



AVALIAÇÃO E SISTEMATIZAÇÃO DE SUBPRODUTOS

Frutos Secos

Avaliação e sistematização de subprodutos

Frutos Secos: Uma aproximação quantitativa à disponibilidade de subprodutos

Edição

Centro Nacional de Competências dos Frutos Secos

Autores:

M. Ângelo Rodrigues

João C.M. Barreira

Isabel C.F.R. Ferreira

Albino Bento

Centro de Investigação de Montanha (CIMO), Instituto Politécnico de Bragança

Junho, 2020

Financiado pelo projeto **ValorMais: Criação de valor com os subprodutos agrícolas, agroalimentares e florestais** - PDR2020-20.2.4-032957

Ficha técnica

Título: Frutos Secos: Uma aproximação quantitativa à disponibilidade de subprodutos

Autores: M. Ângelo Rodrigues, João C.M. Barreira, Isabel C.F.R. Ferreira e Albino Bento

Capa: Centro Nacional de Competências dos Frutos Secos

ISBN: 978-989-99878-8-3

Índice

1. Introdução	6
2. Amendoeira	7
3. Castanheiro	15
4. Alfarrobeira	21
5. Nogueira	24
6. Avelleira	28
7. Pistaceira.....	31
8. Considerações finais	34
9. Referências	35

Índice de figuras

Figura 1: Principais estatísticas nacionais de produção de amêndoa com casca entre 2008 e 2017 (FAOSTAT, 2019).....	8
Figura 2: a) Área cultivada de amendoeira e b) número de árvores vendidas nas principais NUT II produtoras de amêndoa no período 2015-2017 (INE, 2015; 2016; 2017).	9
Figura 3: Produção de amêndoa com casca por NUT II em Portugal Continental no período 2015-2017 (INE, 2015; 2016; 2017).....	9
Figura 4: Principais estatísticas nacionais de produção de castanha entre 2008 e 2017 (FAOSTAT, 2019).	16
Figura 5: a) Área cultivada de castanheiro e b) número de árvores vendidas nas principais NUT II produtoras de castanha no período 2015-2017 (INE, 2015; 2016; 2017).	16
Figura 6: Produção de castanha por NUT II em Portugal Continental no período 2015-2017 (INE, 2015; 2016; 2017).....	17
Figura 7: Principais estatísticas nacionais de produção de alfarroba entre 2008 e 2017 (FAOSTAT, 2019).	21
Figura 8: Número de árvores vendidas nas duas principais regiões produtoras de alfarroba em Portugal continental no período 2015-2017 (INE, 2015; 2016; 2017).	22
Figura 9: Principais estatísticas nacionais de produção de noz entre 2008 e 2017 (FAOSTAT, 2019).	25
Figura 10: a) Área cultivada de nogueira e b) número de árvores vendidas nas principais NUT II produtoras de noz no período 2015-2017 (INE, 2015; 2016; 2017).....	25
Figura 11: Produção de noz por NUT II em Portugal Continental no período 2015-2017.	26
Figura 12: Principais estatísticas nacionais de produção de avelã com casca entre 2008 e 2017 (FAOSTAT, 2019).	29
Figura 13: Número de árvores vendidas nas principais NUT II produtoras de avelã no período 2015-2017 (INE, 2015; 2016; 2017).	29

1. Introdução

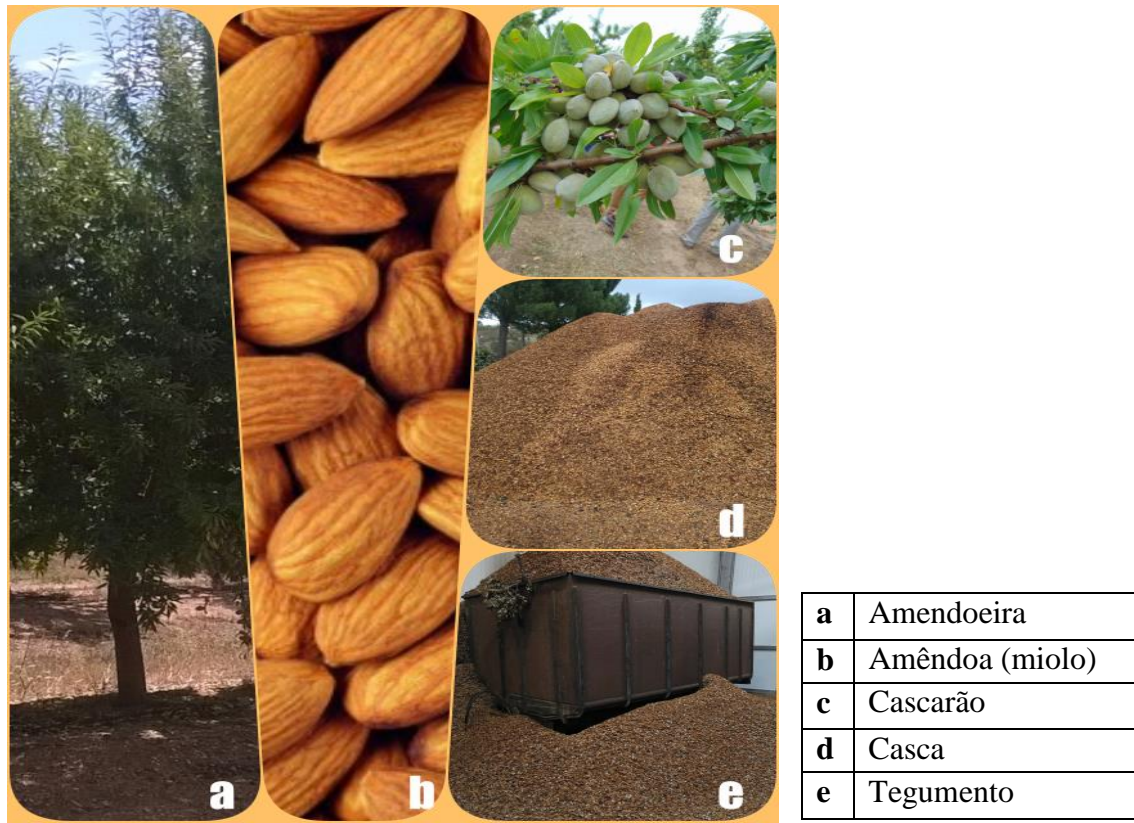
Diversas espécies produtoras de frutos secos têm importância económica em Portugal. Amendoeira [*Prunus dulcis* (Mill.) D. A. Webb], castanheiro (*Castanea sativa* Mill.), alfarrobeira (*Ceratonia siliqua* L.), noqueira (*Juglans regia* L.) e aveleira (*Corylus avellana* L.) são as mais importantes, podendo nos próximos anos vir a ter também alguma importância a pistaceira (*Pistacia vera* L.), uma vez que têm surgido diversas iniciativas de cultivo um pouco por todo o país.

Para além da importância económica, estas espécies são também relevantes a nível social. Ainda que individualmente se encontrem em áreas restritas do território nacional, em conjunto distribuem-se de norte a sul do país e em particular no interior, estando associadas a regiões de baixa densidade populacional. A sua importância social advém do facto de em algumas regiões se constituírem como o único produto vendável das explorações, como acontece com a castanha em diversas freguesias dos concelhos de Vinhais e Bragança. A situação do setor determina de forma direta o bem-estar das populações locais.

No presente, estas árvores fruteiras são valorizadas sobretudo pelas partes comestíveis dos frutos. Contudo, numa perspetiva de melhoria da rentabilidade dos produtores e demais agentes da fileira e da sustentabilidade dos sistemas de produção, seria importante encontrar novas valorizações para os subprodutos associados à colheita e transformação industrial. Folhas, cascas, as próprias lenhas de poda, e outros materiais podem ser matérias-primas importantes para diferentes áreas de negócio, em especial porque contêm um elevado número de compostos químicos com potencial aplicação em diferentes áreas (*e.g.*, alimentar ou farmacêutica).

Nas secções seguintes serão analisadas as principais espécies produtoras de frutos secos em Portugal, detalhando-se para cada caso os compostos de interesse em cada um dos seus subprodutos e a sua possível utilização em diferentes aplicações com potencial valorização económica.

2. Amendoeira



A amêndoa já foi um dos principais produtos de exportação do setor agrícola em Portugal. Contudo, a presença crescente no mercado mundial da amêndoa produzida na Califórnia (a preços muito baixos) e o despovoamento do meio rural, sobretudo a partir de 1970, levou ao progressivo abandono da cultura da amendoeira em Portugal e à redução da produção nacional.

Nos últimos anos, contudo, tem havido um renovado interesse na cultura. O aumento do consumo de amêndoa a nível mundial tem criado condições para que os preços se mantenham um pouco mais atrativos que em anos anteriores o que, associado à falência generalizada do setor arvense de sequeiro do interior do país, tem estimulado o aparecimento de novas plantações de amendoal.

As estatísticas recentes das áreas cultivadas de amendoal, da produtividade e da produção nacional de amêndoa (Figura 1) mostram um setor em que as áreas plantadas têm aumentado de forma gradual, embora a produção nacional ainda reflita mal esse aumento, provavelmente devido ao facto da maior parte dos amendoais ainda não ter entrado em plena produção, o que se verifica em grande parte das novas áreas instaladas.

No entanto, é expectável que a tendência de aumento da produção verificada no período 2016-2017 se mantenha para a próxima década.

De qualquer forma, nota-se um pico na produtividade, e por consequência na produção nacional, perspetivando-se que já a partir de 2017 se tenha começado a refletir o investimento feito nesta cultura.

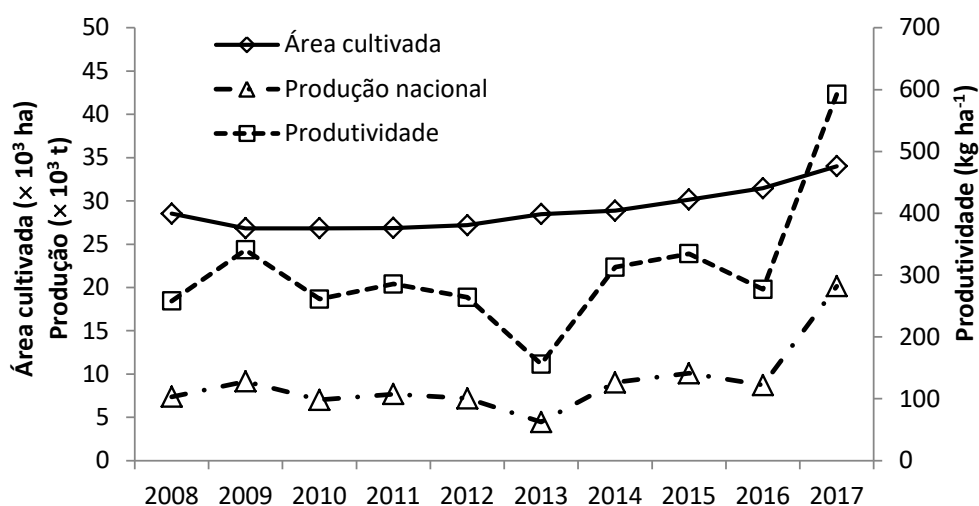


Figura 1: Principais estatísticas nacionais de produção de amêndoa com casca entre 2008 e 2017 (FAOSTAT, 2019).

A região Norte apresenta a maior área cultivada de amendoal em Portugal, situando-se próxima de 20 000 ha (Figura 2a). O Alentejo, por sua vez, mostra-se como a região onde a área plantada mais tem crescido (Figura 2a). Trás-os-Montes registou o maior dinamismo no comércio de árvores para plantação, tendo vindo a ser vendidas mais de 60 000 árvores por ano (Figura 2b). Com boa dinâmica parece encontrar-se também a região Centro, onde o número de árvores vendidas se aproximou de 35 000 nos anos de 2016 e 2017. Já a situação do Alentejo, onde a área de amendoal tem aumentado muito nos últimos anos, sobretudo na forma de plantações em alta densidade, parece não estar refletida nestes dados, talvez porque a maioria das plantações seja efetuada por empresas estrangeiras e/ou com plantas compradas diretamente a viveiristas espanhóis. De acordo com dados da EDIA - Empresa de Desenvolvimento e Infraestruturas do Alqueva, S.A., no ano de 2018 foram inscritos para rega 7 462 ha de amendoal, sendo que a área total de amendoal no Alentejo se cifra em cerca de 7 750 ha.

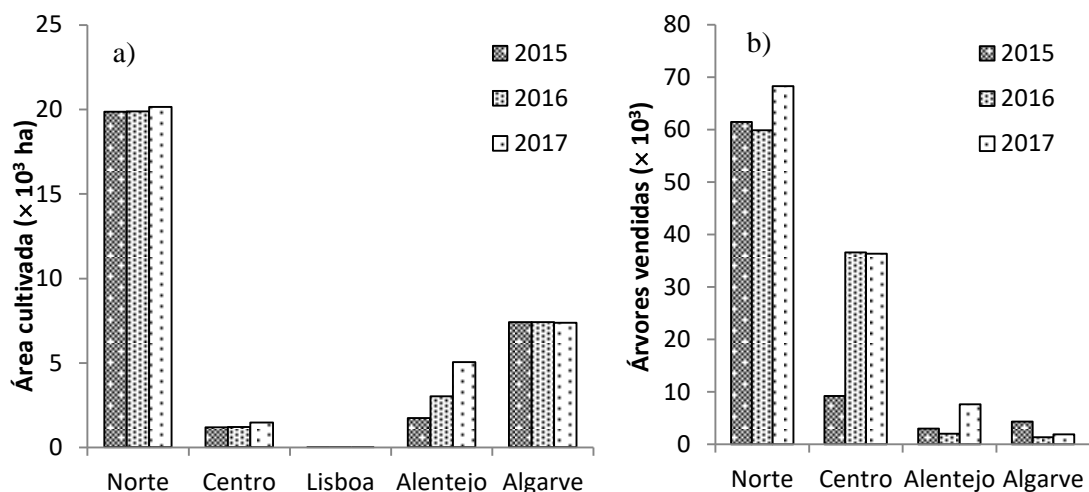


Figura 2: a) Área cultivada de amendoeira e b) número de árvores vendidas nas principais NUT II produtoras de amêndoa no período 2015-2017 (INE, 2015; 2016; 2017).

A produção de amêndoa por NUT II reflete as áreas plantadas, sendo, como já indicado anteriormente, no Norte que se encontram os valores mais elevados. É também de destacar o aumento de produção de 2017 em comparação com o ano anterior. Ainda que a amendoeira seja uma espécie de marcada alternância, sobretudo quando cultivada em sequeiro, é provável que o aumento de produção registado em 2017 seja também o reflexo de novos pomares em crescimento a aumentarem a sua produtividade. Os baixos valores de 2016 podem estar associados a chuvas persistentes que se registaram na floração e a alguns problemas fitossanitários associados. Ainda que em escala menor, o incremento de produção em 2017 verificou-se também nas restantes regiões produtoras.

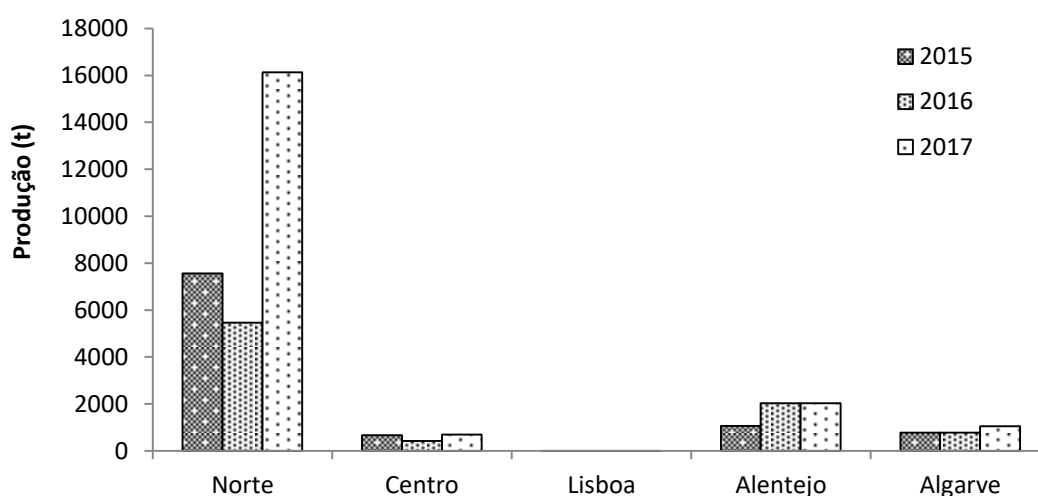


Figura 3: Produção de amêndoa com casca por NUT II em Portugal Continental no período 2015-2017 (INE, 2015; 2016; 2017).

Associado à colheita e pós-colheita da amêndoa são concentrados dois produtos principais: a amêndoa propriamente dita (parte comestível); e o endocarpo (casca rija), que resulta do processo de britagem. O mesocarpo (casca rija) e as folhas, outros subprodutos com potencial de valorização comercial, tendem a não chegar a armazém na medida em que as máquinas de colheita atuais fazem essa separação no campo. Os produtores com menores áreas de cultivo também retiram o casca rija, enviando apenas a amêndoa com casca para comercialização. A lenha de poda tem também valor comercial, existindo ainda a possibilidade da goma de amêndoa ser explorada comercialmente.

O rendimento da amêndoa (percentagem de peso do endocarpo que corresponde à parte edível) pode variar entre 18 a 32%, dependendo da variedade e das técnicas culturais, tendo um valor médio próximo de 25%, sendo o restante representado pela casca lenhificada que envolve a parte edível (endosperma, embrião e tegumento). Tomando por referência a produção nacional de amêndoa com casca de 2017 ($\approx 20\,000$ t), e admitindo que cerca de 60% (12 000 t) seja britada (a restante será comercializada/exportada com casca), pode admitir-se que se gerem cerca de 9 000 t (75%) de casca após britagem. Estimando que as áreas plantadas continuem a aumentar, e sobretudo que a produtividade unitária média nacional possa subir bastante, é de admitir que este valor possa duplicar nos próximos 10 anos. Tradicionalmente este material é queimado para produção de energia ou lançado para o ambiente de forma não controlada (Urrestarazu et al., 2005). De facto, ainda não foram desenvolvidos processos de aproveitamento industrial competitivos para este abundante subproduto, pelo que são de equacionar outros usos que o valorizem, como a área da cosmética e alimentar (Ramalhosa et al., 2017). Esta casca dura da amêndoa contém, por exemplo, níveis elevados de xilano, o que faz com que este material possa ser aproveitado para a produção de xilose, furfural, ou para o fracionamento em celulose, pentosano e lenhina (Esfahlan et al., 2010). A gestão deste subproduto tende a estar facilitada uma vez que apesar de a produção estar dispersa, grande parte da amêndoa produzida em Portugal é processada num reduzido número de unidades agroindustriais, cooperativas e organizações de produtores. Amendouro, S.A., Mateos, S.A. e Migdalo, S.A. Pabi, S.A., são as mais representativas, atualmente.

Outro subproduto que pode ter interesse é o tegumento que envolve diretamente a parte comestível da amêndoa. Em Portugal serão processadas cerca de 3 000 t de amêndoa em grão. Parte desta amêndoa ($\sim 60\%$) é pelada, uma vez que existem aplicações

alimentares (por exemplo massapão) que requerem a incorporação da amêndoa pelada (Frison-Norrie e Sporns, 2002).

A remoção desta película (tegumento) é normalmente feita em duas etapas: branqueamento com água quente e subsequente descasque mecânico. Tendo em conta que a película representa 6-8% da massa do endosperma (Garrido et al., 2008), serão geradas entre 108 e 144 toneladas deste subproduto. Admitindo que a produção de amêndoa duplicará nos próximos anos e que o processamento evolui ao mesmo ritmo, podem, num futuro próximo, ser geradas mais de 280 toneladas deste material. Atualmente, estas películas não têm grande aproveitamento, sendo quase inteiramente destinadas à alimentação animal ou utilizadas como combustível em instalações industriais (Harrison e Were, 2007). No entanto, contêm, tal como a água que remanesce do processo de branqueamento, elevados teores de compostos fenólicos (maioritariamente flavonoides, taninos condensados, taninos hidrolisáveis e ácidos fenólicos) e uma considerável atividade antioxidante (Bolling, 2017; Garrido et al., 2008; Mandalari et al., 2010), com particular interesse a nível da proteção contra a oxidação do colesterol LDL (Amarowicz, 2016; Chen, et al., 2007).

Para além dos compostos fenólicos, os tegumentos de amêndoa foram também descritos como tendo outros compostos que podem acrescentar valor ao seu aproveitamento industrial. Entre esses compostos merecem destaque os triterpenoides (ácido betulínico, ácido oleanólico e ácido ursólico) (Takeoka et al., 2000), anteriormente descritos como tendo atividade anti-inflamatória (Singh et al., 1994), anti-VIH (Kashiwada et al., 1998) e antitumoral (Pisha et al., 1995).

Uma forma de aumentar o valor dos subprodutos da amendoeira (e também reduzir as preocupações ambientais associadas) seria assim a extração destes compostos bioativos para a sua posterior utilização como ingredientes de formulações alimentares ou farmacêuticas. Por outro lado, pode também considerar-se a incorporação direta dos tegumentos de amêndoa, evitando os custos de extração, particularmente em produtos à base de cereais (apesar de os processos fermentativos poderem eventualmente causar algumas alterações a nível dos compostos fenólicos) (Mandalari et al., 2010).

O mesocarpo (casarão) tende, como foi já indicado, a chegar cada vez em menor quantidade a armazém, uma vez que as máquinas atuais de colheita fazem a separação no campo (vibradores com descascador) ou descascadores independentes usados no campo ou em armazém. À medida que se mecaniza a colheita, a quantidade de casarão que se recolhe reduz-se. Contudo, podemos admitir que o mesocarpo representa 10% da massa

seca da amêndoa com casca. Assim, a totalidade deste material em pomar seria de 2 000 t. O material que atualmente chega ao armazém dos produtores tende a ser usado na alimentação animal ou como fertilizante orgânico. De qualquer forma, o mesocarpo é rico em nutrientes e uma fonte de matéria orgânica para o solo. Estes materiais podem ter um papel no sequestro de carbono no solo e na ciclagem de nutrientes. O seu papel é ainda mais relevante no contexto das alterações climáticas em que a melhoria das propriedades físicas e biológicas dos solos são o principal instrumento para a mitigação dos seus efeitos. Esta aproximação realista ao problema não invalida que este subproduto possa ter um destino alternativo na indústria farmacêutica ou outra que o valorize.

O mesocarpo da amêndoa vai-se tornando seco, duro e adstringente, refletindo o facto de apresentar uma grande concentração de flavonoides quando comparado com as partes homólogas de outros frutos. Pensa-se que estes níveis pouco usuais possam resultar do intenso calor, radiação ultravioleta, e ataques de insetos a que a amêndoa é sujeita, uma vez que os flavonoides representam uma proteção contra todos estes fatores de stresse. O extenso período de maturação, bem como a persistente estabilidade durante o período de senescência do fruto, também contribuem para a biossíntese de lignanas no mesocarpo, comparado com a quase ausência destes compostos noutros frutos. O mesocarpo em senescência, após a colheita da amêndoa, mantém-se estável durante muito tempo, sem variação nos seus teores de açúcares, flavonoides e lignanas, talvez também devido aos baixos teores de humidade 8-20%. Além destes componentes, o mesocarpo também contém fibra (celulose, hemicelulose) pectina, taninos complexos e minerais. Assim, este componente botânico pode ser considerado como fonte de alimento, ingredientes alimentares ou farmacêuticos (Esfahlan et al., 2010; Takeoka e Dao, 2003). No mesocarpo de amêndoa é ainda de relevar a presença de triterpenoides (Takeoka et al., 2000), lactonas (Sang et al., 2002) e esteróis (Esfahlan et al., 2010).

Contudo, deve ter-se também em conta que a reciclagem em campo, como matéria orgânica, já corresponde a uma boa valorização desses materiais orgânicos.

As folhas de amendoeira são hoje vistas como matérias-primas para a indústria alimentar ou nutracêutica (Ramalhosa et al., 2017). Sempre que se equacione uma valorização para as folhas deve esclarecer-se se se trata de folhas jovens ou de folhas senescentes de outono. A composição química das folhas varia enormemente com a sua idade. No caso da amendoeira, uma árvore de folha caduca, no momento da colheita as folhas encontram-se ainda verdes e com potencial fotossintético. No processo de colheita por vibração caem algumas folhas, que normalmente são separadas em campo e

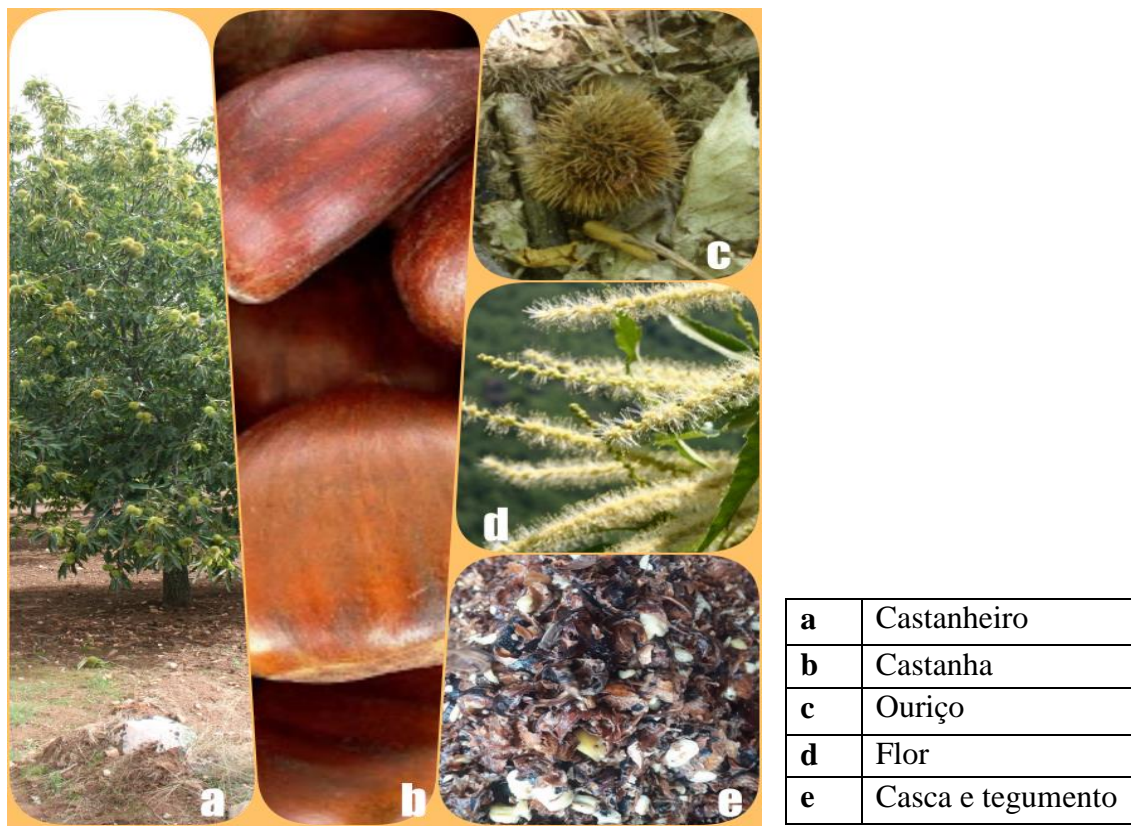
permanecem no solo, onde, tal como acontece com o cascarão, os seus nutrientes são reciclados. De qualquer forma, a colheita de folhas verdes em extensão apreciável é de evitar uma vez que enquanto verdes, mesmo após a colheita, mantêm capacidade fotossintética e são importantíssimas ao repor fotoassimilados determinantes para a estação de crescimento seguinte. As folhas são importantes até à senescência completa. Quando chega o outono, grande parte dos nutrientes contidos nas folhas são mobilizados de novo para a parte perene das árvores e usados na formação das flores e na retoma do crescimento no ano seguinte (não esquecer que a amendoeira faz a floração antes de ter capacidade fotossintética, isto é, suportada em fotoassimilados armazenados no ano anterior). As folhas secas que caem no outono são ainda ricas em alguns nutrientes menos móveis, que não regressam à árvore, como cálcio e boro, podendo estes ser reciclados no solo e absorvidos no ano seguinte. Uma vez mais, esta observação não invalida que as folhas que caem na colheita possam ser usadas para um fim na indústria farmacêutica ou outra que as valorize e justifique a separação e o armazenamento. É tudo dependente da relação custo/benefício.

A lenha de poda deve ser valorizada. No Norte, onde o setor se encontra distribuído em pequenas explorações, o aquecimento das casas é feito com lenha. Esta lenha é obtida das podas das árvores de fruto (oliveira, amendoeira, vinha, ...) ou em alternativa do abate de árvores como carrascos, carvalhos e outras. Nesta região, a queima para aquecimento das habitações é uma valorização importante, uma vez que as famílias necessitam de armazenar lenha suficiente para o inverno. Em alternativa o aquecimento das habitações teria de ser feito com um combustível fóssil de maior impacto no aquecimento global. As partes mais finas das lenhas de poda são destroçadas e permanecem na superfície do solo como *mulch* (onde podem exercer papel importante na prevenção da erosão e no sequestro de carbono no solo, isto desde que não esteja identificado um problema sanitário que recomende a sua remoção ou queima) ou são queimadas no campo. A lenha de poda pode, contudo, ter usos alternativos à queima doméstica, desde queima em caldeiras industriais, fabrico de biochar (pirólise), peletes, estilha (para queima ou para *mulch* agrícola), etc. Deve acrescentar-se que o amendoal tradicional tem recebido uma técnica cultural negligenciada, que se reflete nas baixíssimas produtividades que as estatísticas mostram. É expectável que quem está atualmente a investir no amendoal venha dedicar maior atenção à cultura, sendo a poda uma das práticas culturais que urge alterar. No futuro, será recomendável que se proceda a podas anuais ligeiras, após a poda de formação que estabelece as pernas principais (Bento et al., 2017). Isto significa que a lenha de poda

será sobretudo composta por ramos finas, provavelmente de menor valor comercial. Um amendoal em plena produção em regime de poda anual, não deverá gerar mais de 1 000 kg matéria seca por ha. Isto significa que no Norte poderiam ser geradas até 20 000 t de matéria seca. Atendendo, ao contexto de minifúndio e agricultura familiar em que a cultura da amendoeira se insere, parte da lenha será usada para fins domésticos. Sendo assim, parece ser um recurso quantitativamente limitado e disperso por uma grande área territorial. No Alentejo, em que o setor se caracteriza por um reduzido número de produtores que gerem grandes áreas, o recurso encontra-se mais concentrado, mas no total da região não ultrapassará as 5 000 t, devido à menor área cultivada. A queima doméstica, a destruição no campo como *mulch* e eventualmente o fabrico de biochar através de plataformas móveis poderão ser possibilidades realistas de uso deste recurso.

A goma de amêndoa tem também sido referida como tendo potencial uso como agente de revestimento de batata para fritar para reduzir a absorção de óleo (Ramalhosa et al., 2017). Esta goma, contudo, não é desejável que apareça no amendoal, uma vez que está associado a problemas sanitários e/ou práticas culturais desadequadas que devem ser combatidos pelo produtor.

3. Castanheiro



O setor do castanheiro encontra-se numa situação de grande ambiguidade. Se por um lado os produtores têm sentido um forte estímulo a apostar na cultura, devido aos preços favoráveis que a castanha vem mantendo, por outro tende a surgir algum desânimo pelas doenças e pragas que enfermam a cultura. De qualquer forma, a castanha continua a ser a principal fonte de receita dos agricultores de diversas freguesias do Norte e Centro do país.

As estatísticas recentes mostram um ligeiro acréscimo da área cultivada no território nacional (Figura 4). Embora com oscilações, parece haver também uma tendência para acréscimo de produtividade e consequentemente da produção total nacional. Atualmente, a maior parte dos produtores dedica bastante atenção aos seus soutos, implementando uma técnica cultural mais cuidada, apesar das dificuldades em controlar as principais doenças e pragas. Estas produtividades aparentemente baixas ($< 800 \text{ kg ha}^{-1}$; em 1980 atingiam 1400 kg ha^{-1}) (Henriques e Borges, 2017), podem dever-se ao facto de haver áreas significativas de pomares jovens que ainda não se encontram em plena produção e ao reduzido número de árvores por hectare devido à morte continuada de árvores.

Contudo, é expectável que as áreas cultivadas continuem a aumentar, bem como a produtividade e a produção total nacional.

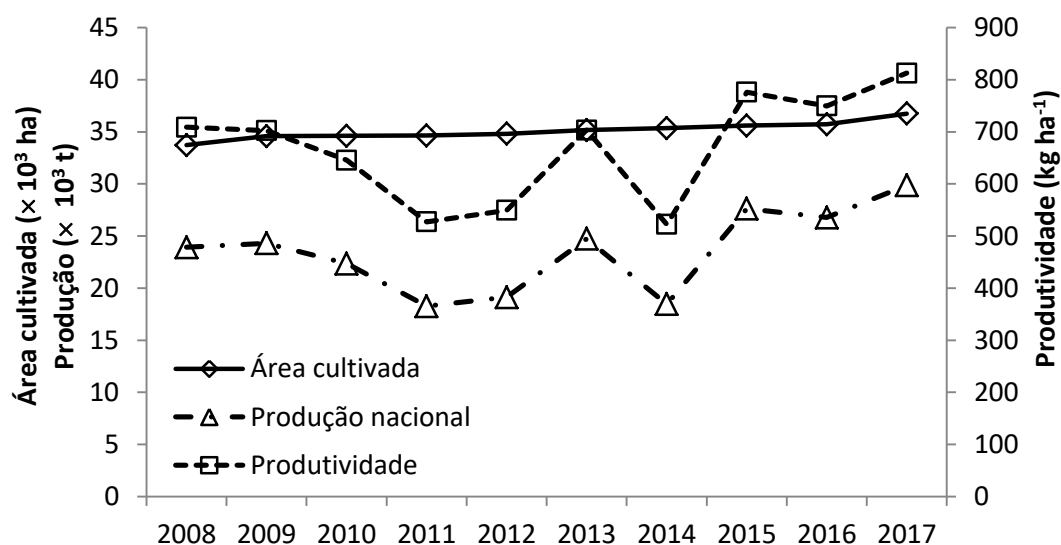


Figura 4: Principais estatísticas nacionais de produção de castanha entre 2008 e 2017 (FAOSTAT, 2019).

Por NUT II, o Norte concentra grande parte da área cultivada do território continental (Figura 5b), sendo também a região que mantém maior dinamismo em torno da cultura, a julgar pelo número de árvores vendidas (Figura 5b). A região Centro, em torno da DOP ‘Soutos da Lapa’ é também uma região a considerar.

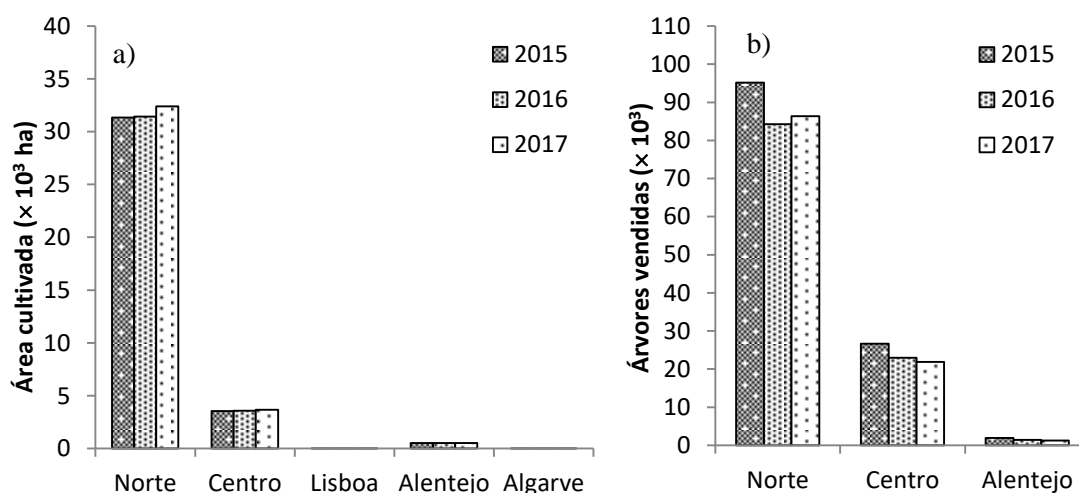


Figura 5: a) Área cultivada de castanheiro e b) número de árvores vendidas nas principais NUT II produtoras de castanha no período 2015-2017 (INE, 2015; 2016; 2017).

A produção de castanha também está fortemente concentrada na região Norte (Figura 6). A produção de 2017 registou um ligeiro acréscimo relativamente aos anos anteriores, justificável eventualmente por melhores condições ambientais ou pelo facto já referido do elevado número de sotos jovens que tendem a ser mais produtivos à medida que as árvores se desenvolvem.

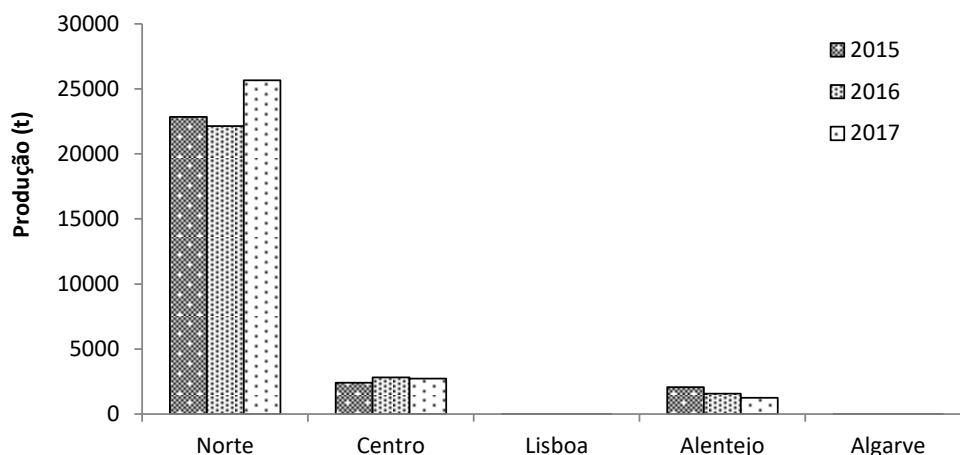


Figura 6: Produção de castanha por NUT II em Portugal Continental no período 2015-2017 (INE, 2015; 2016; 2017).

Tradicionalmente a castanha é consumida pelo miolo, embora quando dada aos animais estes consumam também a casca externa (pericarpo) e a película interna (tegumento). Atualmente, a elevada valorização da castanha e a redução do número de animais nas explorações, em particular suínos, fazem com que a castanha (miolo) seja usada exclusivamente na alimentação humana. Contudo, nesta espécie, também casca externa, película interna, ouriços, flor masculina (amentilhos), folhas e lenha de poda têm potencial de utilização diverso.

As principais formas de comercialização da castanha são em fresco ou descascada e congelada. Quando a castanha é comercializada em fresco, a casca não é recuperável, uma vez que é consumida em assadores de rua ou em ambiente doméstico. Em Portugal a quantidade de castanha processada (descascada), posteriormente congelada ou que sofre segunda transformação, representa cerca de 50 % da produção total, ou seja, cerca de 15 000 t. O material resultante do descasque (18 a 19 % da massa total) representará menos de 3 000 t, sendo habitualmente utilizado para queima nas unidades agroindustriais que o produzem ou para preparar um composto para uso agrícola. Contudo, estes materiais têm muitas outras utilizações potenciais. Apesar da produção de castanha estar dispersa, este subproduto surge concentrado nas quatro ou cinco unidades agroindustriais existentes no

país (Alcino Nunes, Agroaguiar, Biosonega, Monsurgel e Sortegel) pelo que não exige custos adicionais de colheita e transporte.

Os principais componentes da casca de castanha são a lenhina Klason ($\approx 40\%$) e os hidratos de carbono ($\approx 40\%$). Entre os hidratos de carbono, a celulose é o predominante ($\approx 28\%$), sendo também detetadas quantidades significativas de xilana ($\approx 8\%$) (Morana et al., 2017). A casca de castanha foi também descrita como contendo teores significativos de taninos e elagitaninos (por exemplo, castalagina, vescalagina, acutissimina A e acutissimina B) e ácidos fenólicos (por exemplo, ácido gálico e ácido elágico). De notar que os rendimentos de extração destes compostos antioxidantes são favorecidos por temperaturas elevadas ($\geq 90\text{ }^{\circ}\text{C}$) (Barreira et al., 2008; Vázquez et al., 2009a).

Os ouriços têm também sido estudados pelo seu potencial alimentar e nutracêutico (Braga, 2014). Em processo de apanha manual o ouriço fica no souto e mesmo nos processos de apanha mecanizada apenas uma pequena quantidade é recolhida na máquina. Por princípio, o ouriço deve ficar no solo para permitir a reciclagem do carbono e outros nutrientes nele contido. Contudo, isso não invalida que outros usos lhe possam ser dados desde que adequadamente valorizados pelo mercado. Neste caso, ao contrário das cascas, seria necessário incorporar no processo os custos da apanha e transporte para as unidades fabris. Um souto em plena produção pode produzir cerca de 300 kg de ouriços (massa seca). O ouriço representa uma matriz complexa onde predomina (em matéria seca) o glucano ($\approx 25\%$), lenhina Klason ($\approx 24\%$), xilano ($\approx 16\%$), arabinano ($\approx 5\%$), proteína ($\approx 4\%$), matéria mineral ($\approx 3\%$) (Moure et al., 2014). Em diferentes extratos de ouriço foram também detetadas quantidades significativas de compostos fenólicos (Vázquez et al., 2009b; Vella, Laratta, La Cara, & Morana, 2018).

O ouriço permanece normalmente no terreno após a apanha da castanha. A implementação de novas tecnologias para a valorização deste material vegetal, em particular através da recuperação de compostos de interesse, pode assumir-se como uma estratégia útil e vantajosa. Uma das aplicações já descritas inclui a extração de compostos fenólicos e a posterior utilização destes extratos em formulações dermocosméticas (Pinto et al., 2017a, b).

As flores de castanheiro aparecem em final de junho, início de julho. As flores masculinas estão reunidas em amentilhos (5-15 cm de comprimento), enquanto as flores femininas estão normalmente localizadas na base das flores masculinas, na parte apical dos brotos mais recentes (Conedera et al., 2004). A flor masculina também tem sido

estudada pelo seu potencial alimentar e nutracêutico (Barreira et al., 2008). Após a floração, os amentilhos caem no solo sendo os seus nutrientes reciclados. Qualquer uso industrial deste material pressupõe o estabelecimento de um sistema de recolha e transporte autónomo tal como se referiu para os ouriços. A colheita deste material, leve e com queda escalonada, não se afigura fácil se for necessário em quantidades elevadas. Pode ainda colher-se da árvore em castanheiro para madeira. De qualquer forma, as flores de castanheiro não têm qualquer uso após ocorrer a fecundação e o ouriço ser formado, pelo que poderiam definir-se estratégias para a sua valorização.

No passado, as decocções de flores eram tradicionalmente utilizadas para combater constipações, tosse, diarreia e para manter os níveis plasmáticos de colesterol dentro da gama fisiológica (Carocho et al., 2014). Foi também verificado que as infusões de flores de castanheiro apresentam atividade antioxidante e outras características farmacológicas relacionadas com compostos fenólicos bioativos (Barba et al., 2014).

A flor de castanheiro revelou na verdade ter teores muito significativos de compostos fenólicos (> 100 mg/g of extrato), a maior parte dos quais pertencentes à classe dos taninos hidrolisáveis ($14873 \pm 110 \mu\text{g/g}$) (Barros et al., 2013), para além de uma forte atividade de bloqueio de radicais livres (Barreira et al., 2008). Além do mais, foi também quantificado um elevado teor de tocoferóis (163,42 mg/100 g peso seco) e de açúcares livres (11,91 g/100 g peso seco), sendo a frutose (5,05 g/100 g peso seco) e a glucose (4,62 g/100 g peso seco) os mais abundantes. Os principais ácidos gordos da flor de castanheiro são o linoleico e o α -linolénico (que em conjunto representam mais de 40% dos ácidos gordos totais), contribuindo assim para a prevalência dos poli-insaturados (Barros et al., 2010).

As folhas têm elevado significado fisiológico para as árvores e para o agrossistema em geral. O castanheiro é uma árvore de folha caduca, com folhas oblongas-lanceoladas (8-25 cm de comprimento por 5-9 cm de largura) com margens dentadas-crenadas, com uma cor verde brilhante na face superior (Conedera et al., 2004). Quando verdes suportam o desenvolvimento da árvore com produtos da fotossíntese. Durante a senescência remobilizam os seus constituintes para as partes perenes sendo usados na estação de crescimento seguinte. Mesmo depois de secas contêm importantes nutrientes pouco móveis na planta que são reciclados no solo e asseguram a sua fertilidade. Tudo o que se referiu para amendoeira sobre este recurso aplica-se no caso do castanheiro.

Do ponto de vista etnofarmacológico, as folhas de castanheiro são tipicamente utilizadas para a preparação de infusões com o objetivo de aliviar a tosse, problemas

gastrointestinais ou condições reumáticas (Díaz Reinoso et al., 2012). Hoje em dia, a folha de castanheiro tem também sido utilizada pelos seus efeitos na prevenção de diabetes e de danos no ADN (Mujić et al., 2011), pela sua atividade antibacteriana (Basile et al., 2000) e proteção contra o stresse oxidativo (Almeida et al., 2015). Tal como se verifica com outras plantas medicinais, muitas das substâncias ativas presentes nos extratos de folha de castanheiro foram identificadas como sendo compostos fenólicos, em particular derivados do ácido gálico e ácido elágico (Živković et al., 2009), mas também flavonoides e lignanas (Munekata et al., 2016).

Finalmente, também a lenha de poda pode ser um recurso importante para as populações locais. Embora a madeira de castanheiro possa ser valorizada, o material removido como lenha de poda não tem grossura para ser aplicado na indústria da madeira. A lenha de poda é maioritariamente queimada em ambiente doméstico. Claro que, e à semelhança do que se verifica com a maioria das cascas de árvore, a casca de castanheiro é rica em compostos polifenólicos, entre os quais se destacam as porficianodinas que contribuem para proteger a própria árvore. Entre os compostos já identificados na casca de castanheiro podem destacar-se a castalagina, ácido gálico, 1-*O*-galoíl-castalagina, vescalina, vescalagina, ácido elágico, castalina (Comandini et al., 2014), chestanina, acutissimina A, curigalina, (3',5'-dimetoxi-4'-hidroxifenol)-1-*O*-β-d-(6-*O*-galoíl)-glucose e 5-*O*-galoíl-hamamelose (Lampire et al., 1998).

De uma forma geral, os principais agentes bioativos encontrados nos subprodutos de castanheiro são compostos fenólicos, em particular ácidos fenólicos, flavonoides e taninos (Díaz Reinoso et al., 2012; Vázquez et al., 2012). Deve, no entanto, ter-se em conta que as quantidades destes compostos variam de forma significativa em função de fatores como a cultivar, as condições edáficas e/ou climáticas (Borges et al., 2008; Dinis et al., 2012). Por outro lado, deve também considerar-se, em qualquer trabalho objetivado na recuperação de compostos de interesse a partir dos materiais vegetais não utilizados, a influência do processo de extração selecionado.

4. Alfarrobeira



A alfarrobeira é uma espécie que se encontra dispersa pelo território continental, mas que só atinge expressão económica relevante no Algarve, embora o seu cultivo em menor escala se registe também no Alentejo. A área cultivada tem permanecido estável em torno nos 14 000 ha (Figura 7).

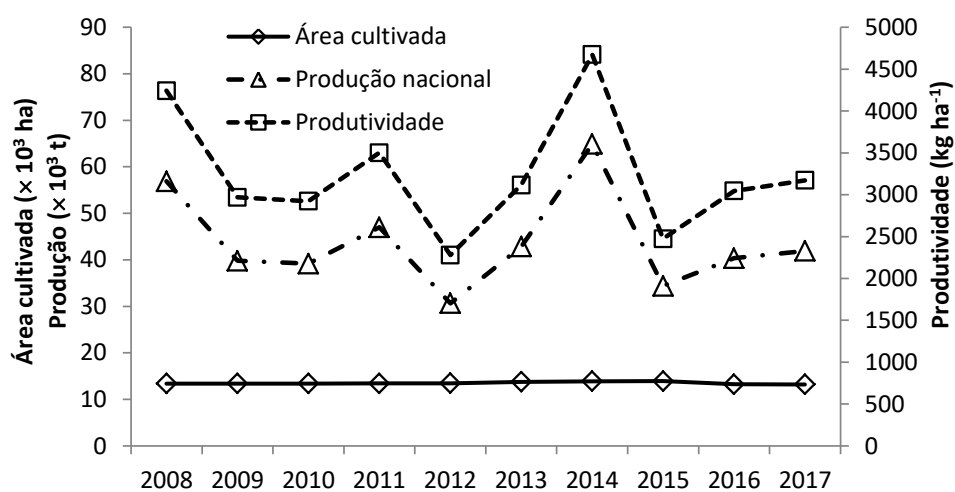


Figura 7: Principais estatísticas nacionais de produção de alfarroba entre 2008 e 2017 (FAOSTAT, 2019).

A produtividade e a produção total têm oscilado, em função das condições ambientais, mas não revelam uma tendência clara de acréscimo ou decréscimo.

Apesar da importância da alfarroba no Algarve, o número de árvores vendidas reduziu-se de forma evidente nos últimos três anos, embora tenha aumentado na região Centro (Figura 8). De qualquer forma, o aumento de árvores vendidas no Centro não compensa a quebra registada no Algarve.

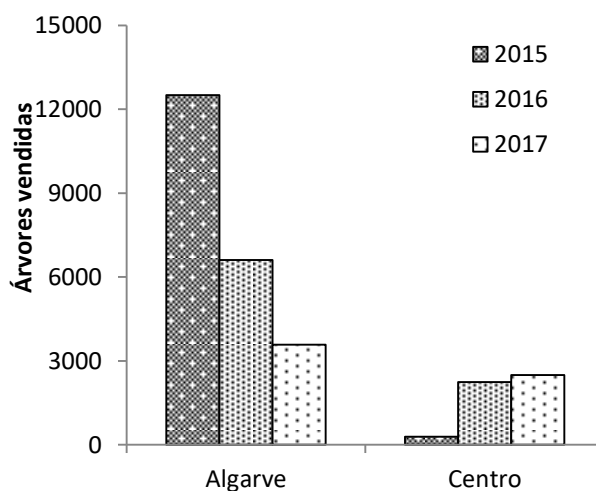


Figura 8: Número de árvores vendidas nas duas principais regiões produtoras de alfarroba em Portugal continental no período 2015-2017 (INE, 2015; 2016; 2017).

A produção de alfarroba está fortemente concentrada na região do Algarve. Nos últimos anos a produção nacional tem estado próxima de 40 000 t (Figura 7). O fruto apresenta-se como uma vagem castanha, de superfície enrugada, adquirindo uma textura semelhante à do couro quando maduro. A vagem pode ser dividida em polpa e sementes, sendo que a polpa se subdivide numa camada mais externa e elástica, o pericarpo, e uma camada mais interna, o mesocarpo. As sementes são bastante duras e oblongas, apresentando-se mais ou menos achatadas (Naghmouchi et al., 2009). Na alfarroba, a parte explorada comercialmente é a vagem indeiscente. Após processamento obtêm-se a polpa (com diferentes graus de trituração) e a semente que são utilizadas na alimentação animal (rações) e humana (açúcar, xarope, chocolate, álcool, produtos dietéticos e farmacêuticos,...) (Correia e Guerreiro, 2017a).

Da pelagem da semente resulta a epiderme ou tegumento, que pode ser vista como um subproduto do processamento da alfarroba. A semente da alfarroba representa 10% da massa total da vagem e a epiderme representa 30 a 33% da massa da semente. Daqui resulta que poderão ser geradas 1 200 t deste subproduto. Apesar da produção estar

dispersa, este subproduto surge concentrado em duas unidades agroindústrias existentes no país (Chorondo e Filhos, Lda. e Madeira & Madeira) pelo que não exige custos adicionais de colheita e transporte.

Embora as sementes sejam consideradas a parte mais valorizada da alfarroba, a vagem e o tegumento que envolve a semente podem ser classificados como subprodutos com potencial de valorização. A alfarroba é constituída maioritariamente por açúcares (48 a 56% incluindo sacarose, glucose e frutose), fibras (que na vagem podem representar 30 a 40% do peso e incluem principalmente celulose, hemicelulose e lenhina), goma (a semente pode ter até 85% de galactomananas), aminoácidos e minerais (principalmente potássio e cálcio) (Rico et al., 2019). Alguns minerais como cálcio, fósforo e potássio foram também já encontrados na vagem de alfarroba (Ayaz et al., 2007). Em relação ao seu perfil em compostos fenólicos, os principais grupos já caracterizados incluem ácidos fenólicos, taninos hidrolisáveis e condensados, sendo que estes mesmos grupos são também encontrados nas folhas de alfarrobeira (Stavrou et al., 2018), embora a sua utilização necessite do estabelecimento de uma cadeia a iniciar pela colheita de folhas no campo. Para além da caracterização química de diferentes partes da alfarroba, os efeitos fisiológicos dos seus extratos também já foram descritos, em particular a sua capacidade de prevenir doenças crónicas (Goulas et al., 2016), atividade antioxidante, anti-inflamatória e hipolipidémica (Rico et al., 2019).

Da exploração da alfarrobeira resulta também lenha de poda, com possibilidade de uso como combustível. A poda poderá gerar até 1000 t ha⁻¹.

5. Nogueira



a	Nogueira
b	Noz em casca
c	Miolo de noz
d	Cascarão e noz em casca
e	Folhas e nozes

A noqueira é cultivada um pouco por todo o país, maioritariamente como árvores dispersas ou em pequenos pomares e raramente em pomares de grande dimensão. De qualquer forma, a produção nacional não satisfaz as necessidades de consumo, sendo Portugal um importador líquido de noz, em montantes que ultrapassam 2700 t. A área cultivada tem vindo, contudo, a aumentar situando-se presentemente acima de 3000 ha (Figura 9). A produtividade e, por consequência, a produção total nacional não têm sofrido aumentos significativos, o que pode refletir o reduzido investimento na cultura.

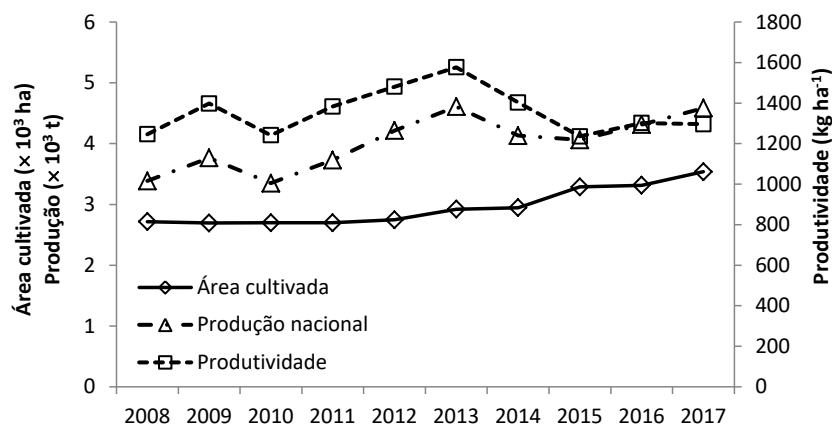


Figura 9: Principais estatísticas nacionais de produção de noz entre 2008 e 2017 (FAOSTAT, 2019).

Por regiões, destaca-se o Norte como a que apresenta maior área cultivada, ainda que Alentejo e Centro apresentem também áreas relevantes (Figura 10a). O número de árvores vendidas, que pode refletir a dinâmica regional no setor, foi também mais elevado no Norte, seguido do Centro e do Alentejo (Figura 10b). Contudo, o aumento nacional de área cultivada observado na figura 9 parece dever-se sobretudo o aumento da área registada em 2017 no Alentejo (Figura 10a).

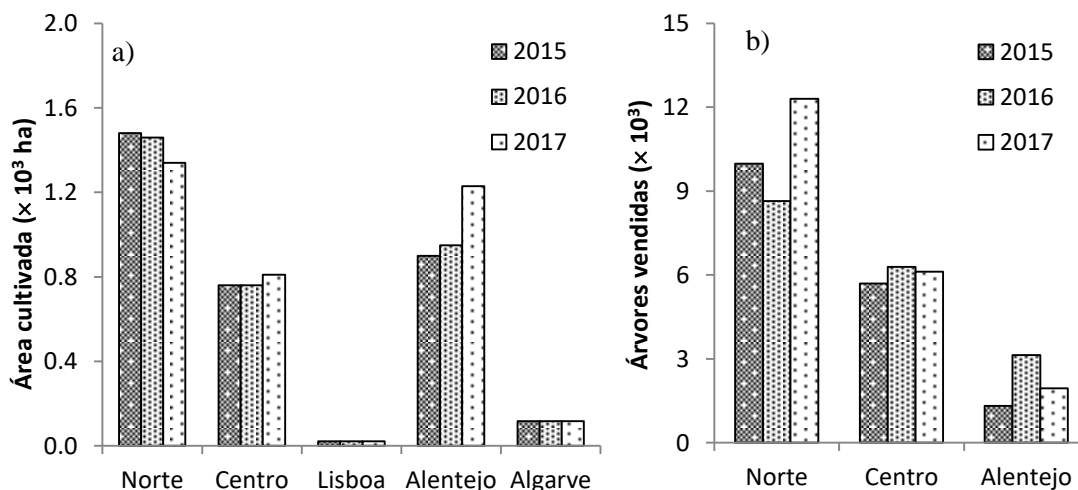


Figura 10: a) Área cultivada de noqueira e b) número de árvores vendidas nas principais NUT II produtoras de noz no período 2015-2017 (INE, 2015; 2016; 2017).

Apesar das áreas cultivadas serem mais elevadas no Norte, o Alentejo apresenta uma contribuição maior para a produção nacional de noz (Figura 11) devido às maiores produtividades. De notar também que a produção no Alentejo aumentou nos últimos 3 anos (Figura 11) em resposta ao aumento da área cultivada (Figura 10a).

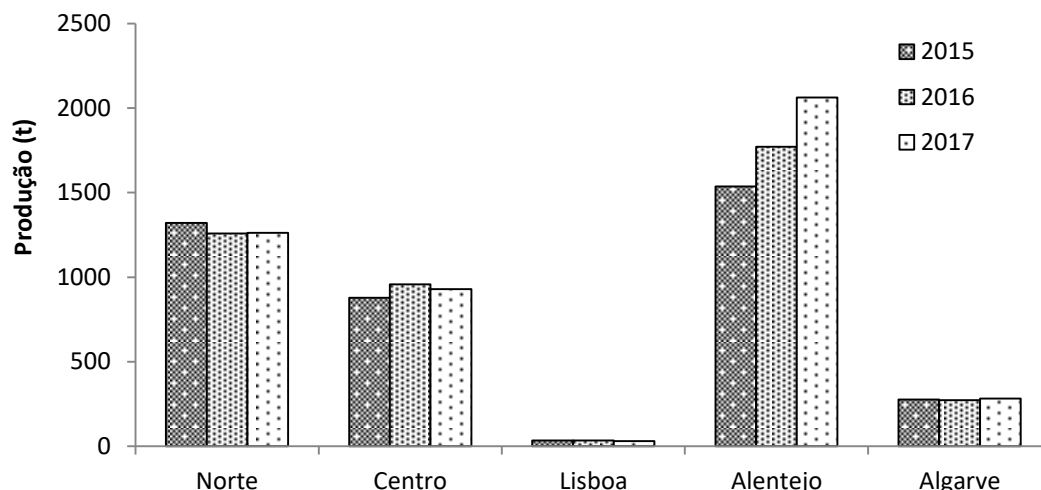


Figura 11: Produção de noz por NUT II em Portugal Continental no período 2015-2017.

Para além do miolo, comestível, o setor da noz gera outros recursos que podem ser valorizados, designadamente a casca verde (mesocarpo), a casca rija (parte externa do endocarpo), a lenha de poda e as folhas (Peres e Gouveia, 2017).

A casca verde pode representar aproximadamente 10% da noz com casca, em massa seca. Admitindo uma produção média de 4 000 t de noz com casca e a recuperação integral da casca verde, seria um recurso que poderia ultrapassar as 400 t. Contudo, grande parte deste material fica no local de colheita ou disperso nos produtores, o que reduz a sua importância como subproduto. No local é valorizado como material orgânico com valor fertilizante.

A casca rija pode representar 50 a 55% da massa da noz com casca nas variedades tradicionais e 38 a 40 % nas variedades modernas. Admitindo que em Portugal se brita em indústria 20 % da noz consumida e que a produção nacional mais a importação se aproxima das 5 000 t (4000 t de produção nacional mais 1000 t de noz com casca importada resultante do balanço importações/exportações), poderá ser gerada casca rija como subproduto num montante próximo de 400 t por ano.

De acordo com diferentes estudos, as folhas de noqueira, a casca verde da noz (mesocarpo) e a casca lenhificada da noz apresentam elevados teores em compostos fenólicos e considerável atividade de bloqueio de radicais livres (Pereira et al., 2008; Wang et al., 2015). No que toca particularmente à casca verde, os compostos fenólicos mais abundantes são o ácido clorogénico, ácido cafeico, ácido ferrúlico, ácido sinápico, ácido gálico, ácido elágico, ácido protocatéquico, ácido sirínico, ácido vanílico, catequina, epicatequina, miricetina, e juglona (Stamper et al., 2006). As concentrações

destes compostos fenólicos, bem como a atividade antioxidante, são mesmo notáveis, quer seja no bloqueio de radicais (Fernandez-Agullo et al., 2013), poder redutor, inibição da hemólise oxidativa (Carvalho et al., 2010). Para além da atividade antioxidante, é também de assinalar a atividade anti-inflamatória, antitumoral e antimicrobiana (Carvalho et al., 2010; Fernandez-Agullo et al., 2013). A casca lenhificada é normalmente aproveitada pelo seu poder calorífico, mas isso acarreta alguns problemas ambientais, pelo que têm vindo a ser testadas novas aplicações como por exemplo a sua incorporação em biochar (Duan et al., 2017).

Às folhas deve ser aplicado o mesmo raciocínio já desenvolvido para as restantes fruteiras. Tendo em conta a reduzida área de cultivo e a recomendação de podas ligeiras anuais, a lenha de poda é um recurso com potencial limitado devido a limitações quantitativas e ao facto de se encontrar disperso à pelo território.

6. Azeleira



a	Azeleira
b	Avelã
c	Miolo de avelã
d	Flor de azeleira
e	Casca

A avelã é um fruto de reconhecida qualidade alimentar e cuja produção se encontra em expansão no contexto internacional. A Turquia é presentemente o maior produtor mundial. Em Portugal cultivam-se menos de 400 ha que originam uma produção pouco superior às 300 t (Figura 12). A produção está concentrada na região Centro e Norte, e com particular destaque para o distrito de Viseu (Correia et al., 2017b). A produtividade é baixa e tem-se mantido estável nos últimos 10 anos (Figura 12), o que traduz o reduzido investimento do setor. A produção nacional não satisfaz as necessidades de consumo, sendo Portugal um importador líquido de avelã.

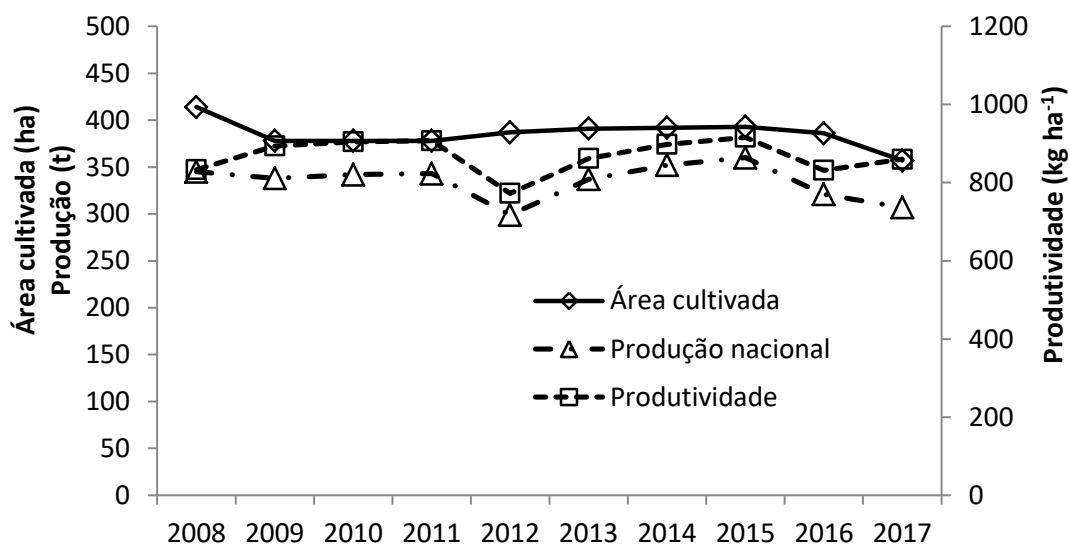


Figura 12: Principais estatísticas nacionais de produção de avelã com casca entre 2008 e 2017 (FAOSTAT, 2019).

O número de árvores vendidas nos últimos anos parece indicar a tendência de Norte e Centro se manterem como regiões produtoras mais importantes (Figura 13), mas foram em número insuficiente para revelar qualquer entusiasmo com a cultura.

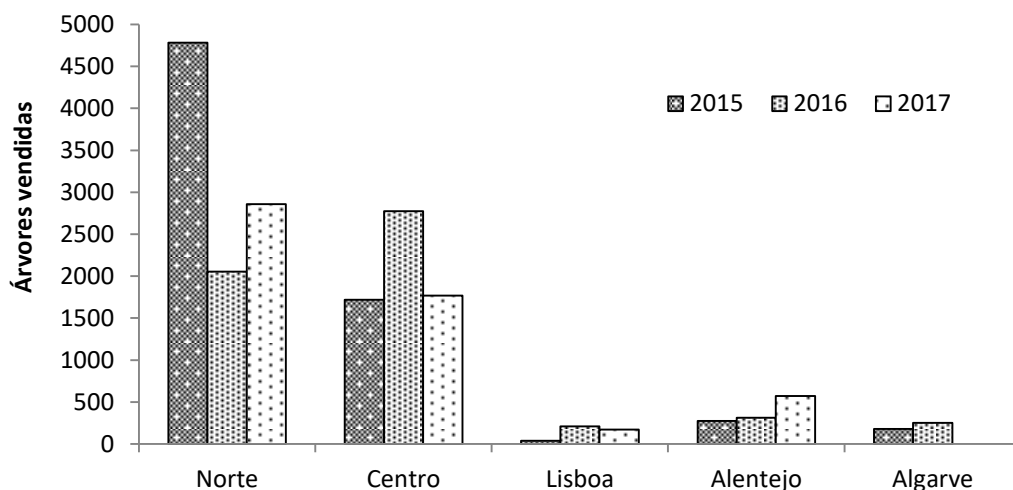


Figura 13: Número de árvores vendidas nas principais NUT II produtoras de avelã no período 2015-2017 (INE, 2015; 2016; 2017).

A avelã é comercializada ao produtor com casca sendo depois descascada nas unidades de britagem. As principais utilizações do miolo (semente) após torrefação são na indústria da confeitaria, em chocolate, *snacks*, bolos e gelados (Correia et al., 2017c).

Os subprodutos da avelã incluem i) a cobertura verde do fruto, que é removida (muitas vezes juntamente com folhas da árvore) mecanicamente logo após colheita, ii) a casca dura da avelã (que remanesce após fracionamento para libertação da semente) e iii) o tegumento (ou casca interior), que normalmente é produzido no processo de torrefação. Entre estes subprodutos, nenhum tem um aproveitamento industrial assinalável, excetuando talvez a casca dura da avelã, que tem alguma aplicação para produção de calor por combustão. No entanto, todos estes materiais vegetais apresentam elevadas quantidades de compostos fenólicos, com especial destaque para o ácido gálico, ácido ferúlico e ácido sinápico (que atingem valores máximos na casca dura), ácido cafeico (cujos teores mais elevados são encontrados nas folhas de aveleira) e ácido *p*-cumárico (com concentrações mais elevadas na casca verde da avelã). Estes componentes, ou mais especificamente os seus extratos hidroalcoólicos, demonstraram ainda elevada atividade antioxidante, tanto em meio hidrofílico, como lipofílico. Assim, estes subprodutos parecem ter grande potencial como fontes alternativas de antioxidantes naturais ou ingredientes para funcionalização de alimentos, o que pode constituir uma importante fonte de valor acrescentado (Shahidi et al., 2007).

Como subproduto talvez possa destacar-se a casca dura, que surge após britagem. Em Portugal uma empresa (Transagri, Lda.) faz presentemente britagem. Admitindo que a casca representa 45 % da massa do fruto, se toda a produção fosse britada seriam geradas um pouco mais de 100 t deste subproduto.

Tal como se tem referido para as outras espécies, lenha de poda e folhas podem ter também utilizações potenciais diversas. Deve ter-se em conta as reduzidas áreas cultivadas e o facto de não serem subprodutos agroindustriais uma vez que se encontram dispersos nos campos dos produtores.

7. Pistaceira



a	Pistaceira
b	Pistácio
c	Pistácio (miolo)
d	Pistácio na drupa
e	Casca

Portugal não é ainda um país produtor de pistácio, embora o território se encontre pontilhado por algumas tentativas de instalar a cultura. A ideia de cultivar a pistaceira chegou de Espanha, onde a cultura se tem expandido nos últimos anos. Em dez anos, entre 2008 e 2017, a área cultivada em Espanha passou de 1 254 ha para 14 974 ha (FAOSTAT, 2019). O desenvolvimento da cultura em Espanha permitiu estabelecer as regiões com maior potencial ecológico para produzir a cultura no país vizinho (Regato et al., 2017a). Com base na informação que chega de Espanha, pode admitir-se que algumas regiões interiores mais continentais, que satisfaçam as exigências em frio, mas com baixo risco de geada primaveril e com humidade atmosférica baixa no período de primavera/verão possam ser favoráveis ao cultivo da pistaceira também no território nacional. É de salientar que Portugal importa pistácio, num valor próximo das 370 t, sendo também a Europa uma importante região importadora à escala global (Regato et al., 2017b).

O pistácio pode ser comercializado como *snack* para consumo doméstico ou em bares, correspondendo neste caso ao endocarpo completo: a semente (miolo) e a casca lenhificada que a envolve e que apresenta uma sutura longitudinal para facilitar a saída do miolo. Na indústria dos gelados, por exemplo, usa-se apenas o miolo. O epicarpo e o mesocarpo devem ser retirados pouco tempo depois da colheita, sob pena de reduzir a

qualidade comercial do pistácio. Estes materiais podem ter valor comercial, designadamente no curtimento de peles devido à sua riqueza em taninos (Guerreiro et al., 2017).

O principal subproduto do pistácio é a casca verde e macia que envolve o fruto (35 a 45% da massa total), já que a casca lenhificada interna é normalmente mantida até ao consumidor final. Esta casca é o epicarpo suave que se liga diretamente à casca dura interna, e apresenta uma cor vermelha-amarelada durante a maturação que depois adquire tons rosa e amarelo-pálido quando o fruto está maduro, fase em que é mais facilmente removida do fruto (Barreca et al., 2016).

A casca verde poderia ser utilizada como uma fonte económica de compostos bioativos (Rajai et al., 2011), além de proteínas, minerais e vitaminas (Moghaddam et al., 2009). No entanto, também a casca interna foi já utilizada em algumas aplicações de valor acrescentado, especificamente como material adsorvente para remoção de níquel e cromo de águas residuais (Moussavi e Barikbin, 2010; Shamohammadi e Bardsiri, 2013).

A casca verde (exocarpo e mesocarpo) contém quantidades significativas de compostos fenólicos, especificamente ácido gálico, galotaninos como galoíl-glucose ou penta-*O*-galoíl- β -d-glucose, flavonóis (como a quercetina e a miricetina) e ácido anacárdicos (Erşan et al., 2016, 2017).

O tegumento do pistácio é reconhecido pela sua riqueza em compostos fenólicos, sendo que os seus extratos foram já incorporados em formulações tópicas com o objetivo de prevenir as lesões causadas pela radiação UV-B. Os mesmos extratos demonstraram também capacidade para inibir eritema, tendo sido conseguida uma redução de 65% em comparação com o acetato de tocoferilo, que permitiu uma redução de apenas 23% sob as mesmas condições (Martorana et al., 2013). Em estudos efetuados com coelhos, os extratos de tegumento de pistácio revelaram capacidade de reduzir o desenvolvimento de lesões aórticas e reduzir marcadores oxidativos (Marinou et al., 2010). Num outro estudo similar, embora efetuado em ratos, os extratos do tegumento de pistácio melhoraram a eficiência de cicatrização (Farahpour et al., 2015).

Tal como as restantes espécies fruteiras tratados nestes textos, do cultivo resulta lenha de poda, embora em quantidades que serão sempre negligenciáveis. As folhas têm também potencial de uso, embora o tópico mereça as reservas que se apresentaram para as outras espécies fruteiras.

Assim, os subprodutos de pistácio representam uma promissora fonte para a obtenção de extratos enriquecidos em compostos fenólicos com potencial utilização em

diferentes áreas, como exemplificado pela indústria farmacêutica, cosmética, química ou alimentar.

8. Considerações finais

O setor dos frutos secos gera atualmente valor económico e social relevante em algumas regiões do território nacional. A possibilidade de valorizar alguns subprodutos seria um contributo adicional para a viabilidade económica do setor produtivo e demais agentes da fileira. Contudo, cada novo projeto de investimento deve ter em conta a disponibilidade dos recursos e os custos que podem estar associados à sua recolha para ambiente industrial. Alguns desses recursos como a casca rija da amêndoa e também da castanha são gerados em ambiente pós-colheita o que significa que não têm custos suplementares com apanha e processamento dirigido. Outros, como lenha de poda, são gerados no setor produtivo, o que significa que ficam dispersos no território em quantidades modestas. Nestes casos, a colheita, processamento e transporte podem ser uma dificuldade para se encontrar uma solução de uso diferente da que têm, que é a queima em ambiente doméstico ou indústrias locais. Folhas, inflorescências, ouriços, gomas e outros subprodutos necessitam que se enquadre o negócio desde a colheita do material, transporte e processamento. No anexo 1 procura fazer-se um resumo da quantidade e local em que estes recursos se encontram disponíveis.

9. Referências

- Almeida IF, Maleckova J, Saffi R, Monteiro H, Góios F, Amaral MH, et al. 2015. Characterization of an antioxidant surfactant-free topical formulation containing *Castanea sativa* leaf extract. *Drug Development and Industrial Pharmacy*, 41: 148-155.
- Amarowicz R. 2016. Natural phenolic compounds protect LDL against oxidation. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 118: 677-679.
- Ayaz FA, Torun H, Ayaz S, Correia PJ, Alaiz M, Sanz C, et al. 2007. Determination of chemical composition of anatolian carob pod (*Ceratonia siliqua* L.): sugars, amino and organic acids, minerals and phenolic compounds. *Journal of Food Quality*, 30: 1040-1055.
- Barba FJ, Esteve MJ, Frígola A. 2014. Bioactive components from leaf vegetable products. *Studies in Natural Products Chemistry*, 41: 321-346.
- Barreca D, Laganà G, Leuzzi U, Smeriglio A, Trombetta D, Bellocco E. 2016. Evaluation of the nutraceutical, antioxidant and cytoprotective properties of ripe pistachio (*Pistacia vera* L., variety Bronte) hulls. *Food Chemistry*, 196: 493-502.
- Barreira JCM, Ferreira ICFR, Oliveira MBPP, Pereira JA. 2008. Antioxidant activities of the extracts from chestnut flower, leaf, skins and fruit. *Food Chemistry*, 107(3): 1106-1113.
- Barros L, Alves CT, Dueñas M, Silva S, Oliveira R, Carvalho AM, et al. 2013. Characterization of phenolic compounds in wild medicinal flowers from Portugal by HPLC-DAD-ESI/MS and evaluation of antifungal properties. *Industrial Crops and Products*, 44: 104-110.
- Barros L, Oliveira S, Carvalho AM, Ferreira ICFR. 2010. *In vitro* antioxidante properties and characterization in nutrients and phytochemicals of six medicinal plants from the Portuguese folk medicine. *Industrial Crops and Products*, 32: 572-579.
- Basile A, Sorbo S, Giordano S, Ricciardi L, Ferrara S, Montesano D, et al. 2000. Antibacterial and allelopathic activity of extract from *Castanea sativa* leaves. *Fitoterapia*, 71: 110-116.
- Bento A, Rodrigues MA, Pereira JE. 2017. Amendoeira: estado da produção. pp. 275-302. In: Rodrigues JE (editor). Centro Nacional de Competências para os Frutos Secos.

- Bolling BW. 2017. Almond polyphenols: Methods of analysis, contribution to food quality, and health promotion. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 16: 346-368.
- Braga, N. 2014. Valorização de subprodutos de *Castanea sativa*: casca e ouriço. Dissertação Mestrado. Faculdade de Farmácia, Universidade do Porto.
- Borges O, Gonçalves B, de Carballo JLS, Correia P, Silva AP. 2008. Nutritional quality of chestnut (*Castanea sativa* Mill.) cultivars from Portugal. *Food Chemistry*, 106: 976-984.
- Carocho M, Barros L, Bento A, Santos-Buelga C, Morales P, Ferreira ICFR. 2014. *Castanea sativa* Mill. Flowers amongst the most powerful antioxidant matrices: A phytochemical approach in decoctions and infusions. *BioMed Research International*, 2014: 232956.
- Carvalho M, Ferreira PJ, Mendes VS, Silva R, Pereira JA, Jerónimo C, et al. 2010. Human cancer cell antiproliferative and antioxidant activities of *Juglans regia* L. *Food and Chemical Toxicology*, 48: 441-447.
- Chen CY, Milbury PE, Chung SK, Blumberg J. 2007. Effect of almond skin polyphenolics and quercetin on human LDL and apolipoprotein B-100 oxidation and conformation. *Journal of Nutritional Biochemistry*, 18: 785-794.
- Comandini P, Lerma-García MJ, Simó-Alfonso EF, Toschi TG. 2014. Tannin analysis of Chestnut bark samples (*Castanea sativa* Mill.) by HPLC-DAD-MS. *Food Chemistry*, 157: 290-295.
- Conedera MC, Manetti MC, Giudici F, Amorini E. 2004. Distribution and economic potential of the sweet chestnut (*Castanea sativa* Mill.) in Europe. *Ecologia Mediterranea*, 30: 179-193.
- Correia PJ, Guerreiro JF. 2017a. Alfarrobeira: estado da transformação. In: Correia PJ (editor). Centro Nacional de Competências para os Frutos Secos.
- Correia PMR, Costa CA, Teixeira D, Gaião D, Correia HE. 2017b. Aveleira: estado da produção. In: Correia PMR (editora). Centro Nacional de Competências para os Frutos Secos.
- Correia PMR, Lima MJ, Guiné RPF. 2017c. Aveleira: estado da transformação. In: Correia PMR (editora). Centro Nacional de Competências para os Frutos Secos.
- Díaz Reinoso B, Couto D, Moure A, Fernandes E, Domínguez H, Parajó JC. 2012. Optimization of antioxidants-extraction from *Castanea sativa* leaves. *Chemical Engineering Journal*, 203: 101-109.

- Duan X, Zhang X, Srinivasakannan C, Wang X. 2017. Waste walnut shell valorization to iron loaded biochar and its application to arsenic removal. *Resource-Efficient Technologies*, 3: 29-36.
- EDIA. 2018. Comunicação pessoal.
- Erşan S, Güçlü Üstündağ Ö, Carle R, Schweiggert RM. 2016. Identification of phenolic compounds in red and green pistachio (*Pistacia vera* L.) hulls (exo- and mesocarp) by HPLC-DAD-ESI-(HR)-MSⁿ. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 64: 5334-5344.
- Erşan S, Güçlü Üstündağ Ö, Carle R, Schweiggert RM. 2017. Determination of pistachio (*Pistacia vera* L.) hull (exo- and mesocarp) phenolics by HPLC-DAD-ESI/MSⁿ and UHPLC-DAD-ELSD after ultrasound-assisted extraction. *Journal of Food Composition and Analysis*, 62: 103-114.
- Esfahlan AJ, Jamei R, Esfahlan RJ. 2010. The importance of almond (*Prunus amygdalus* L.) and its by-products. *Food Chemistry*, 120: 349-360.
- FAOSTAT. 2019. Production: crops. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> (consulta em janeiro de 2019).
- Farahpour MR, Mirzakhani N, Doostmohammadi J, Ebrahimzadeh M. 2015. Hydroethanolic *Pistacia atlântica* hulls extract improved wound healing process: Evidence for mast cells infiltration, angiogenesis and RNA stability. *International Journal of Surgery*, 17: 88-98.
- Fernandez-Agullo A, Pereira E, Freire MS, Valentão P, Andrade PB, Gonzalez-Alvarez J, et al. 2013. Influence of solvent on the antioxidant and antimicrobial properties of walnut (*Juglans regia* L.) green husk extracts. *Industrial Crops and Products*, 42: 126-132.
- Frison-Norrie S, Sporns P. 2002. Identification and Quantification of Flavonol Glycosides in Almond Seedcoats Using MALDI-TOF MS. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50: 2782-2787.
- Garrido I, Monagas M, Gómez-Cordovés C, Bartolomé B. 2008. Polyphenols and antioxidant properties of almond skins: Influence of industrial processing. *Journal of Food Science*, 73: C106-C115.
- Goulas V, Stylos E, Chatziathanasiadou MV, Mavromoustakos T, Tzakos AG. 2016. Functional components of carob fruit: linking the chemical and biological space. *International Journal of Molecular Sciences*, 17: 1875.

- Guerreiro I, Regato J, Pereira MM, Regato M, 2017. Pistaceira: estado da transformação. In: Regato M (editora). Centro Nacional de Competências para os Frutos Secos.
- Harrison K, Were LM. 2007. Effect of gamma irradiation on total phenolics content yield and antioxidant capacity of almond skin extracts. *Food Chemistry*, 102: 932-937.
- Henriques CAS, Borges AJP. 2017. Castanheiro: estado da produção. In: Gomes-Laranjo JC (editor). Centro Nacional de Competências para os Frutos Secos.
- INE (Instituto Nacional de Estatísticas). 2015. Estatísticas Agrícolas 2015. Instituto Nacional de Estatísticas, Lisboa.
- INE (Instituto Nacional de Estatísticas). 2016. Estatísticas Agrícolas 2016. Instituto Nacional de Estatísticas, Lisboa.
- INE (Instituto Nacional de Estatísticas). 2017. Estatísticas Agrícolas 2017. Instituto Nacional de Estatísticas, Lisboa.
- Kashiwada Y, Wang HK, Nagao T, Kitanaka S, Yasuda I, Fujioka T, et al. 1998. Anti-AIDS agents. 30. Anti-HIV activity of oleanolic acid, pomolic acid, and structurally related triterpenoids. *Journal of Natural Production*, 61: 1090-1095.
- Lampire O, Mila I, Raminosa M, Michon V, Du Penhoat CH, Faucheur N, et al. 1998. Polyphenols isolated from the bark of *Castanea sativa* Mill. chemical structures and auto-association in honour of professor G. H. Neil Towers 75th birthday. *Phytochemistry*, 49: 623-631.
- Mandalari G, Tomaino A, Arcoraci T, Martorana M, Lo Turco V, Cacciola F, et al. 2010. Characterization of polyphenols, lipids and dietary fibre from skins of almonds (*Amygdalus communis* L.). *Journal of Food Composition and Analysis*, 23: 166-174.
- Marinou KA, Georgopoulou K, Agrogiannis G, Karatzas T, Iliopoulos D, Papalois A, Chatziioannou A, Magiatis P, Halabalaki M, Tsantila N, Skaltsounis LA, Patsouris E, Dontas IA. 2010. Differential effect of *Pistacia vera* extracts on experimental atherosclerosis in the rabbit animal model: An experimental study. *Lipids in Health and Disease*, 9: 73.
- Martorana M, Arcoraci T, Rizza L, Cristani M, Bonina FP, Saija A, Trombetta D, Tomaino A. 2013. *In vitro* antioxidant and *in vivo* photoprotective effect of pistachio (*Pistacia vera* L., variety Bronte) seed and skin extracts. *Fitoterapia*, 85: 41-48
- Moghaddam TM, Razavi SMA, Malekzadegan F, Shaker A. 2009. Physico-chemical and sensory properties of pistachio green hull's marmalade. *Journal of Food Science and Technology*, 6: 1-10.

- Morana A, Squillaci G, Paixão SM, Alves L, La Cara F, Moura P. 2017. Development of an energy biorefinery model for chestnut (*Castanea sativa* Mill.) shells. *Energies*, 10: 1504-1518.
- Moussavi G, Barikbin B. 2010. Biosorption of chromium(VI) from industrial wastewater onto pistachio hull waste biomass. *Chemical Engineering Journal*, 162: 893-900.
- Moure A, Conde E, Falqué E, Domínguez H, Parajó JC. 2014. Production of nutraceuticals from chestnut burs by hydrolytic treatment. *Food Research International*, 65: 359-366.
- Mujić A, Grdović N, Mujić I, Mihailović M, Živković J, Poznanović G, et al. 2011. Antioxidative effects of phenolic extracts from chestnut leaves, catkins and spiny burs in streptozotocin-treated rat pancreatic β -cells. *Food Chemistry*, 125: 841-849.
- Munekata PES, Franco D, Trindade MA, Lorenzo JM. 2016. Characterization of phenolic composition in chestnut leaves and beer residue by LC-DAD-ESI-MS. *LWT - Food Science and Technology*, 68: 52-58.
- Naghmouchi S, Khouja ML, Romero A, Tous J, Boussaid M. 2009. Tunisian carob (*Ceratonia siliqua* L.) populations: Morphological variability of pods and kernel. *Scientia Horticulturae*, 121: 125-130.
- Pereira JA, Oliveira I, Sousa A, Ferreira ICFR, Bento A, Estevinho L. 2008. Bioactive properties and chemical composition of six walnut (*Juglans regia* L.) cultivars. *Food and Chemical Toxicology*, 46: 2103-2111.
- Peres F, Gouveia C. 2017. Nogueira: estado da transformação. In: Almeida CM (editor). Centro Nacional de Competências para os Frutos Secos.
- Pinto D, Braga N, Rodrigues F, Oliveira MBPP. 2017a. *Castanea sativa* bur: An undervalued by-product but a promising cosmetic ingredient. *Cosmetics*, 4: 50-65.
- Pinto D, Rodrigues F, Braga N, Santos J, Pimentel FB, Palmeira-de-Oliveira A, et al. 2017b. The *Castanea sativa* bur as a new potential ingredient for nutraceutical and cosmetic outcomes: Preliminary studies. *Food & Function*, 8: 201-208.
- Pisha E, Chai H, Lee IK, Chagwedera TE, Farnsworth NR, Cordell GA, et al. 1995. Discovery of betulinic acid as a selective inhibitor of human melanoma that functions by induction of apoptosis. *Nature Medicine*, 1: 1046-1051.
- Rajai A, Barzegar M, Sahari M. 2011. Investigation on antioxidative and antimicrobial activities of pistachio (*Pistachia vera*) green hull extracts. *Journal of Food Science and Technology*, 8: 111-120.
- Ramalhosa E, Magalhães A, Pereira JE. 2017.

- Amendoeira: estado da transformação. In: Ramalhosa E (editora). Centro Nacional de Competências para os Frutos Secos.
- Regato M, Guerreiro I, Regato J, Pereira MM. 2017a. Pistaceira: estado da produção. In: Regato M (editora). Centro Nacional de Competências para os Frutos Secos.
- Regato M, Guerreiro I, Regato J, Pereira MM. 2017b. Pistaceira: estado da comercialização. In: Regato M (editora). Centro Nacional de Competências para os Frutos Secos.
- Rico D, Martín-Diana AB, Martínez-Villaluenga C, Aguirre L, Silván JM, Dueñas M, De Luis DA, Lasa A. 2019. *In vitro* approach for evaluation of carob by-products as source bioactive ingredients with potential to attenuate metabolic syndrome (MetS). *Heliyon*, 5: e01175
- Stamper F, Solar A, Hudina M, Veberic R, Colaric M. 2006. Traditional walnut liqueur - cocktail of phenolics. *Food Chemistry*, 95: 627-631.
- Sang S, Cheng X, Fu HY, Shieh DE, Bai N, Lapsley K, et al. (2002). New type sesquiterpene lactone from almond hulls (*Prunus amygdalus* Batsch). *Tetrahedron Letters*, 43: 2547-2549.
- Shahidi F, Alasalvar C, Liyana-Pathirana CM. 2007. Antioxidant phytochemicals in hazelnut kernel (*Corylus avellana* L.) and in hazelnut byproducts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55: 1212-1220.
- Shamohammadi S, Bardsiri MS. 2013. Removal of nickel from aqueous solution by hard-shell pistachios. *Water Wastewater*, 2: 80-87.
- Singh GB, Singh S, Bani S. 1994. Oleanolic acid. *Drugs Future*, 19: 450-451.
- Stavrou IJ, Christou A, Kapnissi-Christodoulou CP. 2018. Polyphenols in carobs: A review on their composition, antioxidant capacity and cytotoxic effects, and health impact. *Food Chemistry*, 269: 355-374.
- Takeoka G, Dao L, Teranishi R, Wong R, Flessa S, Harden L, et al. 2000. Identification of three triterpenoids in almond hulls. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48: 3437-3439.
- Takeoka GR, Dao LT. 2003. Antioxidant constituents of almond [*Prunus dulcis* (Mill.) D.A. Webb] hulls. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51: 496-501.
- Urrestarazu M, Martinez GA, Salas MC. 2005. Almond shell waste: Possible local rockwool substitute in soilless crop culture. *Scientia Horticulturae*, 103: 453-460.

- Vázquez G, Fernández-Agulló A, Freire MS, Antorrena G, González-Álvarez J. 2010. Chestnut bur extracts as antioxidants: Optimization of the extraction stage. *Waste Management and the Environment*, 140: 155-165.
- Vázquez G, Fernández-Agulló A, Gómez-Castro C, Freire MS, Antorrena G, González-Álvarez J. 2012. Response surface optimization of antioxidants extraction from chestnut (*Castanea sativa*) bur. *Industrial Crops and Products*, 35: 126-134.
- Vázquez G, González-Álvarez J, Freire MS, Fernández-Agulló A, Santos J, Antorrena G. 2009b. Chestnut burs as a source of natural antioxidants. *Chemical Engineering Transactions*, 17: 855-860.
- Vázquez G, González-Álvarez J, Santos J, Freire MS, Antorrena G. 2009a. Evaluation of potential applications for chestnut (*Castanea sativa*) shell and eucalyptus (*Eucalyptus globulus*) bark extracts. *Industrial Crops and Products*, 29: 364-370.
- Vella FM, Laratta B, La Cara F, Morana A. 2018. Recovery of bioactive molecules from chestnut (*Castanea sativa* Mill.) by-products through extraction by different solvents. *Natural Product Research*, 32: 1022-1032.
- Wang A, Zhao M, Su G, Cai M, Huang CJ, Lin L. 2015. The antioxidant activities and the xanthine oxidase inhibition effects of walnut (*Juglans regia* L.) fruit, stem and leaf. *International Journal of Food Science and Technology*, 50: 233-239.
- Živković J, Zeković Z, Mujić I, Gođevac D, Mojović M, Mujić A, et al. 2009. EPR spin-trapping and spin-probing spectroscopy in assessing antioxidant properties: Example on extracts of catkin, leaves, and spiny burs of *Castanea sativa*. *Food Biophysics*, 4: 126-133.

Anexo 1. Aproximação quantitativa à disponibilidade de subprodutos

Cultura	Subproduto	Disponibilidade	Quantidade atual (t)	Quantidade futura(t)	Distribuição espacial	Observações
Amendoeira	Cascarão (colheita)	Campo	2 000	4 000	Disperso (TM, Alg., Al., BI, Rib.)	Se valorizada é possível obter
	Casca rija	Agroindústria	9 000	18 000	Concentrado (2 TM, 3 Al., 1 BI)	Acessível e fácil de encontrar
	Casca (tegumento)	Agroindústria	120	280	Concentrado (2 TM, 3 Al., 1 BI)	Acessível e fácil de encontrar
	Folhas (colheita)	Campo	-	-	Disperso (TM, Alg., Al., BI, Rib.)	Se valorizada é possível obter
	Lenha de poda	Campo	25 000	45 000	Disperso (TM, Alg., Al., BI, Rib.)	Difícil de valorizar dada a dispersão/uso
	Goma	Campo	-	-	Disperso (TM, Alg., Al., BI, Rib.)	Questionável a possibilidade de uso
Castanheiro	Flores (amentilhos)	Campo	-	-	Disperso (TM, BI)	Se valorizada é possível obter (bravo)
	Cascas (ext. e interna)	Agroindústria	3 000	3 000	Concentrado (4 TM, 1 BI)	Acessível e fácil de encontrar
	Ouriços (pós-colheita)	Campo	10 000	15 000	Disperso (TM, BI)	Se valorizada é possível obter
	Folhas (pós-colheita)	Campo	-	-	Disperso (TM, BI)	Se valorizada é possível obter
	Lenha de poda	Campo	30 000	35 000	Disperso (TM, BI)	Difícil de valorizar dada a dispersão/uso
Alfarroba	Folhas	Campo	-	-	Disperso (Alg.)	Se valorizada é possível obter
	Casca (epiderme)	Agroindústria	1 200	1 400	Concentrado (2 Alg.)	Acessível e fácil de encontrar
	Lenha de poda	Campo	14 000	15 000	Disperso (Alg.)	Difícil de valorizar dada a dispersão/uso
Nogueira	Cascarão	Agroindústria	400	600	Disperso (TM, Al., BI, Rib.)	Difícil de valorizar dada a dispersão
	Casca rija	Agroindústria	400	800	Concentrado (TM, Al., Rib)	Acessível e fácil de encontrar
	Folhas (pós-colheita)	Campo	-	-	Disperso (TM, Al., BI, Rib.)	Se valorizada é possível obter
	Lenha de poda	Campo	1 500	3 000	Disperso (TM, Al., BI, Rib.)	Difícil de valorizar dada a dispersão/uso
Aveleira	Casca rija	Agroindústria	80	100	Concentrado (TM; BI.)	Acessível e fácil de encontrar
	Folhas (pós-colheita)	Campo	-	-	Disperso (TM, BI)	Se valorizada é possível obter
	Lenha de poda	Campo	200	300	Disperso (TM, BI)	Difícil de valorizar dada a dispersão/uso
Pistaceira	Casca exterior	Produtor	-	-	Concentrado (TM; BI.)	Difícil de valorizar dada a dispersão
	Casca rija	Agroindústria	-	-		
	Folhas (pós-colheita)	Campo	-	-	Disperso (TM, BI)	Difícil de valorizar dada a dispersão
	Lenha de poda	Campo	-	-	Disperso (TM, BI)	

Anexo 1. (Continuação)

Cultura	Subproduto	Quantidade atual (t)	Utilização atual	Possíveis aproveitamentos	Potenciais utilizadores
Amendoeira	Cascarão (colheita)	2 000	Ciclagem de nutrientes	Extração de compostos fenólicos (flavonoides, lignanas, taninos condensados), fibra, triterpenóides, lactonas, esteroides.	Indústria agro-alimentar, nutracêutica e farmacêutica
	Casca rija	9 000	Queima, ciclagem de nutrientes	Extração de polióis e açúcares-álcoois	
	Casca (tegumento)	120	Queima, alimentação animal	Extração de compostos fenólicos (taninos condensados, flavonoides)	
	Folhas (colheita)	-	Ciclagem de nutrientes	Extração de compostos fenólicos	
	Lenha de poda	25 000	Ciclagem de nutrientes e queima (grossa)	Extração de fibra	
	Goma	-	-	Estruturação de pigmentos em substituição da goma arábica	
Castanheiro	Flores (amentilhos)	-	Ciclagem de nutrientes	Extração de compostos fenólicos	Indústria agro-alimentar, nutracêutica e farmacêutica
	Cascas (ext. e interna)	3 000	Queima, composto orgânico	Extração de elaginatinos, ácidos fenólicos e lenhina Klason	
	Ouriços (pós-colheita)	10 000	Ciclagem de nutrientes	Extração de lenhina Klason e compostos fenólicos	
	Folhas (pós-colheita)	-	Ciclagem de nutrientes	Extração de compostos fenólicos (ácido gálico, ácido elágico, flavonoides e lignanas)	
	Lenha de poda	30 000	Queima	Extração de porficianodinas	
Alfarroba	Folhas	-	Ciclagem de nutrientes	Extração de taninos hidrolisáveis e condensados	Indústria agro-alimentar, nutracêutica e farmacêutica
	Casca (epiderme)	1 200	-	Extração de celulose, hemicelulose, lenhina e galactomananas	
	Lenha de poda	14 000	Queima	Extração de taninos condensados	
Nogueira	Cascarão	400	Ciclagem de nutrientes	Extração de ácidos fenólicos, flavonoides e juglona	Indústria agro-alimentar, nutracêutica e farmacêutica
	Casca rija	400	-	Extração de taninos condensados e fibras	
	Folhas (pós-colheita)	-	Ciclagem de nutrientes	Extração de ácidos fenólicos, flavonoides e juglona	
	Lenha de poda	1 500	Queima	Extração de taninos condensados	
Aveleira	Casca rija	80	-	Extração de ácidos fenólicos (<i>e.g.</i> , ácido ferúlico, ácido gálico e ácido sinápico)	Indústria agro-alimentar, nutracêutica e farmacêutica
	Casca verde	-	Ciclagem de nutrientes	Extração de ácidos fenólicos (<i>e.g.</i> , ácido <i>p</i> -cumárico)	
	Folhas (pós-colheita)	-	Ciclagem de nutrientes	Extração de ácidos fenólicos (<i>e.g.</i> , ácido cafeico)	
	Lenha de poda	200	Queima	Extração de hamamelitanino e proantocianidinas	
Pistaceira	Casca exterior	-	-	Extração de ácido gálico, galotaninos e flavonóis	Indústria agro-alimentar, nutracêutica e farmacêutica
	Casca rija	-	-	Extração de taninos condensados	
	Folhas (pós-colheita)	-	Ciclagem de nutrientes	Extração de ácidos fenólicos	
	Lenha de poda	-	Queima	Extração de taninos condensados e fibras	



Centro Nacional de Competências
dos Frutos Secos

A Associação CNCFS é uma pessoa jurídica de direito privado, sem fins lucrativos. Tem como objeto promover o desenvolvimento do setor dos frutos secos em Portugal, nomeadamente: a castanha, a amêndoa, a noz, a avelã, a alfarroba e o pistácio, pela via do reforço da investigação, da promoção da inovação e da transferência e divulgação do conhecimento.