

# Os Produtos Florestais Não Lenhosos de Portugal Continental

Coordenadores:

Margarida Tomé & Tiago Lima



# Bolota

## Produtos Diretos para Inovar

Beltrão Martins, Rita<sup>1,2,3\*</sup>; Babo, Pedro<sup>4,5\*</sup>; Fonseca, Ana Margarida<sup>6</sup>; Paulo, Joana Amaral<sup>7</sup>; Pereira, Gonçalo, M.<sup>8</sup>; Carvalho, João Paulo Fidalgo<sup>2,9</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Agroquímica y Tecnología de Alimentos (IATA-CSIC), C/ Agustín Escardino, nº 7, 46980, Paterna, Valência, Espanha

<sup>2</sup> CITAB - Centro de Investigação e Tecnologias Agroambientais e Biológicas, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

<sup>3</sup> TERRIUS FOOD & TOURISM, Lda. – Espaço TerriuS – Regedouro, Rua Nova nº9, 7000-092, São Brás do Regedouro – Évora – Alentejo

<sup>4</sup> LANDRATECH, Lda. Largo Do Esteiro, nº 6 2050 - 261 Azambuja

<sup>5</sup> Centro de Investigação de Montanha (CIMO), Instituto Politécnico de Bragança, Campus de Santa Apolónia, 5300-253 Bragança, Portugal

<sup>6</sup> Centro de História da Arte e Investigação Artística, Universidade de Évora. Palácio do Vimioso, Largo Marquês de Marialva, nº 8, 7000-809 Évora

<sup>7</sup> Centro de Estudos Florestais, Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa.

<sup>8</sup> Herdade do Carrascal, 7050-520 Santiago Do Escoural

<sup>9</sup> Departamento de Ciências Florestais e Arquitetura Paisagista, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Apartado 1013, 5000-501 Vila Real, Portugal

\*Contactos para correspondência: [rita@terrius.pt](mailto:rita@terrius.pt); [pbabo@landratech.com](mailto:pbabo@landratech.com)

Citação:

Beltrão Martins, R. (Coord.), Babo, P. (Coord.), Fonseca, A.M., Paulo, J.A., Pereira, G.M. & Carvalho, J. (2025). Bolota - Produtos Diretos para Inovar. Em Tomé, M., Lima, T.L.F. (Eds.), *Os Produtos Florestais Não Lenhosos de Portugal Continental* (Por publicar). ISAPress

# Bolota

## Produtos Diretos Para Inovar

### Importância histórica da bolota em Portugal

O consumo de bolota no território que é hoje Portugal, será tão antigo quanto a presença humana no mesmo. Com o final da última glaciação (há cerca de 10 000 anos), a floresta que se desenvolveu incluía um conjunto diversificado de carvalhos produtores de bolota, num bosque do tipo mediterrânico, frequentemente assolado por incêndios, como é próprio deste tipo de sistemas. Estes incêndios, em conjunto com o pastoreio de manadas de animais selvagens, possibilitaria a abertura de clareiras, facilitando a entrada esporádica, no período correspondente ao Paleolítico e depois, mais permanente, já no Neolítico (há cerca de 7 000 anos), de grupos humanos neste território. Durante todo este período, como caçador-recolector, o Homem terá observado que os animais que tentava caçar e, mais tarde, domesticar, se alimentavam predominantemente das espécies das pastagens naturais que surgiam após os incêndios e da bolota que caía dos carvalhos. Terá começado assim a relação do Homem com este alimento. Este consumo de bolota por parte do

Homem, em Portugal, pode ser confirmado por meio de diversos vestígios que incluem a identificação de restos de bolotas torrificadas junto a moinhos constituídos por uma base côncava e um movente, na Citânia de Briteiros, há cerca de 7000 anos (Gómez e Sieso 2022) e no interior de silos com cerca de 5000 anos na região de Chaves, bem como a observação de moinhos, onde se encontram restos de farinha de bolota, com cerca de 5000 anos, descobertos na região de Fornos de Algodres e Foz Côa. Já na idade do Bronze, há cerca de 3000 anos, foram encontradas bolotas torradas na borda de lareiras, no interior de habitações na região de Seia, conjuntamente com todo o conjunto de apetrechos próprios para a sua farinação (Mattoso 1993) e ao longo dos diferentes períodos da história (Alarcão-e-Silva 2001; Fonseca 2004) até tempos mais recentes (Ferrão & Ferrão 1988; Fonseca & Themudo-Barata 2018). A descrição do geógrafo grego Estrabão sobre a Península Ibérica, no século I A.C. descreve como durante três quartas partes do ano comiam um pão feito com farinha de bolotas, revelando que o consumo deste produto era significativo (Gómez e Sieso 2022). A conquista do nosso território pelo Império Romano terá sido a primeira machadada neste consumo regular, quando a tentativa de instalar a paz entre uma grande diversidade de povos que habitavam Portugal, os levou a promover o cultivo de cereais

em detrimento da recolha de bolota das árvores (Marques 2021). O consumo de bolota apenas terá abrandado e ficaram registadas, ao longo da história, o conjunto das tradições, de norte a sul, associadas à colheita, secagem, conservação e consumo deste alimento. Se a norte a distribuição de carvalhos só permitia a obtenção de bolota com elevado teor de taninos, já a sul a azinheira permitia obter bolotas que podiam ser consumidas diretamente das árvores, pela menor quantidade de taninos. Em ambas as regiões o consumo de bolota foi sempre relevante. A norte eram utilizadas diversas práticas para retirar os taninos, nomeadamente mergulhar as bolotas em sacos de sarapilheira numa linha de água por diversos dias, ou cozer em várias águas até as bolotas ficarem doces. Mais a sul, o “deixar avelar”, ou seja, deixar as bolotas amadurecerem e secarem num local sem humidade e à sombra, parecia ser suficiente para obter uma grande quantidade de bolotas para o resto do ano (Fonseca e Themudo-Barata, 2018). Uma técnica diferente consistia em fumar as bolotas na chaminé, após descascadas, num saco de pano ou cesto azeitoneiro, por períodos de 15 dias a dois meses, por forma a secarem, não ganharem fungos e adquirirem um excelente sabor fumado. Outra prática consistia em mergulhar bolotas de sobro e azinho em grandes tanques de água com sal. Assim, as bolotas iam perdendo os taninos (presentes sobretudo nas

bolotas de sobre) e ainda se conservavam por longos períodos (Fonseca e Themudo-Barata 2018). Mais recentemente, a bolota foi utilizada para ser transformada em óleo para consumo humano e farinha para animais: uma unidade industrial em Évora trabalhou a bolota entre 1967 e 1979 (Figura 1) e, segundo o seu diretor, transformava cerca de 250 toneladas de bolota por dia durante a campanha da bolota. As bolotas eram transformadas em óleo puro de bolota ou óleo de mistura para consumo humano, e a farinha de bolota era vendida a outra fábrica para incorporar na formulação de rações (Fonseca 2020).

## Espécies de carvalhos e suas áreas de distribuição

Os carvalhos pertencem ao género *Quercus*, o maior da família Fagaceae. Representam mais de 600 espécies e estão distribuídos em todo o mundo, sendo membros importantes de muitas comunidades florestais, desde florestas decíduas temperadas até savanas subtropicais e tropicais (Tantray et al., 2017).

As árvores do género *Quercus* (doravante carvalhos) têm sido consideradas um sucesso evolutivo durante séculos devido à sua capacidade de sobrevivência (Sork et al., 2022). Este género apresenta uma elevada variabilidade entre espécies e é



Figura 1 - Fábrica de farinhas e óleos em 1950-1960, que mais tarde também processou bolotas. Évora © Arquivo Fotográfico da CM Évora.

caracterizado pela sua madeira, pelas suas folhas simples e alternas e pelos seus frutos, as bolotas. Além disso, também se caracterizam pela alta variabilidade entre indivíduos de uma mesma espécie, observada na diversidade de características e componentes da árvore (p. ex. Kleinschmit, 1993).

Em Portugal, os carvalhos são abundantes, ocupando uma área de cerca de 1.107.600 ha (Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas - ICNF, 2019); as espécies mais predominantes são o carvalho-português (*Q. faginea* Lam.), o carvalho-negral (*Q. pyrenaica* Willd.), a azinheira (*Q. rotundifolia* Lam.), o sobreiro (*Q. suber* L.) e o carvalho-comum (*Q. robur* L., ou *Q. orocantabrica* Rivas Mart. no litoral norte e *Q. estremadurensis* O. Schwarz no centro litoral) – ver nova nomenclatura em Vila-Viçosa et al. (2023). O sobreiro é a segunda espécie arbórea mais abundante em Portugal, ocupando cerca de 720 mil ha (ICNF, 2019). É uma

parte central dos sistemas silvopastoris chamados "montados", muito importantes para o desenvolvimento rural, e é famosa pela produção de cortiça no tronco e nos ramos. A azinheira ocupa cerca de 350 mil ha em Portugal (ICNF, 2019) e é também frequente numa parte dos montados. Por último, o carvalho-negral (Figura 2) é mais comum nas regiões interiores do Norte e Centro de Portugal, ocupando áreas bioclimáticas de cariz submediterrânico-continental, destacando-se os pisos médios e superiores das zonas montanhosas e planaltos.

## Produtos e Serviços associados

É importante começar por referir que, ao abrigo do Regulamento (UE) 2015/2283 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 15 de novembro de 2015), apenas a bolota de *Q. rotundifolia* está aprovada para consumo humano e a de *Q. robur* L. como ingrediente



Figura 2 - Bolotas de carvalho-negral na árvore. Vinhais © Ana Tomás (CEF), no âmbito do projeto AcornDew.

para suplementos alimentares<sup>1</sup>. Por discordarem desta classificação, várias entidades do setor estão a tentar alargar o leque das espécies de carvalhos aprovados para produção de bolotas para consumo humano, por via da antiguidade da sua utilização em toda a Europa.

No que respeita à fileira da bolota de azinheira, os principais produtos alimentares são a bolota inteira (com utilização semelhante à castanha), a farinha de bolota (pela quantidade de amido que apresenta) e o óleo de bolota (semelhante ao azeite). O seu processamento inclui etapas como desidratar, descascar, moer, cozer, tostar e fermentar. Estes processos podem gerar subprodutos, os quais são potenciais fontes de valorização (Vinha et al., 2016). A farinha tem-se mostrado um ingrediente mais procurado do que a bolota inteira pela facilidade de utilização, em particular para o fabrico de pão, empadas, tostas,

biscoitos, bolos, entre outros. Para além do licor de bolota, o chamado “café de bolota” (infusão de bolota) é também um produto tradicional que se fazia no passado e que hoje se encontra disponível no mercado, em que as bolotas são torradas e posteriormente moídas, tendo o processo de torrificação uma grande influência nas características do produto final (Coelho et al., 2018). Para além disso, é possível encontrar muitos outros produtos de bolota tais como bebida vegetal de bolota, bombons, melada, substitutos da carne veganos (p. ex. “hambúrguer” ou “enchidos” de bolota), e outros transformados como pastas para barrar doces e salgadas.

A produção de óleo de bolota foi muito utilizada durante os períodos de escassez alimentar, em particular durante a Guerra Civil Espanhola e nos anos subsequentes. Desde há vários anos que a extração de óleo de bolota de azinheira tem vindo a ser testada, em particular pela sua semelhança com o azeite em termos de ácidos gordos, esteróis, triglicéridos, ceras e tocoferóis (Lopes, 2000). No entanto, pelo seu elevado teor em proteínas lipossolúveis como a vitamina E, tem atraído o interesse da indústria cosmética. No que respeita a outros produtos de bolota, é também feita a extração de amido de bolota, destinado tanto a usos alimentares como para outros fins (Correia et al., 2013).

Bolotas de várias espécies têm sido descritas na farmacopeia tradicional de várias regiões do Mundo como reguladoras do trânsito intestinal. O teor em fibras pré-bióticas, por norma superior a 10 g/100g de peso seco, podem justificar os resultados reportados pelo grupo da Professora Manuela Pintado do CBQF-UCP que comparam o efeito da bolota ao da inulina. Ademais, vários estudos têm vindo a testar a bolota de diferentes espécies em aplicações farmacêuticas com resultados muito promissores, tanto pelas suas características antimicrobianas (p. ex. Silva et al., 2023), como pela sua atividade biológica anticarcinogénica, propriedades cardioprotetoras e uso no tratamento de doenças específicas, tais como arteriosclerose, diabetes, ou doença de Alzheimer (ver revisão em Vinha et al., 2020), pelo que se perspetiva o crescimento da sua utilização neste sector. Ainda no que se refere a bolotas de outras espécies (*Q. ilex*, *Q. pyrenaica*, *Q. robur*), o estudo do seu processamento e aplicações tem vindo igualmente a crescer, particularmente em zonas onde existem azinheiras em menor quantidade, ou nos casos em que as diferentes espécies de *Quercus* coabitam e a apanha individualizada se torna mais difícil e menos rentável (Castro et al., 2022).

No que se refere aos serviços associados a este produto, tradicionalmente as explorações

<sup>1</sup> <https://ec.europa.eu/food/food-feed-portal/screen/novel-food-catalogue/search>

com bolota alugam o seu espaço, na altura em que este fruto abunda nos montados, para a engorda de porcos, habitualmente da Raça Alentejana (ou Ibérica – nome utilizado em Espanha), que vêm maioritariamente do país vizinho, sendo este serviço de *montanha* desenvolvido entre os meses de outubro a janeiro e, em geral, pago ao quilo de peso ganho por cada porco.

## Silvicultura

No âmbito da silvicultura, a produção de bolota para consumo envolve diversos aspetos relevantes, nomeadamente no que se refere à instalação de árvores e à condução do arvoredo, considerando as atuais orientações de sustentabilidade e de gestão deste tipo de ecossistemas. Os tipos de povoamentos aqui abordados prendem-se com os originados por instalação artificial ou por regeneração natural em formações florestais e em sistemas agroflorestais.

Do ponto de vista da silvicultura e de uma gestão florestal sustentável, importa que a produção ou obtenção de bolota para consumo seja realizada de forma integrada com outros bens e serviços providenciados pelo ecossistema. O uso da bolota para consumo humano constitui um elemento adicional de valorização e de promoção das Quercíneas, contribuindo para o desenvolvimento dos territórios (Lanly, 1999; Johann, 2003;

Carvalho, 2012). Não obstante, existem considerações silvícolas que devem ser tomadas em conta por forma a que a utilização deste recurso seja realizada de forma adequada, considerando as diversas vertentes que este tipo de ecossistema oferece; formas de gestão ou de produção mais artificializadas devem ser evitadas.

Esta abordagem silvícola promove, por conseguinte, sinergias com vista a uma multifuncionalidade, com a utilização dos recursos de forma sustentável, a conservação da biodiversidade e a provisão de serviços do ecossistema (Lippke & Oliver, 1993; Söderbaum, 2008). Está também relacionada com a estabilidade, a resistência e capacidade de adaptação, incluindo às alterações climáticas (p. ex. Grantham et al., 2020). Trata-se, igualmente, de uma estratégia que procura estimular a inovação e a adoção de práticas para a sustentabilidade (*Europe Strategy 2030*).

A biodiversidade e a proteção do meio conferem benefícios a vários níveis, constituindo a base das vertentes económica e social (Bradshaw e Bekoff, 2001; Söderbaum, 2008; Isbell et al., 2011; Scheffers et al., 2016). A biodiversidade constitui, por conseguinte, um pré-requisito para ecossistemas florestais estáveis e funcionais.

A silvicultura tem, por conseguinte, uma grande

influência em diversos aspetos destas formações, nas suas características e funcionalidades. Os aspetos aqui abordados prendem-se, por um lado, com a instalação de povoamentos e, por outro lado, com o sistema de silvicultura e a regeneração dos carvalhos.

## Técnicas de intervenção produtiva

### *Instalação de carvalhos*

A instalação artificial de carvalhos é realizada por ação humana através da utilização de sementes ou plantas. Este processo é o utilizado em áreas desarborizadas ou em que não seja indicado ou possível a instalação por via natural. Pode também ser utilizado quando se pretende uma alteração da composição do povoamento. É igualmente viável recorrer-se à instalação artificial nos casos de complemento da regeneração natural, com adensamento ou para melhoria da composição do povoamento.

Em ações de arborização florestal por via artificial importa que os materiais florestais de reprodução utilizados sejam da melhor qualidade possível. Este aspeto influi na adaptação e no crescimento das plantas assim como nas características do futuro povoamento.

A arborização com carvalhos pode envolver diferentes fases e ações, nomeadamente as seguintes: i)

seleção de espécies, ii) obtenção de material vegetal, iii) preparação do terreno, iv) sementeira ou plantação, v) cuidados após instalação. São mencionados aspetos envolvidos na obtenção de sementes, seja para utilização na instalação por sementeira, quer para a consequente produção de plantas. Subsequentemente, interessa ter em conta as técnicas de produção de plantas e de instalação. Esta via de instalação (por plantação) tem sido particularmente difícil e dispendiosa, mesmo com recurso a plantas de qualidade e técnicas de instalação (p. ex., Pardos e Montero, 1997; Loureiro et al., 2001), sendo recomendável o recurso à regeneração natural que se abordará.

### *Produção de Plantas*

A colheita de frutos é crucial para a obtenção de material florestal de reprodução, sendo importante conhecer os aspetos envolvidos para garantir material vegetal de qualidade (Finch-Savage, 1995; Taylor et al., 1998; Carvalho et al., 2014). No caso dos carvalhos, é necessário entender a reprodução e fenologia da espécie, além de fatores intrínsecos (características genéticas, idade e vigor) e extrínsecos (condições climáticas e agentes bióticos). A frutificação anual varia e pode ser abundante a cada 2 a 5 anos, com a idade ótima para produção a começar entre os 30 a 40 anos, dependendo da espécie e das condições de crescimento (Carvalho et al.,

2014). A maturação dos frutos é frequentemente avaliada pela mudança de cor, e a colheita ocorre entre Outubro e Dezembro.

O material vegetal usado na arborização deve ser nativo da região para melhor adaptação e conservação dos recursos genéticos. A migração assistida é uma possibilidade em análise. A indicação da região de proveniência possibilita informação quanto à origem e características do material vegetal. Para as espécies que tenham definidas regiões de proveniência e de certificação obrigatória, a colheita tem de ser realizada em povoamentos previamente definidos para o efeito, inscrevendo-se na categoria de material *selecionado*. Nos casos em que aquelas não estejam definidas, a colheita pode ser realizada tanto em povoamentos como em bosquetes, incluindo-se na categoria de *fonte identificada*. Não obstante, é de todo aconselhável que a colheita se realize em povoamentos *selecionados* de acordo com a lei em vigor (Decreto-Lei n° 205/2003, de 12 de setembro, alterado pelo Decreto-Lei n° 13/2019, de 21 de janeiro).

A colheita sendo realizada em povoamentos ou bosquetes deverá atender a um conjunto de características, consoante as categorias. Os materiais, para garantir qualidade na reprodução, devem apresentar ausência de problemas fitossanitários e densidade adequada. É vital

colher das melhores árvores, considerando vigor e morfologia, especialmente em espécies onde a produção florestal é importante (p. ex. conciliando a produção de madeira e de bolota). Durante a colheita, os frutos devem ser colhidos o mais limpo possível e em bom estado, que não estejam atacados por insetos nem microrganismos. O transporte deve ser cuidadoso, garantindo o bom acondicionamento.

O processamento envolve limpar os frutos, removendo impurezas como folhas e raminhos, e eliminar glandes deterioradas. A limpeza pode ser feita por flutuação em água e seleção visual. O método de conservação depende das características dos frutos, dos meios disponíveis e do tempo de conservação, que em carvalhos é curto, perdendo rapidamente a capacidade germinativa. Para conservações breves, as glandes devem ser mantidas em local fresco; para períodos mais longos (alguns meses e até 12 meses), em câmara fria.

As glandes germinam facilmente em condições adequadas. O substrato varia conforme a espécie e o esquema de produção, e a temperatura ideal de germinação é entre 20 e 25 °C, com sementeira realizada na primavera, tanto ao ar livre quanto em estufa. O tipo de planta pode ser de raiz nua ou em contentor, dependendo da espécie, objetivos e características do local. As técnicas culturais envolvem preparação do solo,

fertilização, sementeira, proteção, monda e rega.

Plantas de raiz nua devem ser do tipo 1+0, com 20 a 60 cm de altura e 20 a 25 cm de comprimento radicular. Para plantas em contentor, recomenda-se um alvéolo alto com volumetria mínima de 400 cm<sup>3</sup> e até um período vegetativo. A micorrização pode ser benéfica, dependendo da espécie e condições. É importante evitar deformações radiculares e verificar o estado sanitário, nutricional e fisiológico das plantas, observando sinais de deficiências, doenças e pragas, e garantindo boa conformação.

### *Instalação*

Na instalação de árvores ou povoamentos de carvalhos, vários fatores devem ser considerados, incluindo aspetos físicos, ambientais, biológicos, financeiros e sociais. Os principais fatores incluem condições climáticas, características do solo, seleção de espécies, técnicas de instalação, qualidade do material vegetal e cuidados pós-instalação.

A preparação do terreno, que envolve o controlo da vegetação espontânea e a mobilização do solo, visa melhorar a adaptação e crescimento das árvores. Nota: o controlo da vegetação pode ou não ser necessário, consoante os casos, proporcionando proteção contra animais e condições locais. A mobilização do solo visa criar condições para um melhor

crescimento, evitando a erosão e a perda de nutrientes. A técnica utilizada deve ser escolhida com base na espécie, clima, topografia e objetivos.

A adubação é relevante - especialmente em solos degradados - sobretudo com P, K, Ca e Mg - ver recomendações para sobreiro em Calouro et al. (2021), sendo recomendado analisar as características do solo e colher amostras para avaliação.

A instalação pode ser feita por meio de glandes ou plantas. A sementeira, realizada após a preparação do terreno e no Inverno, é o método preferível quando as condições de germinação são favoráveis.

O compasso de instalação varia conforme a espécie e as condições, sendo comuns compassos apertados (1,5 x 1,5 m; 2 x 2 m). No caso particular da constituição de um montado (sistema agroflorestal) são utilizados compassos mais largos (4 x 2,5 m; 4 x 4 m), contudo havendo vantagem na redução do compasso com aumento da densidade inicial. Após a instalação, os cuidados incluem proteção das árvores, retanha, controlo da vegetação espontânea, adubação e poda de formação inicial.

A proteção pode ser realizada com cercas ou protetores individuais. Estudos indicam que protetores de polipropileno promovem crescimento inicial, mas podem causar instabilidade devido ao

adelgaçamento das plantas (maior relação altura/diâmetro), minimizado se for polipropileno translúcido; protetores de rede ou de malha fina parecem atingir melhores resultados (Carvalho et al., 1997; Sharpe et al., 1999), e os protetores biodegradáveis também podem ser uma opção recomendada.

A poda de formação é habitualmente necessária para corrigir bifurcações e promover crescimento vertical das árvores, uma vez que numerosos fatores influenciam a conformação das árvores, tais como genéticos, bióticos, ambientais e práticas culturais (p. ex., Smith, 1986; Millet & Bouchard, 2003). Em etapas posteriores, a desramação elimina ramos e reduz a nodosidade do tronco, garantindo um fuste reto e uma copa equilibrada. Tanto a poda de formação quanto a desramação devem ser moderadas, evitando a remoção de mais de 50% da altura da árvore.

### *Regeneração Natural e Condução do Povoamento*

O sistema silvícola relaciona-se com a regeneração do povoamento (Baker, 1950; Smith, 1986; Carvalho, 2012), abrangendo operações culturais, modos de exploração e regeneração. A regeneração natural dos carvalhos utiliza a dispersão de sementes, promovendo a renovação das árvores por via seminal (Figura 3),



Figura 3 - Bolotas germinadas no solo, a base para a regeneração natural por via seminal. Montargil.

que é frequentemente o método mais eficaz. Este processo reduz custos de instalação, permite a seleção de árvores e a conservação de genótipos bem-adaptados localmente, promovendo a diversidade (p. ex. Neale, 1985) e a conformação das árvores, minimizando a necessidade de intervenções. No entanto, a instalação artificial pode ser dificultada por condições adversas do solo e microclima, especialmente em áreas mediterrânicas, onde a sobrevivência estival é desafiante devido ao calor e à seca (p. ex. Pardos e Montero, 1997; Gomez-Aparicio et al., 2008). A regeneração natural contribui para a biodiversidade, conservação do solo e melhoria das condições nutricionais, com consequências positivas para o povoamento.

Muitas operações de regeneração artificial podem ser evitadas, reduzindo a complexidade e custos de instalação. As fases da regeneração natural são afetadas por fatores fisiológicos, estacionais e bióticos, com a importância de cada fator variando de acordo com a espécie,

suas características, o estado do povoamento e condições mesológicas.

Para o sucesso da regeneração, as árvores devem estar maduras e aptas para frutificação, com condições adequadas para o seu estabelecimento. Estas condições são obtidas numa boa parte das situações ou desenvolvidas a partir de adequadas intervenções silvícolas. Quando a regeneração natural é suficiente, deve ser promovida de acordo com o plano de condução e exploração silvícola.

### *Cortes de Regeneração*

A regeneração natural dos carvalhos por via seminal é realizada através de cortes de regeneração. O seu emprego deve tomar em consideração vários fatores, nomeadamente, a espécie, as características ecológicas do local, os atributos do povoamento, o modo de exploração e os objetivos silvícolas (Figura 4).

O processo de regeneração consiste em cortar, de forma seletiva e progressiva, árvores do povoamento, segundo uma

metodologia e critérios próprios, favorecendo a propagação seminal.

Este procedimento silvícola de regeneração ou renovação permite a implementação e desenvolvimento de um conjunto de aspetos. Promove-se a espécie ou espécies de carvalhos adaptadas à estação. Potencia-se o recurso à regeneração natural, conciliando com cortes seletivos orientados. Procede-se ao respeito pelos processos naturais, na promoção e conservação da biodiversidade, bem como, na conservação dos fatores do meio e na estabilidade do povoamento. Permite uma redução dos custos silvícolas de condução e de regeneração. Promovem-se a manutenção das características do povoamento florestal com repercussão em outras funções e usos.

Os cortes de regeneração são simultâneos com os cortes de realização e culturais, o que se reveste de grande interesse e com importantes vantagens. Dado que se mantém o ambiente florestal, a regeneração é realizada em melhores condições. As intervenções silvícolas visam os seguintes principais objetivos: beneficiar o crescimento das árvores; melhorar a qualidade geral do povoamento e a produção (madeira, cortiça, fruto); assegurar a regeneração natural; manter e melhorar a diversidade biológica e os serviços do ecossistema; melhorar a



Figura 4 - Povoamento de carvalho-negral (*Q.pyrenaica*) no Parque Natural de Montesinho, onde predomina a regeneração natural e os cortes progressivos. Vinhais © Ana Tomás (CEF), no âmbito do projeto AcornDew.

capacidade de intervenção e de resposta do povoamento.

A manutenção do coberto florestal do povoamento assegura a condição do ecossistema, uma contínua provisão de bens e serviços, bem como, a obtenção de rendimentos periódicos. Permite melhores condições de regeneração natural e de adaptação, o que é particularmente importante em situações ecológicas mais difíceis. As intervenções são realizadas com vista à diversificação, à seleção e desenvolvimento das árvores mais adaptadas e com melhores características.

### Condução e Produção de Bolota

A densidade do povoamento é analisada de modo a melhorar o crescimento das árvores e a produção do povoamento, considerando requisitos de qualidade, diversidade, vitalidade e estabilidade, de acordo com as condições do meio. Procura-se uma produção sustentada no tempo, a regeneração, a manutenção ou melhoria da capacidade produtiva do povoamento. O controlo da densidade é também realizado tendo em vista a melhoria do crescimento das árvores, da estabilidade do povoamento, a promoção da desramação natural e

da regeneração das árvores do povoamento.

Operações seletivas podem favorecer o desenvolvimento de árvores selecionadas melhorando a produção de bolota. O favorecimento de árvores dominantes com o desenvolvimento da copa irá criar condições para a frutificação e a produção de bolota (Figura 5). Estas operações podem ser dirigidas para determinadas árvores reconhecido o seu potencial produtivo. Os cortes culturais podem beneficiar as árvores ao mesmo tempo que se concilia com a produção de outros bens (madeira, cortiça). Uma adequada seleção é essencial de modo a alcançar determinados



Figura 5 - Condução do carvalho com seleção de árvores com adequadas características, conciliando árvores com boa produção de bolota. © João Carvalho. Projeto Bosques – Carvalho.

propósitos produtivos. Procura-se obter árvores com um bom diâmetro, fustes o mais reto possível, reduzido número de singularidades, com uma boa condição fitossanitária.

A intensidade da intervenção cultural depende da espécie, das características do local, da periodicidade e dos objetivos de silvicultura. Os carvalhos mostram habitualmente uma resposta positiva a desbastes, com um incremento do crescimento, bem como, uma redução da mortalidade (p. ex. Amorini et al., 1996). Conveniente que as intervenções sejam moderadas e frequentes, habitualmente com uma rotação de 5 a 12 anos, consoante os casos. Numa condução apropriada é definida uma dada existência, um diâmetro de explorabilidade, com determinação da rotação.

A poda e a desramação podem ser operações necessárias por forma a obter árvores com uma boa conformação, seja na obtenção de bolota e/ou de outro bem (madeira, cortiça). Aspetos relativos à poda e à desramação foram abordados no ponto anterior, sendo aqui também aplicados.

## Compromissos e sinergias com outros produtos florestais.

O impacto dos animais que pastam no sobcoberto pode ser

incompatível com a exploração de bolota para outros fins.

Não sendo formalmente um produto florestal (ver discussão no capítulo Pastoreio na Floresta), os animais em pastoreio em sistemas silvopastoris consomem a bolota como um recurso alimentar, juntamente com o extrato herbáceo e arbustivo. Os bovinos obtêm 82% das suas necessidades energéticas a partir do sistema silvopastoril, os pequenos ruminantes 77%, e os suínos alimentados com bolota em *montanhaeira* 79% (Gaspar et al., 2012). A energia metabolizável por kg de bolota consumida é de 1918 kcal EM e para ganhar um Kg de peso um suíno em *montanhaeira* deverá ingerir 8,5 kg de bolota.

Os Montados que são utilizados para *montanhaeira* (Figura 6) normalmente têm uma densidade de 40 a 50 árv.ha<sup>-1</sup> (Carbonero, 2011) e o valor médio típico das produções de bolota é considerado entre 9 e 12 kg.árv.<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>, apesar dos valores de produção por árvore apresentarem grandes discrepâncias com uma variação que vai de 0,5 a 147 kg.árv.<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> (Koenig, et al., 2013). Assim estima-se que é necessária uma produção de bolota superior a 400 kg.árv.<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> para manter as densidades pecuárias típicas - e os suínos em particular - durante o outono e o inverno (Vargas et al, 2013).

Este consumo reduz a produção da bolota e o uso da bolota para outros fins como alimentação humana, mas existem sistemas em



Figura 6 - Porco de Raça Alentejana em Montado de Azinho durante a fase de *montanhaeira*, para a engorda com bolota. Barrancos © João Palma (CEF)

que a bolota é colhida para farinha, e só a remanescente fica na área para ser comida pelos animais quando cai no chão. Por outro lado, os animais trazem vantagens ao sistema através do controlo dos matos e do estrume que serve como adubação.

## Fileira

Quando falamos na fileira de produção e comercialização nacional de bolota, é incontornável referir o seu mais antigo produtor e que apresenta o produto há mais tempo no mercado – Herdade do Freixo do Meio. Mais recentemente surgem outros produtores, como a Terrius, que introduziu a farinha de bolota no mercado, em 2013, e o Moinho de Pisões, que no mesmo ano começou por apresentar o produto “bombons de bolota e chocolate” e de seguida passou também a dedicar-se à produção e comercialização da farinha e bolota. Em 2015, a Bolota Viva apresentou também ao mercado diversos produtos de bolota, e mais recentemente (em 2020) surgiu a empresa LandraTech, apresentando-se com um potencial agregador da produção e transformação a nível nacional, uma vez que se dedica ao processo de aquisição de bolota a produtores por todo o país e à industrialização das várias etapas do seu processamento, vendendo depois a diversos clientes. Atualmente, verifica-se um crescente interesse dos

proprietários de diferentes zonas do país em valorizar as bolotas provenientes das suas terras, que em muitos casos até agora não teriam qualquer valorização, vendendo a intermediários ou às empresas que se encarregam da sua transformação.

## Descrição da atividade exploratória e de transformação

O modelo de negócio pode organizar-se de duas formas: 1) produtores/transformadores de bolota que são responsáveis por todo o processo desde a colheita, passando pela transformação, até à venda do produto ao retalho, ou a consumidores finais; 2) cada etapa está entregue a uma entidade diferente: produtor de bolota, transformador e vendedor/distribuidor.

O processo de transformação da bolota encontra-se ainda em transição para a sua total mecanização, uma vez que até há pouco tempo praticamente todas as etapas eram efetuadas à mão e de forma tradicional, com recurso apenas a maquinaria muito simples para apoiar a desidratação (ao sol ou com ventilação forçada), o descasque e a moenda. Nos últimos anos, temos assistido a um grande investimento no desenvolvimento de maquinaria especificamente adaptada ao processamento da bolota, de forma a possibilitar o aumento da produção e a redução do custo de transformação por unidade.

Assim, desde a apanha (ainda manual em muitos casos), passando pela desidratação, descasque e moenda, a transformação da bolota tem vindo a ser alvo de uma grande evolução e investigação por parte de algumas empresas, salientando-se, em Portugal, a LandraTech.

No que se refere aos produtos transformados que utilizam a bolota e a sua farinha (Figura 7a) como ingredientes, estão disponíveis (à data de publicação) no mercado os seguintes: pão (Figura 7b), biscoitos e bolachas (Figura 7c), infusão (sucedânea do café), diversos preparados de vegetais como enchidos, hambúrgueres e patés, sopa, melada de bolota, pastelaria diversa como bombons (Figura 7d) e pastéis de nata com bolota (Figura 7e), sem esquecer a própria bolota assada (Figura 7f).

Há ainda a considerar os subprodutos resultantes do processamento da bolota nos vários produtos já mencionados, como por exemplo i) as cascas resultantes do descasque, que podem ser utilizadas como coagulantes naturais no processo de coagulação/floculação no tratamento de águas residuais (Beltrão Martins, Jorge, et al., 2022; Pereira et al., 2022); ii) as cúpulas são uma fonte de diversos compostos como lenhina, açúcares, antioxidantes e taninos (Caeiro, 2024), com utilidade potencial em várias indústrias.



Figura 7 - a) Farinha de bolota, da Herdade do Freixo do Meio; b) Pão Lusitano com farinha de bolota © José Araújo; d) Bombons de chocolate com bolota, do Moinho de Pisões; e) Pastéis de Nata com bolota, da Pastelaria Landroal; f) Bolotas assadas

## Técnicas de colheita

A colheita das bolotas é ainda, na maioria das áreas onde é realizada, um processo bastante artesanal que é normalmente definido considerando o uso final a dar à bolota.

A apanha manual do chão é uma técnica que requer uma grande disponibilidade de mão de obra (Figura 8a). Apresentam, contudo, um rendimento relativamente baixo, podendo um apanhador, com alguma seletividade de apanha, recolher entre 9 a 15 kg de bolota/hora. Uma apanha menos selectiva, varrendo a bolota em “cordões” (Figura 8b), apesar de exigir um maior trabalho

posterior para limpeza de folhas e pedras, permite uma maior rapidez de colheita. - ver técnicas de cordoamento, e outras soluções de apanha mecânica no [capítulo da Castanha](#).

Devido à redução de disponibilidade de mão de obra e ao aumento dos encargos associados à mesma, verificada de forma generalizada no setor primário, esta forma de colheita é cada vez menos uma opção viável. É ainda um método utilizado quando a bolota recolhida se destina à produção de novas plantas (de características seleccionadas).

Como a maturação e queda da bolota não é uniforme, e como é prolongada ao longo de vários

meses, se por um lado esta técnica acaba por permitir uma pré-selecção ainda no campo do produto colhido, por outro pode obrigar a uma repetição da colheita na área do povoamento. Para contornar isso, outra forma tradicional de apanha da bolota é com recurso a varas (Figura 8c), com a técnica de varejamento, seguida de apanha do chão ou de toldos. É uma técnica em tudo semelhante à utilizada para a apanha da azeitona em olivais tradicionais de sequeiro, sendo desta forma também caracterizada por grandes quantidades de mão de obra e de tempos de trabalho. Neste caso, dependendo da época de apanha, as bolotas podem ser colhidas em diferentes estados de maturação:



Figura 8 - (a) Recolha manual da bolota caída no chão © Joana Paulo, no âmbito do projeto WildFood; (b) Bolota de azinheira varrida em cordão, pronta para apanha; (c) Varejamento da bolota na árvore para concentrar a quantidade a apanhar no chão. Herdade do Freixo do Meio © Ana Fonseca (CITAB/ CHAIA)

Neste caso existe um risco acrescido de danos nas bolotas por parte de insetos ou outros agentes biológicos. A colheita demasiado tardia pode levar à perda de quantidades importantes de bolotas.

danos provocados nos ramos das árvores, em particular os mais finos onde a maior parte da produção da bolota se concentra, situação que pode comprometer a produção do ano seguinte.

É importante notar dois aspetos que afetam em muito a colheita da bolota. Por um lado, a conformação da copa da árvore. Tal como em outras espécies produtoras de fruto, a condução da copa é essencial para maximizar a produção de fruto, assim como facilitar o processo da apanha qualquer que seja a técnica escolhida. Por outro, é importante observar entre as diversas espécies de carvalhos existentes, são diferentes as velocidades de crescimento e a sua resposta aos fatores ambientais (p. ex. Gómez-

Tal como na colheita de azeitona encontram-se cada vez mais disponíveis no mercado varas motorizadas para varejamento mecanizado. Estas técnicas reduzem consideravelmente os tempos de trabalho necessários para a apanha. Acrescentam, contudo, uma premente necessidade de conhecimento prévio sobre a fenologia e desenvolvimento das árvores e da bolota (p. ex. González-González et al. 2013), por forma a reduzir os

- Verdes – Quando são apanhadas entre os meses de setembro a outubro, antes da dispersão da bolota (queda). Nesta fase minimizam-se os riscos de presença de ataques de pragas, mas o produto não está ainda pronto para uso necessitando de ser armazenado.
- Maduras – Quando são apanhadas entre os meses de novembro a dezembro.

Casero et al. 2007; Koenig et al. 2013). Da mesma forma, povoamentos diferentes e mesmo arvores distintas dentro de um mesmo povoamento, encontram-se em estágios distintos de maturação na maior parte da época de apanha da bolota. Este facto deverá implicar um investimento considerável no planeamento e monitorização do povoamento onde se vai fazer a apanha da bolota, associado a um investimento na formação das equipas de apanha.

## Condições de escoamento

### Higiene alimentar

A qualidade e integridade da bolota depende substancialmente das condições de apanha e armazenamento. A pre-existência de pragas e o grau de umidade da bolota são factores críticos para a degradação do fruto.

Os “gorgulhos da bolota” são coleópteros do género *Curculio spp.*, que compreende várias espécies de besouros carpófagos, i.e. que se alimentam de sementes e frutos. Estatisticamente são o maior predador de bolota pré-dispersão. Apesar de algumas espécies serem mais susceptíveis do que outras, tipicamente, acima de 90% das bolotas estão infestadas de gorgulho (Muñoz et al., 2014). Todos os membros do género *Curculio* possuem rostros longos e ovipositores caracteristicamente longos, uma adaptação que se desenvolveu

especificamente pela dependência de sementes para alimentação e reprodução (Figura 9). As fêmeas usam esses ovipositores para abrirem um orifício, que depois sara, e depositam um ovo, do qual eclode uma larva que se alimenta do endosperma da bolota até que emerge para o solo, criando os orifícios que caracterizam o “bichado da bolota”, onde completa o seu ciclo de vida. São resistentes ao congelamento, podendo hibernar dentro da bolota na fase larvar (Udaka & Sinclair, 2014).

As condições sanitárias dos bosques podem ajudar a reduzir as populações de gorgulhos. Por um lado, a recolha da bolota antes que as larvas tenham a chance de escapar e entrar no solo, impedindo assim que complete o seu ciclo de vida, pode contribuir para a redução da incidência de gorgulho. Por outro lado, manter o solo descoberto ou o coberto vegetal cortado sob as árvores ajudará não só à apanha da bolota, como reduz as populações de gorgulhos.

A umidade favorece a germinação e o crescimento de fungos. A bolota tem tendência a apodrecer quando armazenada à temperatura ambiente. Os orifícios criados pelo gorgulho são vias preferenciais para a entrada de água e fungos na bolota que levam à perda das colheitas. De forma a evitar o apodrecimento, várias técnicas têm sido usadas, como o congelamento, secagem e armazenamento a frio. O



Figura 9 - Gorgulho da bolota, *Curculio elephas*, em Espanha © Jimena Andaluca, licença CC0, via Pexels.com

armazenamento a frio ou congelamento têm sido mais eficazes na manutenção das características de cor, textura e conservação em geral de frutos secos (Kader, 2013). Também induzem a dormência de algumas pragas como o gorgulho, reduzindo as perdas associadas. Contudo implicam a disponibilidade de instalações adequadas e custos de manutenção.

A secagem permite reduzir as perdas por fungos e controlar a ação dos gorgulhos. A bolota seca, mantida em locais secos e arejados, pode manter-se estável durante muitos meses, até um par de anos.

### Características e aplicabilidades

A bolota apresenta um perfil nutricional e funcional muito interessante, sendo rica em ácidos gordos (2 a 13%), dos quais cerca de 80% ácidos gordos insaturados - onde se destaca 60% de ómega-9 (ácido oleico) e cerca de 16% de

ômega-6 (ácido linoleico) -, fibra, vitamina E, clorofilas, carotenoides, compostos fenólicos e ainda uma elevada capacidade antioxidante (Beltrão Martins, Gouvinhas, et al., 2022; Silva et al., 2016). Assim, a farinha de bolota mostra-se uma excelente alternativa à farinha de trigo, uma vez que é naturalmente isenta de glúten e permite melhorar o perfil funcional e sensorial de produtos de panificação - apesar de algumas limitações pela baixa capacidade de espumar/*foaming* (Szabłowska & Tańska, 2025). Melhora também o perfil nutricional, uma vez que contribui para aumentar o teor em fibra, ácidos gordos insaturados, minerais, compostos bioativos e capacidade antioxidante (Beltrão Martins, Gouvinhas et al., 2020; Beltrão Martins, Nunes, et al., 2020; Beltrão Martins, Gárzon, et al. 2022). Desta forma, o seu escoamento ao nível da indústria de panificação e da restauração tem vindo a aumentar, e apresenta um grande potencial de crescimento. No entanto, o consumidor final demonstra ainda um interesse limitado acerca do seu consumo, sendo necessário investir mais na comunicação dos benefícios da bolota e dos seus produtos.

Finalmente, o escoamento destinado aos usos farmacêuticos, cosméticos e a outras indústrias potenciais utilizadoras de bolota tem vindo a aumentar, podendo facilmente ultrapassar o escoamento pelo qual a indústria

alimentar é responsável, uma vez que é permitido (para esses fins) utilizar bolotas provenientes de outras espécies para além da azinheira.

### Limitações à sua adoção

No que se refere às limitações ao aumento do consumo de bolota, existem diversos fatores que podem justificar o tempo que tem levado a sua introdução no mercado e a sua baixa procura. Por diversas razões, o uso tradicional da bolota na alimentação humana praticamente desapareceu desde o final dos anos 70 do Sec. XX. Desde então passou a ser um recurso quase exclusivamente explorado para a alimentação animal, no entanto o seu potencial é muito vasto, acima de tudo pelas suas características únicas. A disponibilidade de bolota e dos seus produtos, atualmente, no mercado, permite a progressiva recuperação do uso deste produto milenar, originário do Mediterrâneo. Porém a sua reintrodução na alimentação humana tem sido lenta, sendo o escoamento do produto um tema ainda complexo, por diferentes motivos (apresentados mais à frente, em “Potencial económico”).

Como referido anteriormente, todo o processo de transformação está ainda por otimizar, não existindo escala de produção, o que leva o produto final a chegar ao mercado com um preço pouco competitivo, quando comparado com outros ingredientes concorrentes.

A bolota é um alimento que os consumidores em geral associam à alimentação animal, principalmente de porcos e, por outro lado, a momentos de escassez alimentar, ou consumos tradicionais muito localizados, pela abundância do fruto, como no Alentejo. O sabor da bolota é ligeiramente amargo, e genericamente desconhecido pelo consumidor, uma característica que dificulta a sua adoção como alimento comum. Por outro lado, tal como muitos outros alimentos que são introduzidos no nosso país, o facto da bolota não estar facilmente disponível na grande distribuição dificulta o acesso por parte do consumidor. Sendo um alimento desconhecido para o consumidor em geral, é importante trabalhar mais a sua comunicação, facilidade de acesso e formas de utilização, de maneira a não ser visto apenas como um ingrediente de uso muito esporádico, ou de apanha lúdica pelo próprio consumidor.

### Potencial económico

Atualmente, o maior potencial económico da bolota reside na sua utilização diretamente no campo para alimentação de suínos da Raça Alentejana e em menor escala da Raça Bísara, permitindo a sua valorização através da *montanheira*, dando origem a diversos produtos de charcutaria de elevado valor acrescentado, para além da carne fresca comercializada com valores de mercado mais altos. Estes produtos apresentam

características únicas, tanto ao nível organolético como nutricional, uma vez que a bolota tem uma grande influência na qualidade da carne em geral e no perfil de ácidos gordos em particular (Rey et al., 2006). Esta mais-valia que a alimentação com bolota permite obter na carne de suíno não é exclusiva das raças autóctones portuguesas referidas, sendo por isso possível tirar ainda mais partido do aproveitamento da bolota na alimentação destes animais. Por outro lado, também os ruminantes (bovinos, caprinos e ovinos), que estão em pastoreio extensivo, se alimentam de bolota, mas a valorização do produto final não é conseguida da mesma forma que nos suínos.

Ainda assim, e apesar de não existirem números concretos, sabe-se que cerca de metade da bolota de azinheira não tem qualquer tipo de valorização e simplesmente fica no solo como matéria orgânica. No último Inventário Florestal Nacional (ICNF, 2019) foram identificados cerca de 350.000 ha de azinhal, mostrando o potencial associado à quantidade de bolota, que está disponível, e não é valorizada de forma alguma.

A utilização da bolota na alimentação humana mostra-se como um excelente exemplo de valorização de ingredientes subexplorados, agregando diversas tendências de mercado, tais como ingrediente rico em fibra, probióticos, elevado conteúdo de compostos bioativos

e consequente elevada capacidade antioxidante, naturalmente isenta de glúten e baixo índice glicémico (Beltrão Martins, Gouvinhas et al., 2022).

Há ainda a considerar a bolota como fonte de extração de óleo. O seu conteúdo em gordura pode chegar aos 14% e foram já feitos diversos testes com sucesso, sendo o óleo semelhante ao azeite. Fica o desafio futuro de olhar para este recurso como uma fonte de gordura vegetal insaturada passível de ser introduzida na alimentação humana de consumo regular (Lopes, 2000).

Outro potencial económico a desenvolver é o da saúde. A bolota proveniente de diversas espécies tem vindo a ser estudada em distintas aplicações cosméticas e farmacêuticas, demonstrando um enorme potencial devido a todas as suas propriedades benéficas para a saúde já referidas anteriormente, mostrando assim o valor associado a este recurso que está ainda por explorar (Silva et al., 2023; Vinha et al., 2020).

## Agradecimentos

Trabalho apoiado por Fundos Nacionais através da FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia, no âmbito do CITAB (UIDB/04033/2020), Inov4Agro (LA/P/0126/2020) e dos projetos AcornDew (MTS/SAS/0099/2020) e MEDACORNET PRIMA/0003/2022 (LandraTech).

Trabalho apoiado pela Fundação “La Caixa, no âmbito dos projetos SILVA (PD24-00046), “LandFood - PV20-00050”, “Acorn4MED - PV20-00038” e “WebLand - PV21-00021” (LandraTech). À Confraria Ibérica da Bolota, no desenvolvimento de diversas atividades de promoção e uso da bolota para consumo humano. Trabalho apoiado pelo Programa de Recuperação e Resiliência (PRR) financiado pela União Europeia NextGenerationEU através do investimento “OakFood” RE-C05-i03 (LandraTech).

## Bibliografia

- Alarcão-e-Silva, M. L. (2001). Catarina Dias de Aguiar – empresária de cortiça, aposentadorias e especiarias em tempos de descobrimentos (sécs. XV – XVI). Em *Faces de Eva – estudos sobre a mulher* (pp. 107–130). Edições Colibri/ Universidade Nova de Lisboa
- Amorini, E., Bruschini, S., Cutini, A., Di Lorenzo, M., & Fabbio, G. (1996). Treatment of Turkey oak (*Quercus cerris* L.) coppices. Structure, biomass and silvicultural options. *Annali Istituto Sperimentale Selvicoltura Arezzo*, 27, 105–111. ISSN: 0390-0010
- Baker, F.S. (1950). *Principles of silviculture*. McGraw-Hill. ISBN: 9780070033856
- Beltrão Martins, R., Gouvinhas, I., Nunes, M. C., Alcides Peres, J., Raymundo, A., & Barros, A. I. R. N. A. (2020). Acorn flour as a source of bioactive compounds in gluten-free bread. *Molecules*, 25(16). <https://doi.org/10.3390/molecules25163568>
- Beltrão Martins, R., Nunes, M. C., Ferreira, L. M. M., Peres, J. A., Barros, A. I. R. N. A., & Raymundo, A. (2020). Impact of acorn flour on gluten-free dough rheology properties. *Foods*, 9(5). <https://doi.org/10.3390/foods9050560>
- Beltrão Martins, R., Garzón, R., Peres, J. A., Barros, A. I. R. N. A., Raymundo, A., & Rosell, C. M. (2022). Acorn flour and sourdough: An innovative combination to improve gluten-free bread characteristics. *European Food Research and Technology*, 248(6), 1691–1702. <https://doi.org/10.1007/s00217-022-03996-y>
- Beltrão Martins, R., Gouvinhas, I., Nunes, M. C., Ferreira, L. M., Peres, J. A., Raymundo, A., & Barros, A. I. R. N. A. (2022). Acorn flour from holm oak (*Quercus rotundifolia*): Assessment of nutritional, phenolic, and technological profile. *Current Research in Food Science*, 5, 2211–2218. <https://doi.org/10.1016/j.crf.2022.11.003>
- Beltrão Martins, R., Jorge, N., Lucas, M. S., Raymundo, A., Barros, A. I. R. N. A., & Peres, J. A. (2022). Food by-product valorization by using plant-based coagulants combined with AOPs for agro-industrial wastewater treatment. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(7). <https://doi.org/10.3390/ijerph19074134>
- Caeiro, A.C. da T. (2024). Valuing the acorn cupule of different oak species in a circular economy context [Tese de Mestrado, Universidade de Évora]. Repositório da Universidade de Évora. <http://hdl.handle.net/10174/36673>
- Calouro, F. (Coord.), Sempiterno, C., Marcelo, M. da E., Jordão, P., Fernandes, R., Soares-David, T., Valdiviesso, T. & Silva, C.S. (2021). *Manual de Fertilização do Sobreiro*. INIAV - Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária, I.P. ISBN: 978-972-579-064-9. Acessível em: [https://www.unac.pt/images/WEB\\_A4\\_MANUAL\\_NUTRISUBER\\_v4.pdf](https://www.unac.pt/images/WEB_A4_MANUAL_NUTRISUBER_v4.pdf)
- Carbonero, M. D. (2011). *Evaluación de la producción y composición de la bellota de encina en Dehesas* [Tese de doutoramento]. Universidad de Córdoba. <http://hdl.handle.net/10396/5715>
- Carvalho, J., Marques, P., & Torres, F. (1997). Growth response of *Quercus rubra* L. to different establishment and management techniques in an agroforestry system in Northwestern Portugal. In *Proceedings of the International Conference 'Agroforestry for Sustainable Land-Use'* (pp. 119–125). Montpellier, France. <http://hdl.handle.net/10348/1541>
- Carvalho, J. (2012). Oak forest management. Em Chuteira, C. & Grão, A. (Eds.), *Oaks: Ecology, types and management*. Nova Science Publishers. Nova Iorque. ISBN: 978-1-61942-492-0. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/288307899\\_Oak\\_forest\\_management](https://www.researchgate.net/publication/288307899_Oak_forest_management)
- Carvalho, J., Pinto, G., & Silva, C. (2014). *Colheita e processamento de sementes e frutos de espécies florestais autóctones*. Ed. Minerva. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/344954188\\_Colheita\\_e\\_Processamento\\_de\\_Frutos\\_e\\_Sementes\\_de\\_Especies\\_Florestais\\_Autoctones](https://www.researchgate.net/publication/344954188_Colheita_e_Processamento_de_Frutos_e_Sementes_de_Especies_Florestais_Autoctones)

- Castro, L. M. G., Ribeiro, T. B., Machado, M., Alexandre, E. M. C., Saraiva, J. A., & Pintado, M. (2022). Unraveling the effect of dehulling methods on the nutritional composition of acorn *Quercus* spp. *Journal of Food Composition and Analysis*, 106. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2021.104354>
- Coelho, M., Silva, S., Rodríguez-Alcalá, L. M., Oliveira, A., Costa, E. M., Borges, A., Martins, C., Rodrigues, A. S., & Pintado, M. M. E. (2018). *Quercus*-based coffee-like beverage: Effect of roasting process and functional characterization. *Journal of Food Measurement and Characterization*. <https://doi.org/10.1007/s11694-017-9660-9>
- Correia, P. R., Nunes, M. C., & Beirão-da-Costa, M. L. (2013). The effect of starch isolation method on physical and functional properties of Portuguese nut starches. II. *Q. rotundifolia* Lam. and *Q. suber* Lam. acorns starches. *Food Hydrocolloids*. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2012.06.014>
- Fenner, M. (2000). *Seeds – The ecology of regeneration in plant communities*. CABI Publ. <https://doi.org/10.1079/9780851994321.0000>
- Ferrão, J. E., & Ferrão, A. M. (1988). A bolota e a gande, potencialidades em óleo e farinha. *Revista de Ciências Agrárias*, 2, 15–29. <http://hdl.handle.net/10400.5/24634>
- Finch-Savage, W. (1995). Influence of seed quality on crop establishment, growth and yield. In C. Basra (Ed.), *Seed quality* (pp. 361–384). Food Prod. Press. <http://dx.doi.org/10.4324/9781003075226-11>
- Fonseca, A. M. (2004). *O Montado no Alentejo (Século XV a XVIII)*. Edições Colibri. ISBN: 9789727725052
- Fonseca, A. M. (2020). Inovação e retro-inovação aplicadas ao sector da bolota para consumo humano em Portugal. *Lucanus – Revista de Ambiente e Sociedade*, IV, 134–157. Disponível em: <http://www.lucanus.cm-lousada.pt/download/1124/>
- Fonseca, A. M., & Themudo-Barata, F. (2018). Utilização de alimentos de substituição nos montados do Alentejo no segundo e terceiro quartis do século XX. *Revista História e Economia*, 21. <https://www.historiaeeconomia.pt/index.php/he/article/view/171>
- Gaspar, P., Escribano, M., Mesías, F. J., Pulido, A. F., & Escribano, A. J. (2012). Economic and grazing resources analysis of extensive livestock farming systems (dehesas) in Spain. *63rd Annual Meeting of the European Federation of Animal Science*. Bratislava. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/261873364\\_Economic\\_and\\_grazing\\_resources\\_analysis\\_of\\_extensive\\_livestock\\_farming\\_systems\\_dehesas\\_in\\_Spain](https://www.researchgate.net/publication/261873364_Economic_and_grazing_resources_analysis_of_extensive_livestock_farming_systems_dehesas_in_Spain)
- Gómez, E. G., & Sieso, J. P. (2022). *Las bellotas y el ser humano - Avatares de un símbolo en la península ibérica*. EDIT. IV CENTENARIO. ISBN: 978-84-124312-5-4
- Gomez-Aparicio, L., Perez-Ramos, I., Mendoza, I., Matias, L., Quero, J., Castro, J., Zamora, R., & Marañón, T. (2008). Oak seedling survival and growth along resource gradients in Mediterranean forests: Implications for regeneration in current and future environmental scenarios. *Oikos*, 117(11), 1683–1699. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0706.2008.16835.x>
- Grantham, H. S., Duncan, A., Evans, T. D., et al. (2020). Anthropogenic modification of forests means only 40% of remaining forests have high ecosystem integrity. *Nature Communications*, 11(5978). <https://doi.org/10.1038/s41467-020-19493-3>
- ICNF - Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas. (2019). *6º Inventário Florestal Nacional (IFN6) - 2015 Relatório Final*. ICNF. <http://www2.icnf.pt/portal/florestas/ifn/ifn6>
- Isbell, F., Calcagno, V., Hector, A., Connolly, J., Harpole, W., Reich, P., Lorenzen, M., Schmid, B., Tilman, D., Ruijven, J., Weigelt, A., Wilsey, B., & Zavaleta, E. (2011). High plant diversity is needed to maintain ecosystem services. *Nature*, 477(7363), 199–202. <https://doi.org/10.1038/nature10282>
- Johann, E. (2003). More about diversity in European forests: The interrelation between human behavior forestry and nature conservation at the turn of the 19th century [Apresentação Conferência]. 2º International Conference of ESEH -

- Dealing with Diversity, Prague. 3-7 setembro 2003. Charles Univ Prague. Resumo disponível em (p. 45): [http://cseh.org/wp-content/uploads/abstracts\\_2003.pdf](http://cseh.org/wp-content/uploads/abstracts_2003.pdf)
- Kader, A. A. (2013) 2 - Impact of nut postharvest handling, de-shelling, drying and storage on quality. Em Harris, L. J., *Improving the Safety and Quality of Nuts* (pp. 22-34). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1533/9780857097484.1.22>
- Kleinschmit, J. (1993). Intraspecific variation of growth and adaptive traits in European oak species. *Annals of Forest Science*, 50(Supplement), 166s–185s. <https://doi.org/10.1051/forest:19930716>
- Koenig, W. D., Díaz, M., Pulido, F., Alejano, R., Beamonte, E., & Knops, J. M. (2013). Acorn production patterns. Em: Campos, P., Huntsinger, L., Oviedo, J. L., Starrs, P. F., Diaz, M., Standiford, R. B. & Montero, G. *Mediterranean oak woodland working landscapes: Dehesas of Spain and ranchlands of California* (Vol. 16, pp. 181–209). Springer, Dordrecht. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/243462089\\_Acorn\\_Production\\_Patterns](https://www.researchgate.net/publication/243462089_Acorn_Production_Patterns)
- Lanly, J. (1999). Aménagement forestier et gestion durable. *Revue Forestière Française*, sp, 45–49. <https://doi.org/10.4267/2042/5503>
- Lippke, B., & Oliver, C. (1993). Managing for multiple values. *Journal of Forestry*, 91(12), 14–18. <https://doi.org/10.1093/jof/91.12.14>
- Lopes, I. M. G. (2000). *Extracção e caracterização do óleo de bolota* [Dissertação de Mestrado]. Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa. <http://hdl.handle.net/10400.5/24635>
- Loureiro, A., Carvalho, J., Gomes, A., Vale, R., Louzada, J., Alves, E., Geraldes, A., & Silva, C. (2001). Projecto de Desenvolvimento Experimental e Demonstração de Técnicas de Produção do Sobreiro em Trás-os-Montes (pp. 148-149). *4º Congresso Florestal Nacional - Resumos das Comunicações*, SPCF - Sociedade Portuguesa de Ciências Florestais, Évora, 28-30 Nov.
- Marques, M. A. F. (2017). A alimentação no tempo de D. Afonso Henriques. Em Barroca, M. J. (Coord.), *No tempo de D. Afonso Henriques: Reflexões sobre o primeiro século português* (pp. 247-278). orto, CITCEM - Centro de Investigação Transdisciplinar «Cultura, Espaço e Memória». Disponível em: <https://ler.letras.up.pt/uploads/ficheiros/17411.pdf>
- Mattoso, J. (Ed.). (1993). *História de Portugal – Antes de Portugal* (Vol. 1). Editorial Estampa. ISBN: 9789723309201
- Millet, J., & Bouchard, A. (2003). Architecture of silver maple and its response to pruning near the power distribution network. *Canadian Journal of Forest Research*, 33(4), 726–739. <https://doi.org/10.1139/x02-202>
- Moreira, A. C., & Martins, J. M. S. (2005). Influence of site factors on the impact of *Phytophthora cinnamomi* in cork oak stands in Portugal. *Forest Pathology*, 35(3), 145–162. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0329.2005.00396.x>
- Muñoz, A., Bonal, R. & Espelta, J. M. (2014). Acorn – weevil interactions in a mixed-oak forest: Outcomes for larval growth and plant recruitment. *Forest Ecology and Management*, 322, 98-105. ISSN: 0378-1127. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2014.02.039>
- Neale, D. B. (1985). Genetic implications of shelterwood regeneration of Douglas-fir in Southwest Oregon. *Forest Science*, 31(4), 995–1005. <https://doi.org/10.1093/forestscience/31.4.995>
- Pardos, M., & Montero, G. (1997). Ensayo de diferentes técnicas de cultivo de planta de alcornoque en vivero y su seguimiento en campo. *Cuadernos Sociedad Española de Ciencias Forestales*, (4). <https://doi.org/10.31167/csef.v0i4.9099>
- Pereira, M. J., Grosjean, O., Pintado, M., Brazinha, C., & Crespo, J. (2022). Clean technologies for production of valuable fractions from sardine cooking wastewaters: An integrated process of flocculation and reverse osmosis. *Clean Technologies*, 4(2), 276–295. <https://doi.org/10.3390/cleantech4020016>

- Regulamento (UE) 2015/2283 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 25 de novembro de 2015, relativo a novos alimentos, que altera o Regulamento (UE) n.º 1169/2011 do Parlamento Europeu e do Conselho e que revoga o Regulamento (CE) n.º 258/97 do Parlamento Europeu e do Conselho e o Regulamento (CE) n.º 1852/2001 da Comissão (Texto relevante para efeitos do EEE). <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2015/2283/oj/por>
- Rey, A. I., Daza, A., López-Carrasco, C., & López-Bote, C. J. (2006). Feeding Iberian pigs with acorns and grass in either free-range or confinement affects the carcass characteristics and fatty acids and tocopherols accumulation in *Longissimus dorsi* muscle and backfat. *Meat Science*, 73(1), 66–74. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2005.10.018>
- Scheffers, B., Meester, L., Bridge, T., Hoffmann, A., Pandolfi, J., Corlett, R., & Watson, J. E. M. (2016). The broad footprint of climate change from genes to biomes to people. *Science*, 354(6313). <https://doi.org/10.1126/science.aaf7671>
- Sequeira, E. M. (1989). *Protecção do solo no Alentejo*. Programa de Investigação na Área da Pedologia para Concurso de Acesso a Investigador Coordenador, Estação Agronómica Nacional, Oeiras, INIA.
- Sharpe, W., Swistock, B., Mecum, K., & Demchik, M. (1999). Greenhouse and field growth of northern red oak seedlings inside different types of treeshelters. *Journal of Arboriculture*, 25(5), 249–257. <https://doi.org/10.48044/jauf.1999.034>
- Silva, S., Costa, E. M., Borges, A., Carvalho, A. P., Monteiro, M. J., & Pintado, M. M. E. (2016). Nutritional characterization of acorn flour (a traditional component of the Mediterranean gastronomic folklore). *Journal of Food Measurement and Characterization*, 10(3), 584–588. <https://doi.org/10.1007/s11694-016-9340-1>
- Silva, S., Machado, M., Coelho, M., Costa, E. M., & Pintado, M. (2023). Insights into the antimicrobial potential of acorn extracts (*Quercus ilex* and *Q. suber*). *Applied Sciences*, 13(11). <https://doi.org/10.3390/app13116820>
- Smith, D. M. (1986). *The practice of silviculture* (8ª Ed.). Hoboken, Nova Jérсия. John Wiley and Sons.
- Söderbaum, P. (2008). *Understanding sustainability economics: Towards pluralism in economics*. Earthscan. ISBN: 9781844076277
- Sork, V. L., Cokus, S. J., Fitz-Gibbon, S. T., Zimin, A. V., Puiu, D., Garcia, J. A., Gugger, P. F., Henriquez, C. L., Zhen, Y., Lohmueller, K. E., Pellegrini, M., Salzberg, S. L. (2022). High-quality genome and methylomes illustrate features underlying evolutionary success of oaks. *Nature Communications*, 13(1), 2047. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-29584-y>
- Szablowska, E., & Tańska, M. (2025). Effects of Acorn Flour Addition on Baking Characteristics of Wheat Flour. *Foods*, 14(2), 190. <https://doi.org/10.3390/foods14020190>
- Tantray, Y. R., Wani, M. S., & Hussain, A. (2017). Genus *Quercus*: An overview. *International Journal of Advanced Research in Science and Engineering*, 6(8), 1880–1886. ISSN: 2319-8354. <https://doi.org/10.2478/fsmu-2021-0001>
- Taylor, A., Allen, P., Bennett, M., Bradford, K., Burris, J., & Misra, M. (1998). Seed enhancements. *Seed Science Research*, 8(3), 245–256. <https://doi.org/10.1017/S0960258500004141>
- Udaka, H. & Sinclair, B.J. (2014). The overwintering biology of the acorn weevil, *Curculio glandium* in southwestern Ontario. *Journal of Thermal Biology*, 44, 103–109. ISSN 0306-4565. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2014.02.019>
- Vargas, J. D. D., Huntsinger, L., & Starrs, P. F. (2013). Raising livestock in oak woodlands. Em Campos, P. et al. (Eds.) *Mediterranean oak woodland working landscapes* (vol. 16, pp. 273–310). Landscape series. Springer. [https://doi.org/10.1007/978-94-007-6707-2\\_10](https://doi.org/10.1007/978-94-007-6707-2_10)
- Vila-Viçosa, C. M., Capelo, J. H., Alves, P., Almeida, R. S., & Vázquez, F. M. (2023). A new annotated checklist of the Portuguese oaks (*Quercus* L., Fagaceae). *Mediterranean Botany*, 44, e79286. <https://doi.org/10.5209/mbot.79286>

- Vinha, A. F., Barreira, J. C. M., Costa, A. S. G., & Oliveira, M. B. P. P. (2016). A new age for *Quercus* spp. fruits: Review on nutritional and phytochemical composition and related biological activities of acorns. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 15(6), 947–981. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12220>
- Vinha, A. F., Barreira, J. C. M., Ferreira, I. C. F. R., & Oliveira, M. B. P. P. (2020). Therapeutic, phytochemistry, and pharmacology of acorns (*Quercus* nuts): A review. Em: Murphy, H., Bapat, V. (Eds.). *Bioactive Compounds in Underutilized Fruits and Nuts. Reference Series in Phytochemistry*. Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-30182-8\\_46](https://doi.org/10.1007/978-3-030-30182-8_46)