Andrade, M. e Diaz, H.F. (2014) - Climate Change and Mountains. In: Kohler, T.; Wehrli, A. e Jurek, M. (Eds.) - *Mountains and climate change: A global concern*. Bern, Centre for Development and Environment (CDE), Swiss Agency for Development and Cooperation (SDC) and Geographica Bernensia, p. 8-13.
- Buchler, B.; Bradley, R.S.; Messerli, B. e Reasoner, M.A. (2004) - MRI Newsletter 3: Understanding climate change in mountains. *Mountain Research and Development*, vol. 24, p. 176-177.
- Castro, M. (2016) - Sistemas de produção animal em regiões de montanha em Portugal. In: Azevedo, J.C.; Cadavez, V.; Arrobas, M. e Pires, J.M.(Eds.) - *Sustentabilidade da Montanha Portuguesa: Realidades e Desafios*. Bragança, IPB, p. 127-147.
- Debarbieux, B.; Jurek, M.; Kohler, T.; Masell, D. e Varacca, M. (2014) - Moving from hopes and fears to sustainable realities. In: Debarbieux B.; Oiry Varacca, M.; Rudaz, G.; Maselli, D.; Kohler, T. e Jurek, M. (Eds.) - *Tourism in Mountain Regions: Hopes, Fears and Realities*. Geneva, UNIGE, CDE, SDC, p. 94-97.
- Collins, M.; Knutti, R.; Arblaster, J.M.; Dufresne, J.L.; Fichet, T.; Friedlingstein, P.; Gao, X.; Gutowski, W.J.; Johns, T.; Krinner, G.; Shongwe, M.; Tebaldi, C.; Weaver, A.J. e Wehner, M. (2013) - Long-term climate change: Projections, commitments and irreversibility. In: Stocker, T.F.; Qin, D.; Plattner, G.K.; Tignor, M.; Allen, S.K.; Boschung, J.; Nauels, A.; Xia, Y.; Bex, V. e Midgley, P.M. (Eds.) - *Climate change 2013: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, New York, Cambridge University Press, p. 1029-1136.
- Devy-Vareta, N. (2003) - O regime florestal em Portugal através do século XX (1903-2003). *Geografia*, vol. XIX, p. 447-455.
- Dee, D.P.; Uppala, S.M.; Simmons, A.J.; Berrisford, P.; Poli, P.; Kobayashi, S.; Andrae, U.; Balmaseda, M.A.; Balsamo, G.; Bauer, P.; Bechtold, P.; Beljaars, A.C.M.; van de Berg, L.; Bidlot, J.; Bormann, N.; Delsol, C.; Dragani, R.; Fuentes, M.; Geer, A.J.; Haimberger, L.; Healy, S.B.; Hersbach, H.; Hólm, E.V.; Isaksen, I.; Kållberg, P.; Köhler, M.; Matricardi, M.; McNally, A.P.; Monge-Sanz, B.M.; Morcrette, J.-J.; Park, B.-K.; Peubey, C.; de Rosnay, P.; Tavolato, C.; Thépaut, J.-N. e Vitart, F. (2011) - The ERA-Interim reanalysis: Configuration and performance of the data assimilation system. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, vol. 137, p. 553-597.
- Domingos, T.; Valada, T. e Martins, H. (2016) - Desenvolvimento sustentável e serviços de ecossistema na agricultura em Portugal: uma abordagem geral e o caso das pastagens semeadas biodiversas. In: Azevedo, J.C.; Cadavez, V.; Arrobas, M. e Pires, J.M. (Eds.) - *Sustentabilidade da Montanha Portuguesa: Realidades e Desafios*. Bragança, IPB p. 107-125.
- Drexler, C.; Braun, V.; Christie, D.; Claramunt, B.; Dax, T.; Jelen, I.; Kanka, R.; Katsoulakos, N.; Le Roux, G.; Price, M.; Scheurer, T. e Weingartner, R. (2016) - *Mountains for Europe's Future - A strategic research agenda*. Bern, Switzerland, and Innsbruck, Austria: Mountain Research Initiative (MRI) and Institut für Interdisziplinäre Gebirgsforschung (IGF), 41 p.
- EC (2004) - *Mountain areas in Europe: Analysis of mountain areas in EU Member States, acceding and other European countries*. Stockholm, Nordregio, 271 p.
- EEA (2010) - *Europe's ecological backbone: recognising the true value of our mountains*. Copenhagen, European Environment Agency, 248 p.

- ESPON (2014) - Making Europe Open and Polycentric. Vision and Scenarios for the European Territory towards 2050. Luxembourg, ESPON, 23 p.
- Estêvão, J. (1983). A florestação dos baldios. *Análise Social*, vol. XIX, p. 1157-1260.
- EU (2008) - Green Paper on Territorial Cohesion. Brussels, European Commission, 12 p.
- EU (2015) - Territorial Vision 2050: What future? Brussels, European Committee of the Regions, 11 p.
- Euromontana (2012) - Declaration of Chambéry. Improving the attractiveness of mountain areas for young generations. Chambéry, Euromontana, 5 p.
- Euromontana (2016) - Declaration of Bragança. Face the challenge of climate change: adaptation for future generations. Bragança, Euromontana, 6 p.
- FAO (2010) - Climate-Smart Agriculture. Policies, Practices and Financing for Food Security, Adaptation and Mitigation. Rome, FAO, 41 p.
- Fernandes, J. (2010) - O Impacto Económico das Instituições de Ensino Superior no Desenvolvimento Regional: o caso do Instituto Politécnico de Bragança. Tese de Doutoramento. Braga, Universidade do Minho, 308 p.
- Funnell, D.C. e Price, M.F. (2003) - Mountain geography: a review. *The Geographical Journal*, vol. 169, p. 183-190.
- Gliessman, S.R. (2007) - Agroecology. The ecology of sustainable food systems. Boca Raton, CRC Press, 384 p.
- Hansen, J.; Ruedy, R.; Sato, M. e Lo, K. (2010) - Global surface temperature change. *Reviews of Geophysics*, vol. 48, p. 1-29.
- Hofer, T. e Ceci, P. (2012) - Mountains, Climate Change and Food Security. In: Ceci, P.; Kohler, T. e Maselli, D. (Eds.). - Mountains and Climate Change - From Understanding to Action. Bern, Geographica Bernensia, p. 50-53.
- Hofer, T.; Manuelli, S. e Vita, A. (2014) - Mountains, Climate Change and Food Security. In: Kohler, T.; Wehrli, A. e Jurek, M. (Eds.) - Mountains and climate change: A global concern. Bern, Centre for Development and Environment (CDE), Swiss Agency for Development and Cooperation (SDC) and Geographica Bernensia, p. 92-97.
- ICIMOD (2011) - Green economy for sustainable mountain development. Opportunities and challenges in view of Rio + 20. Kathmandu, ICIMOD, 31 p.
- INE (2011) - Censos 2011 - Resultados Preliminares. Lisboa, INE. 372 p.
- INE (2012) - Censos 2011 Resultados Definitivos - Portugal. Lisboa, INE, 559 p.
- INE (2013) - Dados estatísticos. Disponível em <http://www.ine.pt>.
- INE (2015) - Dados estatísticos. Disponível em <http://www.ine.pt>.
- IPCC (2001) - Third Assessment Report. WMO/UNEP.
- Kapos, V.; Rhind, J.; Edwards, M.; Price, M.F. e Ravilious, C. (2000) - Developing a map of the world's mountain forests. In: Price, M.F. e Butt, N. (Eds.) - Forests in Sustainable Mountain Development: A State-of-Knowledge Report for 2000. Wallingford, CAB International, p. 4-9.
- Kohler, T.; Wehrli, A.; Jurek, M. e Alverson, K. (2014) - Mountains and climate change: A global concern. In: Kohler, T.; Wehrli, A. e Jurek, M. (Eds.) - Mountains and climate change: A global concern. Bern, Centre for Development and Environment (CDE), Swiss Agency for Development and Cooperation (SDC) and Geographica Bernensia, p. 123-127.
- Korner, C e Ohsawa, M. (2005) - Mountain systems. In: Hassan, R; Scholes, R. e Ash, N. (Eds.) - Ecosystems and Human Well-being: Current State and Trends, Volume 1. Washington, Island Press, p. 2-23.

- Korup, O. (2014) - Mountain Hazards and Climate Change. In: Kohler, T.; Wehrli, A. e Jurek, M. (Eds.) - Mountains and climate change: A global concern. Bern, Centre for Development and Environment (CDE), Swiss Agency for Development and Cooperation (SDC) and Geographica Bernensia, p. 62-67.
- Last, J. (2010) - Future Challenges to Health and Public Health Services in Canada. *Canadian Journal of Public Health*, vol. 101, p. 5-6.
- Maselli, D. (2014) - Policies and social Institutions for sustainable mountain tourism. Introduction. In: Debarbieux B.; Oiry Varacca, M.; Rudaz, G.; Maselli, D.; Kohler, T. e Jurek, M. (Eds.) - *Tourism in Mountain Regions: Hopes, Fears and Realities*. Geneva, UNIGE, CDE, SDC, p. 74-77.
- Mayer H. (2014) - Social equity and economic development. Introduction. In: Debarbieux B.; Oiry Varacca, M.; Rudaz, G.; Maselli, D.; Kohler, T. e Jurek, M. (Eds.) - *Tourism in Mountain Regions: Hopes, Fears and Realities*. Geneva, UNIGE, CDE, SDC, p. 34-37.
- Messerli, B. (2012) - Global change and the world's mountains. *Mountain Research and Development*, vol. 32, p. 55-63.
- Nicholls C.I.; Altieri M.A. e Vazquez L. (2016) - Agroecology: Principles for the Conversion and Redesign of Farming Systems. *Journal of Ecosystem & Ecography* vol. S5, p. 010.
- Noroozi, J.; Pauli, H.; Grabherr, G. e Breckle, S.-W. (2011) - The subnival–nival vascular plant species of Iran: a unique high-mountain flora and its threat from climate warming. *Biodiversity and Conservation*, vol. 20, p. 1319–1338.
- OCGSN (2011) - Global change in mountain sites. Assessment Report on Sierra Nevada Biosphere Reserve. Granada, Observatório Cambio Global Sierra Nevada, 21 p.
- Pires, J.M.; Vilas Boas, M.; Azevedo, J. C.; Rodrigues, M. e Cadavez, V. (2012) - Fórum CIMO 2012 - Ciência e Desenvolvimento, 20-21 de novembro. Relatório Final. Bragança, ESA, IPB, 6 p.
- Price, M.F. (1998) - Mountains: globally important ecosystems. *Unasylva*, vol. 49, p. 3-12.
- Price, M.F. (2007) - Integrated Approaches to Research and Management in Mountain Areas: An Introduction. In: Price, M.F. (Ed.) - *Mountain Area Research and Management: Integrated Approaches*. London, Earthscan, p. 1-23.
- Price, M.F.; Borowski, D.; Macleod, C.; Rudaz, G. e Debarbieux, B. (2012) - Sustainable mountain development in the Alps. From Rio 1992 to Rio 2012 and Beyond. Geneva, Swiss Federal Office for Spatial Development, 76 p.
- Rasul, G. e Sharma, E. (2014) - Mountain Economies, Sustainable Development and Climate Change. In: Kohler, T.; Wehrli, A. e Jurek, M. (Eds.) - *Mountains and climate change: A global concern*. Bern, Centre for Development and Environment (CDE), Swiss Agency for Development and Cooperation (SDC) and Geographica Bernensia, p. 110-117
- Rey, R. (2015) - New challenges and opportunities for mountain agri-food economy in South Eastern Europe. A scenario for efficient and sustainable use of mountain product, based on the family farm, in an innovative, adapted cooperative associative system - Horizon 2040. *Procedia Economics and Finance*, vol. 22, p. 723-732.
- Ribeiro, O. (1945) - Portugal, o Mediterrâneo e o Atlântico (estudo geográfico). Coimbra, Coimbra Editora, 245 p.
- Rolim, C. e Serra, M. (2009) - Ensino Superior e desenvolvimento regional: Avaliação do impacto económico de longo prazo. *Revista Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos*, vol. 3, p. 85-106.
- Rudmann-Maurer, K.; Spehn, E. e Körner, S.H. (2014) - Biodiversity in Mountains: Natural Heritage Under Threat. In: Kohler, T.; Wehrli, A. e Jurek, M. (Eds.) - *Mountains and climate*

- change: A global concern. Bern, Centre for Development and Environment (CDE), Swiss Agency for Development and Cooperation (SDC) and Geographica Bernensia, p. 78-81
- Shrestha, B. (2011) - Earth Observation – Taking the pulse of the Himalayas. Earth observation and climate change. ICIMOD periodical, vol. 60, p 2-5.
- Silveira, L. (1980) - A venda dos bens nacionais (1834-43): uma primeira abordagem. *Análise Social*, vol. XVI, p 87-110.
- Spehn, E. (2011) - Mountain biodiversity. Effects of climate change and how to manage them. ICIMOD periodical, vol. 60, p 40-43.
- Spehn, E.M.; Rudmann-Maurer, K.; Körner C. e Maselli D. (Eds.) (2010) - Mountain Biodiversity and Global Change. Basel, GMBA-DIVERSITAS, 59 p.
- Taborda, V. (1932) - Alto Trás-os-Montes (estudo geográfico). Coimbra, Universidade de Coimbra, 224 p.
- Teles, A.N. (1970) - Os lameiros de montanha do Norte de Portugal. Subsídios para a sua caracterização fitossociológica e química. *Agronomia Lusitana*, vol. XXXI, p. 5-130.
- UNEP (2011) - Towards a Green Economy: Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication. Nairobi, UNEP, 624 p.
- Weingartner, R. (2014) - Mountain Waters and Climate Change From a Socio-Economic Perspective. In: Kohler, T.; Wehrli, A. e Jurek, M. (Eds.) - Mountains and climate change: A global concern. Bern, Centre for Development and Environment (CDE), Swiss Agency for Development and Cooperation (SDC) and Geographica Bernensia, p. 26-31.
- WTO e UNEP (2008) - Climate Change and Tourism – Responding to Global Challenges. Madrid, WTO, UNEP, 256 p.

Autores

Ângela Fernandes

Centro de Investigação de Montanha (CIMO) e Escola Superior Agrária, Instituto Politécnico de Bragança, Campus de Santa Apolónia, 5300-253 Bragança; afeitor@ipb.pt

António C. Ribeiro

Centro de Investigação de Montanha (CIMO) e Escola Superior Agrária, Instituto Politécnico de Bragança, Campus de Santa Apolónia, 5300-253 Bragança; antrib@ipb.pt

Carlos Aguiar

Centro de Investigação de Montanha (CIMO) e Escola Superior Agrária, Instituto Politécnico de Bragança, Campus de Santa Apolónia, 5300-253 Bragança; cfaguiar@ipb.pt

Carlos Vila-Viçosa

CIBIO – Centro de Investigação em Biodiversidade e Recursos Genéticos / InBIO Laboratório Associado, Universidade do Porto, 4485-661 Vairão; cvv@cibio.up.pt

Cristina Caleja

Centro de Investigação de Montanha (CIMO) e Escola Superior Agrária, Instituto Politécnico de Bragança, Campus de Santa Apolónia, 5300-253 Bragança; ccaleja@ipb.pt

Dionísio A. Gonçalves

Centro de Investigação de Montanha (CIMO) e Escola Superior Agrária, Instituto Politécnico de Bragança, Campus de Santa Apolónia, 5300-253 Bragança; dionisio@ipb.pt

Eliana Pereira

Centro de Investigação de Montanha (CIMO) e Escola Superior Agrária, Instituto Politécnico de Bragança, Campus de Santa Apolónia, 5300-253 Bragança; eliana@ipb.pt

Helena Martins

IN+, Centro de Estudos em Inovação, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Av. Rovisco Pais, 1, 1049-001 Lisboa; helenamartins@ist.utl.pt

Isabel C. F. R. Ferreira

Centro de Investigação de Montanha (CIMO) e Escola Superior Agrária, Instituto Politécnico de Bragança, Campus de Santa Apolónia, 5300-253 Bragança; iferreira@ipb.pt

Jaime M. Pires

Centro de Investigação de Montanha (CIMO) e Escola Superior Agrária, Instituto Politécnico de Bragança, Campus de Santa Apolónia, 5300-253 Bragança; jaime@ipb.pt

João C. Azevedo

Centro de Investigação de Montanha (CIMO) e Escola Superior Agrária, Instituto Politécnico de Bragança, Campus de Santa Apolónia, 5300-253 Bragança; jazevedo@ipb.pt

João C. M. Barreira

Centro de Investigação de Montanha (CIMO) e Escola Superior Agrária, Instituto Politécnico de Bragança, Campus de Santa Apolónia, 5300-253 Bragança; jbarreira@ipb.pt

João Pedro Carvalho Nunes

Centro de Estudos do Ambiente e do Mar (CESAM), Universidade de Aveiro, Campus Universitário de Santiago, 3810-193 Aveiro; jpcn@ua.pt

José Pinela

Centro de Investigação de Montanha (CIMO) e Escola Superior Agrária, Instituto Politécnico de Bragança, Campus de Santa Apolónia, 5300-253 Bragança; jpinela@ipb.pt

José Santos-Silva

Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária, I. P., Polo da Fonte Boa, 2005-048 Vale de Santarém; jose.santossilva@iniav.pt

Lillian Barros

Centro de Investigação de Montanha (CIMO) e Escola Superior Agrária, Instituto Politécnico de Bragança, Campus de Santa Apolónia, 5300-253 Bragança; lillian@ipb.pt

Márcio Carochó

Centro de Investigação de Montanha (CIMO) e Escola Superior Agrária, Instituto Politécnico de Bragança, Campus de Santa Apolónia, 5300-253 Bragança; mcarochó@ipb.pt

Margarida Arrobas

Centro de Investigação de Montanha (CIMO) e Escola Superior Agrária, Instituto Politécnico de Bragança, Campus de Santa Apolónia, 5300-253 Bragança; marrobas@ipb.pt

Maria Inês Dias

Centro de Investigação de Montanha (CIMO) e Escola Superior Agrária, Instituto Politécnico de Bragança, Campus de Santa Apolónia, 5300-253 Bragança; maria.ines@ipb.pt

Marina Castro

Centro de Investigação de Montanha (CIMO) e Escola Superior Agrária, Instituto Politécnico de Bragança, Campus de Santa Apolónia, 5300-253 Bragança; marina.castro@ipb.pt

Rui José Branquinho Bessa

Centro de Investigação Interdisciplinar em Sanidade Animal (CIISA), Faculdade de Medicina Veterinária, Avenida da Universidade Técnica, Pólo Universitário do Alto da Ajuda, 1300-477 Lisboa; rjbbessa@fmv.ulisboa.pt

Sandrina A. Heleno

Centro de Investigação de Montanha (CIMO) e Escola Superior Agrária, Instituto Politécnico de Bragança, Campus de Santa Apolónia, 5300-253 Bragança; sheleno@ipb.pt

Solange Mendonça Leite

Departamento de Física, ECT, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Quinta dos Prados – 5000-801 Vila Real; solange@utad.pt

Susana Paula Alves

Centro de Investigação Interdisciplinar em Sanidade Animal (CIISA), Faculdade de Medicina Veterinária, Avenida da Universidade Técnica, Pólo Universitário do Alto da Ajuda, 1300-477 Lisboa; susanaalves@fmv.ulisboa.pt

Tatiana Valada

IN+, Centro de Estudos em Inovação, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Av. Rovisco Pais, 1, 1049-001 Lisboa; tatiana.valada@ist.utl.pt

Tiago Domingos

IN+, Centro de Estudos em Inovação, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Av. Rovisco Pais, 1, 1049-001 Lisboa; tdomingos@ist.utl.pt

Tomás de Figueiredo

Centro de Investigação de Montanha (CIMO) e Escola Superior Agrária, Instituto Politécnico de Bragança, Campus de Santa Apolónia, 5300-253 Bragança; tomasfig@ipb.pt

Vasco Cadavez

Centro de Investigação de Montanha (CIMO) e Escola Superior Agrária, Instituto Politécnico de Bragança, Campus de Santa Apolónia, 5300-253 Bragança; vcadavez@ipb.pt

