

## **Incidência da cobrilha da cortiça em *Quercus suber* L. em povoamentos puros e mistos com pinheiro-manso**

**Francisco Godinho Correia Vallejo de Carvalho**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em  
**Engenharia Agronómica**

**Orientadores:** Professora Doutora Manuela Rodrigues Branco Simões

Doutora Alexandra Cristina Pires Correia

**Júri:**

Presidente: Doutor João Rui Rolim Fernandes Machado Lopes, Professor auxiliar do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa.

Vogais: Professora Doutora Manuela Rodrigues Branco Simões, Professora associada com agregação do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa;

Doutora José Carlos Franco Santos Silva, Professora associado do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa.

2022

## **Agradecimentos**

Esta tese foi parcialmente financiada por fundos nacionais da FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia, I.P., no âmbito do projeto PCIF/MOS/0012/2019 – Corknut Florestas mistas de sobreiro e pinheiro-manso: gestão para a valorização dos produtos, promoção da biodiversidade e prevenção de fogos florestais.

Agradeço profundamente às minhas orientadoras, Professora Manuela Branco e Investigadora Alexandra Correia pela ajuda na realização deste trabalho sempre disponíveis para me ajudar tanto na componente prática assim como na componente teórica e dedicaram muito do seu tempo para me auxiliar, motivar e esclarecer dúvidas. Sendo para mim exemplo de profissionalismo, humildade, amizade e dedicação valores que espero levar tanto a nível profissional como pessoal. Todas as palavras e ensinamentos que me transmitiram irei levar no meu coração.

Aos meu colegas de campo, Inês e Pedro pela ajuda e simpatia que deram nos dias de campo e principalmente ao David por ter acompanhado todas as visitas de campo, pela paciência que tinha em ensinar-me e corrigir-me quando algo corria mal e pela grande ajuda que me deu ao longo deste trabalho.

A todos os proprietários pela simpatia em disponibilizarem as suas propriedades para estudo, por todo o apoio logístico que precisei e pela transmissão de muitos ensinamentos que por vezes não tinha tão bem conciliados.

Ao meu pai, que me fez crescer o gosto pelo campo e principalmente pelo montado, à minha mãe e irmã que sempre acreditaram nas minhas capacidades e me motivaram nesta etapa. Em especial aos três, por me ajudarem a ultrapassar cada desafio, acalmarem quando necessito, festejarem quando conquisto algo e por estarem sempre presentes para me aconselharem soluções para cada problema.

A todos os meus amigos que fizeram parte da minha vida académica e aqueles que me ajudaram na realização deste trabalho com palavras de apreço e incentivo nos momentos mais complicados.

Aos meus avós, pelo orgulho que, de certo, terão por mim e no meu trabalho.



## Resumo

A “cobrilha da cortiça” *Coroebus undatus*, (Coleoptera: Buprestidae), é o principal agente biótico responsável pela desvalorização da qualidade da cortiça no sobreiro (*Quercus suber*) em Portugal. Apesar dos esforços nacionais e internacionais, não existem produtos fitofarmacêuticos que permitam combater eficazmente esta praga.

Este trabalho teve como objetivo principal investigar se opções de silvicultura preventiva, mais especificamente a mistura do sobreiro com pinheiro-manso, podem reduzir a incidência de cobrilha. Para tal avaliamos o nível de intensidade do ataque de cobrilha em povoamento puros e mistos de sobreiro com pinheiro-manso, em parcelas localizadas em cinco regiões distintas do país. As árvores foram inventariadas quanto às suas características dendrométricas, e foi avaliada a intensidade de pastoreio. Os resultados mostram que existe uma tendência de maior incidência de ataque por parte da cobrilha em povoamentos puros relativamente a povoamentos mistos, mas a diferença não foi estatisticamente significativa. Nos povoamentos puros a intensidade de ataque esteve positivamente correlacionada com a densidade arbórea. No que diz respeito à intensidade do pastoreio, a incidência de ataque foi maior com a presença de gado bovino.

Em conclusão, apesar dos sobreiros que cresceram em mistura com o pinheiro-manso apresentarem uma ligeira diminuição da incidência, estes resultados não foram significativos sendo necessário a recolha de mais dados e um tratamento estatístico específico dado que se verificou um efeito muito significativo do tipo de pastoreio na incidência de cobrilha. Com efeito, as avaliações adicionais realizadas mostraram que o pastoreio, sobretudo por gado bovino, parece exercer um impacte muito negativo e significativo na incidência de cobrilha. Esta informação merece ser analisada com maior detalhe em futuros trabalhos.

**Palavras chave:** cobrilha da cortiça, *Coroebus undatus*, índice de ataque, povoamento misto de sobreiro com pinheiro-manso.

## Abstract

*Coroebus undatus* (Coleoptera: Buprestidae) is primarily responsible for the devaluation of the cork quality of in cork oak (*Quercus suber*) in Portugal. Although national and international efforts have been made to investigate the species, there are no plant protection products that can effectively fight this pest.

The main objective of this work was to investigate whether preventive silviculture options, more specifically the mixture of cork oak with stone pine, can reduce the incidence of the beetle attack. To this end, we evaluated the level of intensity of the beetle attack in pure and mixed stands of cork oak and stone pine in plots located in five different regions. The trees were inventoried for their dendrometric characteristics and the grazing intensity was evaluated. The results shows a tendency towards a higher incidence of attack by the beetle in pure stands compared to mixed stands, but these results were not statistically significant. With regard to grazing intensity the incidence of attack was higher with the presence of cattle.

In conclusion, although cork oak growing in mixture with stone pine showed a slight decrease in the damage caused by *C. undatus*, these results were not conclusive and more samplings are required. Additional assessments carried out showed that grazing by cattle appears to have a very negative and significant impact on the incidence of *C. undatus*. This information deserves to be analyzed in more detail in future works.

**Keywords:** Attack index, border insect, *Coroebus undatus*, mixed stand of cork oak and stone pine

## Índice de Texto

1. Introdução.....	9
1.1. O ecossistema de montado em Portugal: dimensão geográfica e importância ecológica.....	11
1.2. Importância da cortiça: produção e valor económico .....	12
1.3. O sobreiro: ecologia e preferências bioclimáticas.....	13
1.4. Declínio do sobreiro e desvalorização da cortiça: principais causas .....	13
1.4.1. O desafio das alterações climáticas.....	14
1.4.2. Agentes bióticos .....	15
1.5. Cobrilha da cortiça.....	16
1.5.1. Ciclo biológico .....	16
1.5.2. Danos da cortiça.....	16
1.5.3. Monitorização da cobrilha na árvore .....	18
1.5.4. Fatores de risco.....	19
1.5.5. Meios de luta .....	20
1.6. A silvicultura no apoio à gestão de pragas.....	21
1.6.1. Caso particular: mistura de sobreiro e pinheiro-manso .....	21
2. Material e métodos .....	22
2.1. Seleção dos locais experimentais.....	22
2.2. Caracterização do clima, solo e características ecológicas .....	24
2.3. Caracterização dendrométrica .....	29
2.4. Estimativa do ataque da cobrilha.....	31
2.4.1. Cálculo do índice de ataque na árvore (IA) .....	31
2.5. Análise estatística.....	33
3. Resultados.....	33
3.1. Ataque de cobrilha de acordo com a exposição do tronco .....	33
3.2. Incidência de cobrilha em povoamentos puros e mistos .....	34
3.2.1. Diferenças por herdades .....	35
3.2.2. Variação com o Diâmetro à altura do peito (DAP) .....	36
3.2.3. Variação com a altura de descortiçamento .....	37
3.2.4. Variação com a densidade de sobreiros na parcela.....	38
3.3. Variação com o pastoreio.....	39
4. Discussão .....	41
5. Conclusões.....	46

## Índice de Figuras

<b>Figura 1:</b> Distribuição da área de montado ao longo da Bacia Mediterrânea (APCOR, 2018). 11
<b>Figura 2:</b> Inseto adulto de <i>Coroebus undatus</i> (UNAC, Maio de 2021) (esquerda). Larva do inseto <i>C. undatus</i> (Foto: Francisco Carvalho, 2022) (direita)..... 16
<b>Figura 3:</b> Galerias de cobrilha no tronco de um sobreiro descortiçado, com parte da cortiça agarrada nos sítios onde foram realizadas as galerias (Foto: Francisco Carvalho, 2022). 17
<b>Figura 4:</b> Galeria de cobrilha numa prancha de cortiça recentemente descortiçada e parte do entrecasco (Foto: Francisco Carvalho, 2022) ..... 18
<b>Figura 5:</b> Larva do inseto <i>Coroebus undatus</i> numa galeria realizada pela mesma (Foto: Francisco Carvalho, 2022) (esquerda). Galerias da cobrilha realizadas por larvas de diferentes idades numa árvore descortiçada em 2021 (Foto: David Lloberas, 2022) (direita)..... 19
<b>Figura 6:</b> Localização das herdades onde foi realizado o estudo. As cores representam a distribuição das áreas por ocupação florestal: sobreiro, pinheiro-manso e misto de sobreiro e pinheiro-manso de acordo com a legenda. A linha a roxo representa o limite das freguesias. ..... 24
<b>Figura 7:</b> Precipitação anual (eixo da esquerda), Temperatura média anual (eixo da direita) e respetivos meses secos correspondentes à média das seis áreas experimentais (área a amarelo)..... 25
<b>Figura 8:</b> Galerias de cobrilha em sobreiros descortiçados nos diferentes anos (Foto: Francisco Carvalho, 2022). ..... 31
<b>Figura 9:</b> Linha de amostragem sobre a superfície descortiçada, ao longo do qual foi contado o número de cruzamentos entre as galerias presentes (Foto: Francisco Carvalho, 2022). .. 32
<b>Figura 10:</b> Sobreiro descortiçado em 2019, onde se observa a mesma galeria com dois cruzamentos (Foto: Francisco Carvalho, 2022). ..... 32
<b>Figura 11:</b> Média do nº de cruzamentos $\pm$ erro padrão contabilizados nos troncos de acordo com a orientação. ..... 34
<b>Figura 12:</b> Índice de ataque (IA) médio $\pm$ erro padrão por povoamento. O povoamento puro (barra azul) e povoamento misto (barra laranja). ..... 35
<b>Figura 13:</b> Índice de ataque (IA) médio $\pm$ erro padrão nos povoamentos puros (azul) e povoamentos mistos (laranjas) por propriedade. O traço horizontal a preto representa a média dos IA dos dois povoamentos para cada herdade. Letras maiúsculas diferentes (topo) indicam diferenças significativas entre a média do IA entre propriedades e as letras minúsculas diferentes indicam se existe diferenças entre povoamentos na mesma herdade. ..... 36
<b>Figura 14:</b> Índice de ataque (IA) médio nos povoamentos puros (azul) e povoamentos mistos (laranja) segundo os Diâmetro à altura do peito (DAP). A reta de regressão dos povoamentos puros (azul) e mistos (laranja). ..... 37
<b>Figura 15:</b> Índice de ataque (IA) médio $\pm$ erro padrão apenas do gado bovino distribuídas por classes de alturas de descortiçamento para povoamentos puros (azul) e povoamentos

mistas (laranja). O traço horizontal a preto representa a média dos IA por classe de altura de descortiçamento. ....	38
<b>Figura 16:</b> Índice de ataque (IA) médio $\pm$ erro padrão apenas do gado ovino e sem pastoreio distribuídas por classes de alturas de descortiçamento para povoamentos puros (azul) e povoamentos mistos (laranja). O traço horizontal a preto representa a média dos IA por classe de altura de descortiçamento. ....	38
<b>Figura 17:</b> Índice de ataque (IA) médio nos povoamentos puros (azul) e povoamentos mistos (laranja) segundo a densidade de sobreiros (árv/ha). A reta de regressão e respetivos coeficientes de determinação nos povoamentos puros (azul) e mistos (laranja). Os círculos pretos à volta dos símbolos representam povoamentos com pastoreio bovino. ....	39
<b>Figura 18:</b> Índice de ataque (IA) médio $\pm$ erro padrão em povoamentos puros (barras azuis) e mistos (barras laranjas) segundo o tipo de pastoreio. A barra preta representa a média entre os dois povoamentos para cada herdade. Os números de árvores amostradas em cada povoamento encontram-se em cima de cada coluna. ....	40

### Índice de Tabelas

<b>Tabela 1:</b> Número de amostras correspondentes a cada área experimental segundo o tipo de povoamento, sub coberto vegetal, tipo de pastoreio e ano de descortiçamento. ....	23
<b>Tabela 2:</b> Características das áreas experimentais analisadas no que se refere à localização (freguesia, concelho e distrito), tipo de gestão das áreas e do pastoreio no subcoberto, características edáficas (tipo de solo) e climáticas referentes à serie temporal de ano X a Y (temperatura média anual, precipitação anual média) ....	27
<b>Tabela 3:</b> Caracterização dendrométrica das árvores em cada parcela experimental e das árvores usadas para a amostragem da cobrilha. Os valores referem-se à média $\pm$ erro padrão. ....	30

## 1. Introdução

Portugal é o maior produtor de cortiça no mundo, com produções que rondam as 100 mil toneladas anuais, representando mais de 50% da produção mundial. Atualmente existem cerca de 640 empresas a trabalhar no setor da cortiça com 8343 trabalhadores diretos (APCOR, 2021), o que demonstra a sua importância. O setor da cortiça contribui para 1% das exportações totais portuguesas e o saldo da balança comercial é de 831 milhões de euros (APCOR, 2021). Em finais de 2011, a Assembleia da República atribuiu ao sobreiro o estatuto de “Árvore Nacional de Portugal”, chamando a atenção para o seu valor económico, social e ambiental (David & Silva, 2020).

A singularidade do sobreiro é a produção de uma casca exterior, formada por um tecido elástico, impermeável e isolante térmico: a cortiça. Apesar de toda a importância desta árvore no contexto mundial, a fileira da cortiça atravessa dificuldades a nível de produção, uma vez que são cada vez mais recorrentes os problemas no montado a nível de pragas e doenças e de envelhecimento.

Nos últimos dois séculos tem-se vindo a registar problemas de mortalidade e declínio dos sobreiros em Portugal. Desconhecem-se quais as verdadeiras causas, mas as alterações climáticas, nomeadamente o aumento de temperatura e a recorrência de secas severas, parecem estar na sua origem (Colangelo et al., 2018). O aumento da incidência de pragas e doenças pode resultar de ações diretas e indiretas do clima. A seca enfraquece as árvores tornando-as mais suscetíveis a agentes patogénicos e pragas. Por outro, o aumento das temperaturas tende a acelerar os ciclos biológicos dos insetos, traduzindo-se num maior número de gerações, e consequentemente num aumento da taxa de crescimento populacional originado populações emergentes (Pureswaran et al., 2018).

Para além do declínio dos povoamentos de sobreiro, Portugal tem vindo a registar problemas graves de perda de qualidade da cortiça. A “cobrilha da cortiça”, *Coroebus undatus* Fabr. (Coleoptera: Bruprestidae), é o inseto responsável por este problema (Suñer & Abós, 1994). A cobrilha é considerada uma praga primária que ataca sobreiros aparentemente saudáveis. Mesmo não matando a árvore, a sua grande incidência em conjunto com descortiçamentos exagerados e mal realizados pode enfraquecer-las e potenciar ataques de organismos mais nocivos que acabam por dar origem à sua morte (López et al., 2021). Ainda que produtores e técnicos reportem um aumento da incidência de cobrilha nos seus sobreiros nos últimos anos, não existem estudos que comprovem esta ideia e o facto de se conhecer pouco sobre o ciclo biológico da cobrilha, torna esta tarefa mais difícil.

Até ao momento, não se conhece nenhum meio de luta eficaz no combate a esta praga, sendo necessário continuar a investigar outras alternativas, nomeadamente recorrendo a medidas de silvicultura preventiva.

Este trabalho pretende estudar a incidência da cobrilha em sobreiros, comparando sistemas puros de sobreiro com mistos de sobreiro e pinheiro-manso no sentido de avaliar, se a incidência da cobrilha se altera em sistemas mais biodiversos. Para tal, foram selecionadas herdades onde se encontram povoamentos nos dois sistemas. Os dados recolhidos incluem a contabilização de galerias de cobrilha em sobreiros recentemente descortiçados, utilizando uma metodologia que permite uma quantificação da intensidade de ataque, já testada anteriormente. Colocou-se a hipótese de que povoamentos mistos poderão apresentar menor incidência pelo efeito de as árvores não hospedeiras oferecerem resistência à dispersão do inseto no povoamento, e de redução da densidade do hospedeiro.

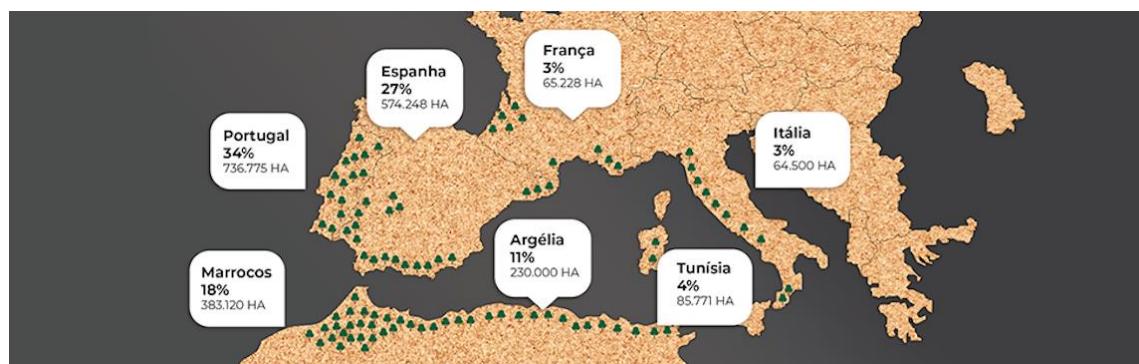
Os objetivos específicos deste trabalho são:

- I. Analisar a incidência da cobrilha de cortiça em árvores crescendo em povoamentos puros e mistos de sobreiro e pinheiro-manso nas regiões de distribuição principal de sobreiro;
- II. Analisar a relação entre incidência e variáveis dendrométricas da árvore e do povoamento;
- III. Investigar se outras variáveis poderão potencialmente influenciar a incidência, nomeadamente o tipo de sub-coberto, a existência de mato e o tipo e intensidade de pastoreio.

## 1.1. O ecossistema de montado em Portugal: dimensão geográfica e importância ecológica

O montado, em Portugal, e as “dehesas”, em Espanha, são um sistema típico da bacia do Mediterrâneo conduzido em modo de sistema agro-silvo-pastoril dominado por sobreiros, azinheiras, culturas agrícolas, matos e pastagens naturais extensivas utilizadas sobretudo para pastoreio de bovinos e ovinos (Rodrigues et al., 2020).

Em Espanha o montado ocupa cerca de 5,3 milhões de hectares e em Portugal 1,2 milhões de hectares (Sampaio et al., 2013). Desta área nacional, 736 mil hectares são de montado de sobreiro correspondendo a 34% da área mundial. No seu conjunto estes dois países contribuem para mais de 60% da área mundial de sobreiro (Figura 1) (APCOR, 2018).



**Figura 1:** Distribuição da área de montado ao longo da Bacia Mediterrânea (APCOR, 2018)

As florestas compostas por sobreiros fornecem serviços importantes para o ecossistema, uma vez que potenciam a biodiversidade de plantas e animais, a regulação hídrica, sequestram carbono (o reservatório e o sequestro de carbono nas árvores e no solo), protegem o solo contra a erosão, fornecem madeira e como atividade principal produzem cortiça, um recurso renovável com elevada importância económica (Bugalho et al., 2011; Matias et al., 2019). Segundo a APCOR, este sistema gera habitat de fuga e nidificação e zonas de alimentação para várias espécies de fauna (<https://www.apcor.pt/montado/biodiversidade/ecossistema/>, consultado em 25/05/2022).

Bugalho et al. (2011) acrescenta que os montados são ecossistemas de elevado valor de conservação, e que só podem ser mantidos através de uma utilização sustentável baseada na viabilidade de mercado. A falta de incentivos económicos à gestão, em parte devido à desvalorização do mercado global da cortiça, poderá conduzir ao abandono de terras, perdas de biodiversidade e degradação dos serviços de ecossistema, o que já se verifica em algumas situações.

## 1.2. Importância da cortiça: produção e valor económico

A cortiça é um produto verdadeiramente sustentável, pois é renovável e biodegradável. A sua extração normalmente realiza-se a cada 9-12 anos sendo as árvores capazes de, neste período, regenerar novos tecidos formando uma nova camada externa de cortiça (Leal et al., 2019; Mendes et al., 2022). Esta característica opõem-se à de outras árvores, onde o felogénio só se encontra em atividade durante um ano (<https://www.apcor.pt/montado/sobreiro/> consultado em 25/05/2022). A homogeneidade da cortiça depende da atividade fisiológica da árvore ao longo de toda a sua formação e de fatores externos que interferem na atividade das células do felogénio.

A cortiça é composta por suberina, lenhina, holocelulose e extractivos, sendo a suberina o componente principal constituindo 30-50% das paredes celulares da cortiça, acumulando-se nas paredes secundárias. Esta camada é leve, compressível e impermeável. A cortiça possui muitas propriedades notáveis, incluindo baixa condutividade térmica, capacidade de absorção de energia, boa resistência ao atrito e excelente isolamento acústico (Diaz-Maroto & Diaz-Maroto, 2020).

No primeiro semestre de 2021, as exportações portuguesas de cortiça atingiram 579 milhões de euros, aumentando as receitas relativamente à mesma altura do ano anterior, mostrando uma recuperação da economia “pós-covid” (APCOR, 2021).

Segundo a APCOR, são produzidas em média por dia 40 milhões de rolhas de cortiça em todo o país para serem utilizadas na indústria vinícola. Cerca de 73% dos produtos de cortiça têm como destino este setor, correspondendo a um valor de 744,5 milhões de euros, sendo a França o principal mercado. Para além da produção de rolhas, a cortiça também é utilizada para matérias de construção ou decoração, representando 25% das exportações de cortiça originando um montante de 246,8 milhões de euros, sendo a Alemanha o principal mercado (<https://www.apcor.pt/media-center/estatisticas/>, consultado em 25/05/2022).

O conhecimento pormenorizado do tipo da cortiça por parte do produtor florestal, é imprescindível para avaliar o valor de venda e comparar com a proposta do comprador. Para tal, realizam-se amostras no campo para conhecer a qualidade da cortiça que se vai comercializar, assim como os parâmetros que a poderão valorizar e/ou desvalorizar (UNAC, 2013). Estas amostras consistem em porções de cortiça com cerca de 12 x 12 cm de tamanho, a que se chama “calas”, e que são retiradas normalmente uns meses antes da extração de cortiça nalgumas árvores amostradas para esse efeito por cada parcela.

A qualidade da cortiça é avaliada tendo em conta o calibre e a homogeneidade da massa. O calibre representa a espessura da cortiça, isto é a distância que separa as costas de uma prancha (parte da prancha da cortiça que se encontra por extrair, que contacta com o exterior) da barriga (parte da prancha que contacta com o sobreiro). Este parâmetro

determina o uso industrial da cortiça para obtenção de rolhas naturais e outras aplicações. A homogeneidade da cortiça relaciona-se com descontinuidades ou tecidos estranhos que apareçam intercalados. A qualidade industrial da cortiça tem em conta a homogeneidade da massa da cortiça, aspeto da barriga e aspeto das costas (UNAC, 2013).

A cortiça pode apresentar vários defeitos. A porosidade é um exemplo de dano grave, em especial quando se trata de poros cónicos, sendo os lineares e estreitos inofensivos em termos de impacto na qualidade da cortiça. O “bofe” por exemplo, origina orifícios de grande dimensão e inviabiliza a produção de rolhas naturais. Quanto ao “verde” significa que a cortiça tem um elevado teor de humidade e não tem a mesma elasticidade que a cortiça normal, como tal também não é aconselhável na produção de rolhas naturais. (UNAC, 2013). Os estragos feitos por organismos, em particular as galerias de alimentação da cobrilha da cortiça, assim como galerias de nidificação da formiga *Crematogaster scutellaris* Olivier (Hymenoptera: Formicidae), são os principais defeitos causados por agentes bióticos.

### **1.3. O sobreiro: ecologia e preferências bioclimáticas**

O sobreiro é uma árvore de folha perene e de elevada longevidade (até 200 anos ou mais), com traços evolutivos de resistência ao fogo face a outras espécies arbóreas da região Mediterrânica (Bugalho et al., 2011). A cortiça é disso exemplo assim como a capacidade de rebentamento de toixa após incêndio (Catry et al., 2017). O sobreiro pode atingir uma altura de 15 a 20 m e o diâmetro a altura do peito pode chegar aos 300 cm.

É uma espécie relativamente plástica adaptando-se bem a diversas condições de clima e solos no território nacional. Necessita em média de 500 mm de pluviosidade anual, embora o ótimo se encontre mais próximo dos 800 mm, daí a sua distribuição preferencial por regiões mais próximas do litoral. Crescem em praticamente todos os tipos de solos, exceto nos excessivamente calcários, preferindo os de pH mais ácido, entre 4,8-7 (Natividade, 1950).

Solos delgados, de texturas finas e situações de encharcamento temporário são fatores limitantes para a distribuição do sobreiro. É uma espécie bem adaptada a secura estival característica do clima mediterrânico e também a situações de stress hídrico moderado por ativação de mecanismos fisiológicos de controlo de perda de água (González et al., 2020).

### **1.4. Declínio do sobreiro e desvalorização da cortiça: principais causas**

Estão referenciados dois problemas importantes na cadeia de valor da cortiça: a perda de vitalidade das árvores com mortalidade exacerbada sobretudo em anos de seca e a desvalorização da cortiça devido a defeitos. Estes defeitos, que iremos discutir a seguir,

estão sobretudo relacionados com efeitos combinados de alterações climáticas e impacte de pragas e doenças.

#### **1.4.1. O desafio das alterações climáticas**

O montado, tal como muitas espécies da região mediterrânica vegetam atualmente em condições limitantes devido a fatores relacionados com a alteração do clima.

Nos últimos dois séculos, as emissões de gases com efeito de estufa, nomeadamente o dióxido de carbono aumentaram, devido a dois processos antropogénicos: emissões de combustíveis fósseis e a intensificação da desflorestação (Touhami et al., 2020). Nos últimos anos já deste novo milénio, verificaram-se os anos mais quentes do planeta. Os modelos preveem um aquecimento de 1,4°C - 5,8°C, durante este século e, paralelamente, uma redução na quantidade total de chuvas e um aumento na sazonalidade da precipitação. Estes fatores podem conduzir a secas mais prolongadas e originar uma maior vulnerabilidade nessas áreas e a mortalidade de árvores (Ameztegui et al., 2017).

Apesar da elevada concentração de carbono pode influenciar positivamente o crescimento (o CO<sub>2</sub> é o substrato da fotossíntese), as temperaturas elevadas, o excesso de radiação e a seca podem danificar as membranas celulares, desencadear fenómenos de cavitação no xilema originando mortalidade precoce das árvores. Ao nível do solo, o aumento das temperaturas pode influenciar negativamente a disponibilidade dos nutrientes pelo aumento da decomposição e da mineralização da matéria orgânica com uma perda de carbono para a atmosfera (Touhami et al., 2020).

Ainda que o sobreiro seja uma espécie adaptada ao clima mediterrânico, e, portanto, a períodos de seca mais ou menos prolongados, a redução da precipitação e as elevadas taxas de evapotranspiração relacionadas com o aumento da temperatura reduzem o crescimento radial, aumentam o stress hídrico e estas têm sido apontadas como causas principais para o declínio nas quercíneas um pouco por todo o mundo (Colangelo et al., 2018). A perda de área foliar, um indicador importante de declínio nas árvores, tem vindo a generalizar-se em todo o mundo com especial incidência em árvores de grande dimensão, que possuem um sistema hidráulico mais complexo sendo mais suscetíveis à embolia e falha hidráulica originando morte dos ramos e possível morte da árvore (Matías et al., 2019).

Num estudo realizado por Leite et al. (2020), cujo objetivo era estudar o efeito da seca na composição química da cortiça, conclui-se que o stress hídrico não afeta os principais constituintes estruturais da cortiça, mais especificamente a proporção suberina-lignina. A genética da árvore mostrou ser o fator mais importante da variação química da cortiça e sobrepõe-se ao efeito da seca. Como tal, espera-se que as secas severas não comprometam as propriedades da cortiça, podendo esta continuar a ser utilizada para a produção de rolhas naturais.

A persistência e sobrevivência do montado é incerta devido à crescente mortalidade das árvores em todas as classes de idade, más práticas de gestão, pressões pelo pastoreio e falta de regeneração natural em vários locais (Matías et al., 2019). Estes efeitos negativos, ao quais se junta o problema dos incêndios florestais (Hartmann et al., 2018), pode comprometer a sustentabilidade do “montado” tradicional tal como o conhecemos e com graves impactos na biodiversidade e economia associada (Kurz-Besson et al., 2006).

#### **1.4.2. Agentes bióticos**

Existem vários agentes bióticos que parecem contribuir para o enfraquecimento dos montados. A presença do oomiceta *Phytophthora cinnamomi* no solo está associado à perda de vigor nesta espécie e potencial morte. Este agente patogénico vive no solo e causa normalmente a morte das raízes finas, reduzindo assim a capacidade da árvore absorver água e nutrientes, conduzindo a stress hídrico e a árvores mais debilitadas (Marcelino, 2006). O stress hídrico afeta negativamente a fotossíntese e a capacidade das árvores responderem a condições adversas de natureza biótica ou abiótica, tornando as árvores mais suscetíveis ao ataque de pragas ou doenças como é o caso da *P. cinnamomi* (Colangelo, et al., 2018; Matías et al., 2019). Ainda que aparentemente disseminado por toda a região do continente, este oomiceta é particularmente danoso para as árvores em solos com elevado teor de argila e limo. Os surtos mais graves foram observados em solos encharcados porque o oomiceta consegue deslocar-se em água livre, seguido de um período de seca quando as árvores estão já infetadas e particularmente suscetíveis (González et al., 2020; Moreira, 2005)

O *Platypus cylindrus* é um outro agente importante conhecido por atacar árvores enfraquecidas, ainda que a partir dos anos 80 se tenham observado ataques em árvores aparentemente sãs (Nones et al., 2022). Os machos escolhem um sobreiro suscetível ao ataque, constroem as respetivas galerias e realizam a inoculação de fungos. Esses fungos degradam o floema e xilema cortando a circulação dos fotoassimilados produzidos nas folhas e água na árvore, levando a degradação e possível morte da árvore (Sousa, 2018).

Ainda que os defeitos da cortiça possam ser causados por outros agentes bióticos, em particular a formiga da cortiça, *Crematogaster scutellaris*, a praga mais relevante é sem dúvida a cobrilha. Os seus danos originam uma desvalorização muito grande da cortiça e uma quebra acentuada de valor no momento da venda por parte do produtor (UNAC, 2013).

## 1.5. Cobrilha da cortiça

### 1.5.1. Ciclo biológico

A cobrilha é um coleóptero da família Buprestidae (Figura 2), na forma adulta possui um comprimento entre 10-15 mm, um corpo alargado de forma elítica e cor verde-escuro acastanhado com várias bandas em ziguezague verdes metálicas (Fürstenau et al., 2015). As larvas no final de desenvolvimento podem medir 30-35 mm de comprimento e podem apresentar até cinco estádios de desenvolvimento (Suñer & Abós, 1994).

As fêmeas colocam os ovos na superfície da casca ou dentro de fendas na cortiça e a oviposição ocorre de maio a julho (Gallardo et al., 2012). Após a eclosão, ao final de 15 dias, as larvas neonatas movem-se em direção ao floema e começam a alimentar-se construindo galerias características na camada felogénica. Estas galerias podem atingir 2 m de comprimento e 3-4 mm de largura prejudicando a capacidade regenerativa da cortiça. Nos anos seguintes, pode-se observar que as novas camadas de cortiça apresentam zonas hipertrofiadas correspondentes às galerias repletas de excrementos (Cárdenas et al., 2021). A pupação ocorre no interior da cortiça. O ciclo de vida deste inseto leva um a três anos para se desenvolver como larva, mas geralmente completa o desenvolvimento em dois anos (Gallardo et al., 2012). Os adultos emergem na primavera-verão do 2º ano de vida, entre os meses de maio e julho dependendo das condições climatéricas e da latitude (Gallardo et al., 2012). Os adultos são diurnos, termófilos e oligófagos herbívoros, encontram-se no interior dos troncos e ramos principais originando orifícios à saída em forma de “D” na casca (Cárdenas et al., 2021).



**Figura 2:** Inseto adulto de *Coroebus undatus* (UNAC, Maio de 2021) (esquerda). Larva do inseto *C. undatus* (Foto: Francisco Carvalho, 2022) (direita).

### 1.5.2. Danos da cortiça

Após a eclosão, as larvas de *C. undatus* perfuram sucessivas camadas de cortiça, penetram na casca e constroem galerias, reduzindo a qualidade da cortiça até 10% (Fürstenau et al., 2015). As galerias formadas pelas larvas destroem o felogénio (o tecido meristemático que produz células de cortiça) dando origem a zonas de aderência entre

o tronco e a cortiça, nesta altura as pranchas podem-se partir, levando a uma quebra adicional do rendimento económico, como se observa na Figura 3 (Ferreira & Sousa, 1992).



**Figura 3:** Galerias de cobrilha no tronco de um sobreiro descortiçado, com parte da cortiça agarrada nos sítios onde foram realizadas as galerias (Foto: Francisco Carvalho, 2022).

A extração de cortiça, geralmente, realiza-se nos meses de junho e julho, altura de maior atividade do felogénio, permitindo uma maior facilidade de separação da cortiça (Natividade, 1950). A ação do descortiçamento é muito importante, visto que a forma como é executada determina a qualidade e as produções futuras. Caso haja danos no entrecasco, provocados por descortiçamentos mal-executados, vão reduzir a superfície produtiva do sobreiro (UNAC, 2013).

Se existirem galerias de cobrilha, uma parte do entrecasco vem agarrada à prancha (Figura 4), produzindo feridas na árvore de difícil cicatrização (Ferreira & de Sousa, 1992). Nesses locais, jamais se produzirá cortiça ou madeira sendo uma porta de entrada para doenças e pragas originando ainda uma quebra na produção de cortiça e da sua qualidade. Em árvores mais jovens causam deformações no tronco (Suñer & Abós, 1994). Estima-se que 15% da produção anual de cortiça vai para refugo, ou seja, esta cortiça não poderá ser utilizada para a produção de rolhas naturais. Isto acontece devido essencialmente aos danos causados por esta praga (Jiménez et al., 2012).

Num estudo feito no Sul de Espanha, observou-se uma incidência de ataque da cobrilha da cortiça numa percentagem superior a 70% das árvores observadas, na maioria dos povoamentos estudados (Jiménez et al., 2012).



**Figura 4:** Galeria de cobrilha numa prancha de cortiça recentemente descortiçada e parte do entrecasco (Foto: Francisco Carvalho, 2022)

Adicionalmente, os pica-paus ao alimentarem-se das larvas ao longo das galerias, acentuam ainda mais a desvalorização da cortiça abrindo buracos na árvore quando procuram as larvas (Tiberi et al., 2016).

### 1.5.3. Monitorização da cobrilha na árvore

Avaliar a intensidade de ataque por *C. undatus* num montado de sobro antes do descortiçamento é difícil dado que a presença deste inseto não deixa sinais evidentes no exterior do tronco e numa cortiça com 9 anos de crescimento. Antes do descortiçamento pode-se usar uma estimativa de incidência de cobrilha recolhendo amostras de cortiças, designadas de calas, que servem também para aferir outros parâmetros de qualidade da cortiça, como a espessura, a presença de defeitos, e de outros agentes bióticos, como acima referido. A presença de manchas cloróticas esbranquiçadas no tronco, chamadas de “cagadas de Milano” são uma forma de identificação (Gallardo et al, 2012). Mas estas nem sempre são fáceis de se distinguir não permitindo uma quantificação exata.

Os danos são bem visíveis após o descortiçamento, visualizando-se as galerias escuras ao longo do tronco da árvore (Figura 5), devido aos excrementos das larvas. Por vezes pode-se observar as larvas dentro das galerias. Os danos causados pelo pica-pau quando se alimenta das larvas, também é um indicador de presença de cobrilha (Ferreira et al., 1992).



**Figura 5:** Larva do inseto *Coroebus undatus* numa galeria realizada pela mesma (Foto: Francisco Carvalho, 2022) (esquerda). Galerias da cobrilha realizadas por larvas de diferentes idades numa árvore descortiçada em 2021 (Foto: David Lloberas, 2022) (direita).

No trabalho desenvolvido por Belmonte (2021) foi encontrada uma correlação significativa entre a proporção de calas com presença de cobrilha e o índice de ataque ao nível da parcela avaliado pelo autor.

Uma forma de monitorização possível dos adultos consiste no uso de cairomonas, através de uma mistura de cinco voláteis emitidos por plantas hospedeiras em combinação com armadilhas de prisma roxo pegajoso. Estes compostos incluem etanol, e uma mistura de nonanal, decanal e geranilacetona. Todavia em condições de laboratório, estes voláteis provaram ser mais eficazes na atração da espécie próxima *Coroebus florentinus*, comparativamente com *C. undatus*, que não apresentou relevância (López et al., 2021).

#### 1.5.4. Fatores de risco

Estudos anteriores referem que a presença de *C. undatus*, pode ser influenciada pela densidade de árvores, presença de sub-bosque, idade, saúde e altura das árvores, orientação solar e stress hídrico (Cárdenas et al., 2021).

A este respeito, Cárdenas et al. (2021) constatou que o grau de incidência é mais evidente em montados com média ou alta densidade arbórea e com sub-bosque lenhoso. Outro fator importante é a idade e dimensão das árvores. A remoção da cortiça, pode ser um fator indutor, pois estes buprestídeos são atraídos pelas substâncias exsudadas após o descortiçamento. O stress hídrico também parece estar na origem de um risco exacerbado de incidência, por estar diretamente relacionado com uma maior sensibilidade da árvore. Embora não haja estudos científicos que comprovem esta teoria para *C. undatus*, esta relação é comum à generalidade dos insetos que se alimentam no tronco das árvores como os Burprestídeos e Cerambícídeos (Sallé et al., 2014). As podas e os descortiçamentos exagerados são também favoráveis ao ataque e desenvolvimento deste inseto (Ferreira & de Sousa, 1992).

### 1.5.5. Meios de luta

O controle de *C. undatus* é difícil de realizar porque a larva (estado de estrago) é endofítica ou seja, encontra-se durante todo o seu ciclo dentro da planta hospedeira, entre o tronco e a cortiça, e é indetetável e praticamente inacessível, exceto aquando do descortiçamento. Deste modo é muito complexa a identificação e combate a esta espécie (Cárdenas et al., 2021).

Nos anos 50 a 60 foi prática a pulverização dos troncos com DDT após o descortiçamento, o que deu origem a resultados eficazes no combate à cobrilha. Porém este inseticida tem impactes ambientais severos, permanecendo nas teias tróficas, tendo sido proibida a comercialização deste produto em meados da década de 90, devido aos danos ambientais e às consequências para a saúde humana (Soria Iglesias, 1990).

Para a cobrilha da cortiça a influência de fatores culturais (gradagens, utilização de cortamato) não são compreendidos e necessitam de ser investigados. Até ao momento não existem estratégias de controlo eficazes para esta praga (Branco et al., 2014).

Um estudo realizado por Fürstenau et al. (2015), conclui que as utilizações de armadilhas de prisma roxo iscadas de voláteis hospedeiros foram eficazes para capturar fêmeas de *C. undatus*. No entanto, no campo a captura destes insetos foi inexpressiva.

Segarra Miravet (2017) realizou um estudo onde utilizou armadilhas pegajosas para a captura em massa deste buprestídeo. Estas armadilhas consistiam em duas placas de metacrilato com dimensões de 35x35 cm, uma transparente e outra de cor azul com uma cola do tipo “Tanglefoot” em ambas as faces, no entanto obtiveram reduzidas capturas.

Segundo os ensaios em laboratório de López et al. (2021), demonstrou-se que machos e fêmeas virgens de *C. undatus*, com mais de sete dias de emergência responderam positivamente ao ácido oleano, porém essa atração não foi verificada em insetos com menos de sete dias. Esta experiência foi muito importante, uma vez que revelam pela primeira vez, a existência de um composto específico que ativa o comportamento em ambos os sexos (López et al., 2021). Mas em Portugal o uso destas armadilhas não revelou resultados satisfatórios (Conceição Silva, UNAC, comunicação pessoal).

O ácido oleano ou oleanólico é um triterpenóide pentacíclico, que ocorre naturalmente em muitas espécies de plantas, tendo sido identificado em mais de 1600 espécies diferentes. Estes resultados mostram que este composto poderá ter uma ação bioativa deste inseto em função da sua maturidade sexual. Porém, é necessária investigação adicional para determinar a eficiência do ácido oleano em ensaios de campo, juntamente com as armadilhas de prisma verde e determinar se esses estímulos são atrativos para *C. undatus* adultos virgens (López et al., 2021).

Aves como o pica-pau, chapim, carriça e trepadeira-azul são consideradas predadores de larvas e pupas da cobrilha (Ceia & Ramos, 2016). Deste modo, a construção de caixas

ninhos de forma a promover o seu estabelecimento poderia ser uma boa alternativa de combate.

## **1.6. A silvicultura no apoio à gestão de pragas**

Uma forma de potencialmente minimizar este problema é através da condução dos povoamentos, nomeadamente na diversificação das espécies arbóreas. Os povoamentos mistos podem trazer benefícios na redução de pragas através da diversificação dos nichos ecológicos, tendo como consequência o aumento de predadores que acabam por equilibrar o crescimento das populações de pragas. Porém esta resistência a pragas é mais eficaz quando se aumenta a distância filogenética entre as espécies arbóreas, pois espécies distantes não partilham em geral as mesmas espécies de insetos fitófagos que as consomem (Castagnayrol et al., 2014).

Para além, da eventual interação entre espécies arbóreas na sobrevivência e crescimento em consociação, existem evidências de que sistemas biodiversos podem influenciar outros serviços do ecossistema. As florestas mistas parecem ser também mais resistentes do que as puras a pequenos mamíferos e doenças transmitidas pelo solo e pragas, ganhando mais relevância na atualidade, uma vez que se tem verificado um maior crescimento populacional e um aumento das gerações anuais de várias espécies emergentes de pragas em florestas puras. Por outro lado, a mistura de espécies de folhosas com coníferas aumenta a resistência ao fogo e às tempestades de vento em comparação com os povoamentos puros (Jactel et al., 2017).

Numa perspetiva ecológica e de proteção da floresta, a adoção de povoamentos mistos pode trazer vantagens comparativamente à exploração em sistemas puros, potenciando o aumento de biodiversidade, dos serviços de regulação e resiliência destes povoamentos, muito relevante num contexto de alterações globais. Os povoamentos mistos de sobreiro e pinheiro-manso representam uma forma de gestão da floresta muito interessante para o proprietário pois permitem a exploração simultânea de cortiça e pinha, dois produtos muito valorizados nos mercados nacionais e internacionais.

### **1.6.1. Caso particular: mistura de sobreiro e pinheiro-manso**

Em Portugal, numa faixa que percorre o Ribatejo, estendendo-se até ao Alentejo litoral e parte do Algarve, os povoamentos mistos de sobreiro e pinheiro-manso ocorrem espontaneamente. São, na grande maioria, povoamentos irregulares e de regeneração natural onde a exploração combinada de pinha e cortiça acontece em conjunto com o aproveitamento para pastoreio do subcoberto. As duas espécies coabitam a mesma região ecológica, mas desconhecem-se as interações ecológicas dominantes entre as duas espécies, isto é, se predominam interações de facilitação ou competição. Observações empíricas revelam uma aparente vantagem na regeneração e sobrevivência dos sobreiros nas primeiras idades, crescendo no subcoberto do pinheiro, eventualmente devido ao aproveitamento das condições de ensombramento que

atenuam o excesso de radiação e de calor durante o verão que o sobreiro não gosta (Correia et al., 2018).

O facto do pinheiro-manso micorrizar intensamente e mais cedo que o sobreiro, levanta a hipótese de que *P. pinea* poderá facilitar o estabelecimento de *Q. suber* provavelmente por meio de alterações nas condições microbiológicas do solo ou pela modificação das propriedades químicas do solo, facilitando o estabelecimento de outras espécies (Correia et al., 2018).

## 2. Material e métodos

### 2.1. Seleção dos locais experimentais

Tendo por base a área de distribuição do sobreiro e pinheiro-manso em Portugal, referida no 6º Inventário Florestal Nacional (2015) (Figura 6), selecionaram-se 6 herdades onde se instalaram as parcelas experimentais deste trabalho. Estas áreas foram escolhidas após contacto inicial com os proprietários e visita às áreas florestais.

As herdades foram selecionadas de modo a incluir características de clima e solo distintas entre si, escolhidas num gradiente Norte-Sul e onde existiam povoamentos florestais nas seguintes modalidades: 1) puro de sobreiro e 2) misto de sobreiro e pinheiro-manso, e com os requisitos necessários para o delineamento deste trabalho:

- Possibilidade de selecionar uma área homogénea de pelo menos 1 ha dominada por sobreiro e outra de sobreiro misturado com pinheiro-manso.
- Estas áreas terem a mesma modalidade de gestão de árvores e de pastoreio.
- A dimensão das árvores serem semelhantes em ambos os povoamentos.
- O ano de descortiçamento ser o mesmo em ambas as modalidades.

Após a verificação do cumprimento destes requisitos, procedeu-se à marcação, em cada herdade, de 2 parcelas: uma numa área de sobreiro puro e outra numa área de mistura de pinheiro-manso e sobreiro, ao qual estabeleceu-se um número mínimo de 6 árvores para cada povoamento.

Com o auxílio de imagens de satélite disponíveis em plataformas online (Google Earth), e depois de um reconhecimento no terreno com a ajuda do proprietário, foram selecionados os centróides de cada área homogénea para cada uma das modalidades. A partir desse ponto central foram marcadas parcelas circulares com 30 m de raio (área de  $2827\ m^2$ ) que corresponde ao limite de alcance do aparelho de medição de distâncias, essencial para a realização do trabalho de forma eficiente. Porém, teve-se o cuidado de obter pelo menos mais 30 m de bordadura de ocupação florestal igual na área adjacente.

No total, foram selecionados 6 pares de parcelas puras e mistas (12 parcelas no total) localizadas em 6 regiões do país: Coruche, Ferreira do Alentejo, Montijo, Palmela, Ponte

Sor e Vendas Novas. Os anos de descortiçamento assim como as modalidades de pastoreio encontram-se descritos na Tabela 1.

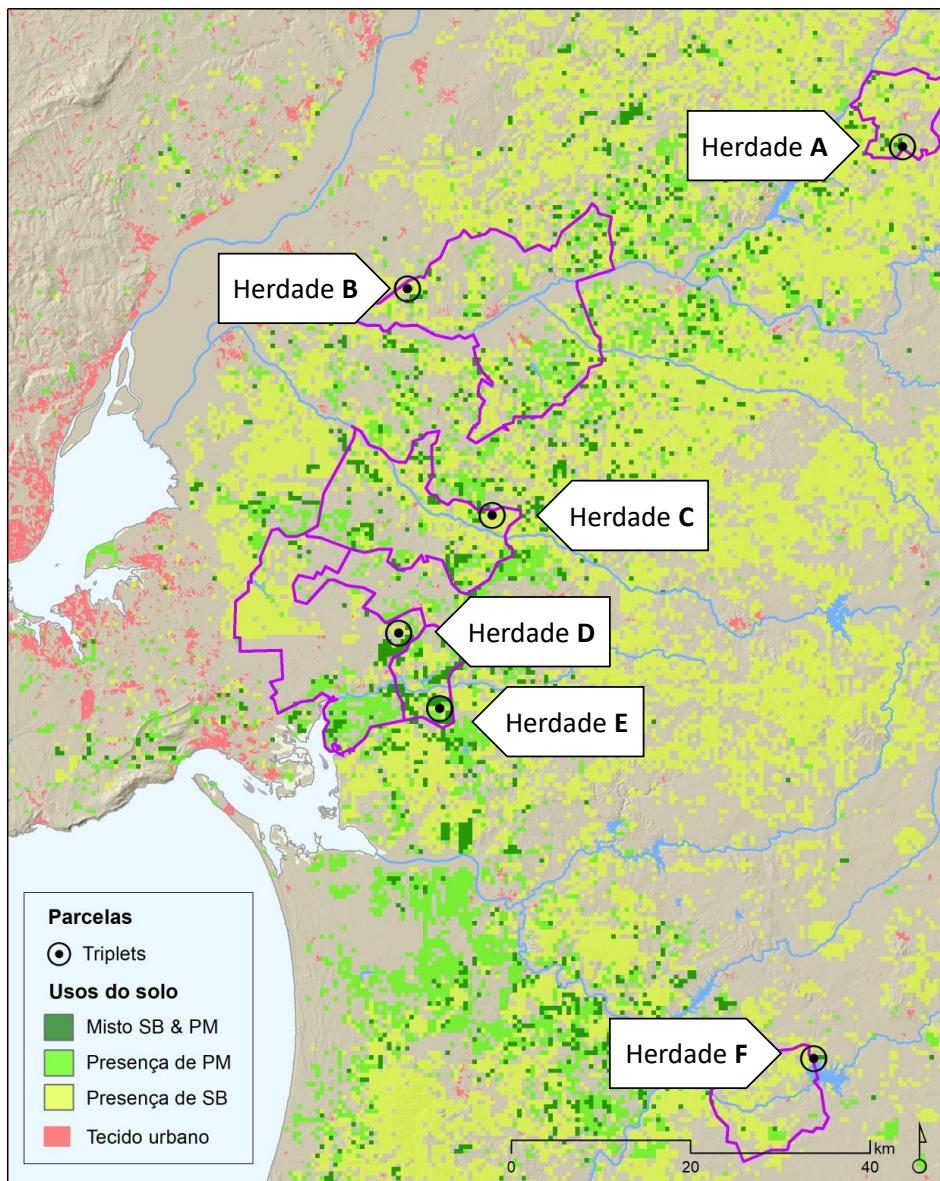
Para além da modalidade “puro e mistura”, foco principal deste trabalho, foram marcadas 5 parcelas adicionais na Herdade A apenas em sistema puro de sobreiro para monitorização das árvores crescendo em zonas com maior ou menor acumulação de mato. Esta medição extra foi realizada por se suspeitar, em campo, da existência de uma incidência de cobrilha diferente consoante a intensidade de pastoreio.

**Tabela 1:** Número de amostras correspondentes a cada área experimental segundo o tipo de povoamento, sub coberto vegetal, tipo de pastoreio e ano de descortiçamento.

Área Experimental	Tipo de povoamento	Espécie	Nº árvores amostradas	Presença/ausência de mato	Tipo de pastoreio	Ano descortiçamento
A	Puro	Sb	24	Com mato	Ovino	2019
	Misto	Sb X Pm	13	Com mato	Ovino	2019
	Puro	Sb	11	Sem mato	Ovino	2019
	Puro	Sb	18	Com mato	Ovino	2020
	Puro	Sb	20	Sem mato	Ovino	2020
	Puro	Sb	20	Com mato	Ovino	2021
	Puro	Sb	25	Sem mato	Ovino	2021
B	Puro	Sb	26	Com mato	Sem pastoreio	2021
	Misto	Sb X Pm	10	Com mato	Sem pastoreio	2020
C	Puro	Sb	19	Sem mato	Bovino	2019
	Misto	Sb X Pm	12	Sem mato	Bovino	2019
D	Puro	Sb	17	Com mato	Ovino	2018
	Misto	Sb X Pm	12	Com mato	Ovino	2018
E	Puro	Sb	16	Com mato	Bovino	2020
	Misto	Sb X Pm	6	Com mato	Bovino	2020
F	Puro	Sb	18	Com mato	Ovino	2021
	Misto	Sb X Pm	10	Com mato	Ovino	2021

As áreas experimentais fazem parte da rede de parcelas instalada no âmbito do projeto CORKNUT “Florestas mistas de sobreiro e pinheiro-manso: gestão para valorização dos produtos, promoção da biodiversidade e prevenção dos fogos florestais”, financiado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia (PCIF/MOS/0012/2019) no qual se enquadra este trabalho.

A localização geográfica das áreas experimentais encontra-se na Figura 6 e a caracterização genérica dos locais experimentais em termos de gestão na Tabela 2.



**Figura 6:** Localização das herdades onde foi realizado o estudo. As cores representam a distribuição das áreas por ocupação florestal: sobreiro, pinheiro-manso e misto de sobreiro e pinheiro-manso de acordo com a legenda. A linha a roxo representa o limite das freguesias.

## 2.2. Caraterização do clima, solo e caraterísticas ecológicas

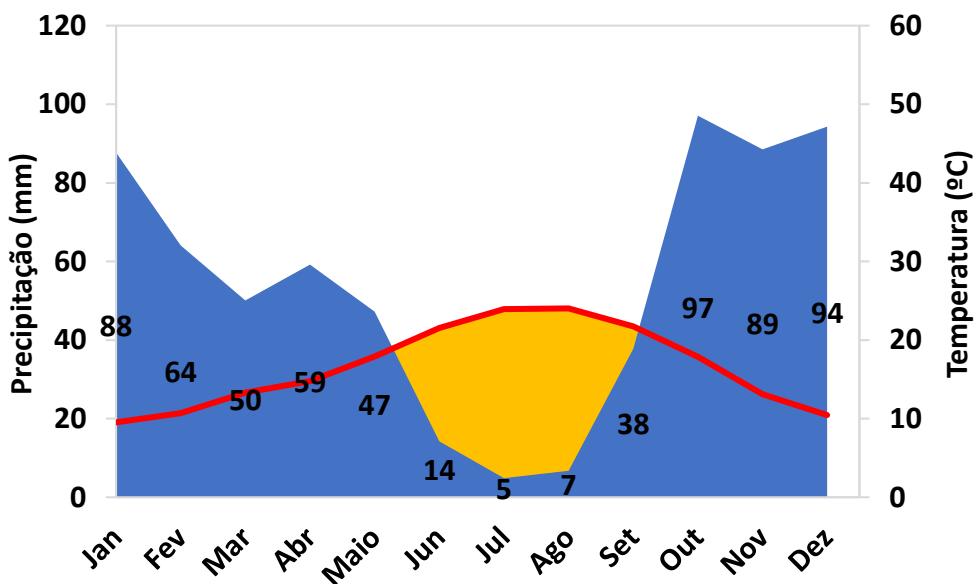
As áreas experimentais deste estudo estão localizadas na região centro de Portugal continental numa zona climática de influência Mediterrânea caracterizada por invernos chuvosos e verões quentes e secos. Dada a ausência de estações meteorológicas próximas de cada uma das áreas experimentais de estudo, realizou-se uma caraterização climática baseada no modelo Iberia 01: *a new gridded dataset of daily precipitation and temperatures over Iberia*, desenvolvido por Herrera et. al (2019).

Neste modelo climático desenvolveu-se uma rede regular diária em toda a Península Ibérica a  $0,1^\circ$  de resolução para precipitação e temperaturas (máxima, média e mínima), bem como  $0,11^\circ$  de uma rede rotativa (compatível com o EURO-CORDEX) adequada

para fins de avaliação de modelos. Este modelo baseia-se numa rede de estações de alta densidade em Portugal continental, Espanha e ilhas Baleares, com um número razoavelmente estável de estações (Herrera et al., 2019).

De acordo com esta informação, verifica-se que as temperaturas médias anuais na série temporal de 30 anos (1971 a 2015) variam ligeiramente entre as áreas experimentais de A a E. Na área experimental mais a sul, ou seja, a área F, regista-se o valor mais alto com 17,3°C, nas áreas mais a norte a temperatura era ligeiramente inferior com valores de 16,2°C e 16,4°C, respetivamente área A e B. As restantes áreas registaram ambas um valor de 16,5°C. No que diz respeito à precipitação média anual, os valores variam entre os 686 mm e 572 mm, sendo a área experimental F (mais a sul) a que apresentou um valor mais baixo e a área experimental B a que apresenta um valor mais alto (Tabela 2).

O diagrama ombrotérmico de Gaussen (Figura 7) construído com base nos dados acima descritos e, que permite evidenciar os meses secos como aqueles cuja precipitação é inferior a duas vezes a temperatura, indica que estes ocorrem de Junho a Setembro, sem diferenças entre as 6 áreas experimentais.



**Figura 7:** Precipitação anual (eixo da esquerda), Temperatura média anual (eixo da direita) e respetivos meses secos correspondentes à média das seis áreas experimentais (área a amarelo).

As áreas experimentais são dominadas por montado com predominância para sobreiros adultos obtidos através de regeneração natural como se observa nas áreas A, B, C e D. Enquanto que na área E e F para além de ser dominada por uma elevada regeneração natural, também possui áreas de sobreiro plantadas (jovens e adultos). Todas as áreas são misturadas com pinheiro-manso obtidos por regeneração natural, embora nas áreas B e D também se observou pinheiros-bravos dispersos (Tabela 2).

Relativamente ao pastoreio, a herdade B era a única que não possuía qualquer tipo de pastoreio. As áreas A, D e F são caraterizadas pela presença de gado ovino e as áreas C e E têm a presença de gado bovino (Tabela 2).

Analizando o tipo de subcoberto, a propriedade C era a única que não tinha matos. Nas outras herdades estes são constituídos por espécies esclerófitas de baixa densidade dominados por *Cistus*, *Ulex* e *Levandula*, sendo esta caraterizada por pastagens naturais, tal como a propriedade A (Tabela 2).

Os solos de ambas as áreas são arenosos e com um pH ácido, muito próximo de 6. Esta informação acerca do tipo de solos de cada herdade foi baseada no *The INFOSOLO database as a first step towards the development of a soil information system in Portugal*.

Este documento possui os dados mais abrangentes para organizar a informação do solo em Portugal. Atualmente inclui 9934 horizontes/camadas estudados em 3461 perfis de solo. Toda a informação engloba uma série de parâmetros relacionados com o solo, nomeadamente sobre propriedades físicas e químicas que foram obtidas através de vários estudos de solo e projetos científicos realizados por instituições nacionais e europeias (Ramos et al., 2017).

**Tabela 2:** Características das áreas experimentais analisadas no que se refere à localização (freguesia, concelho e distrito), tipo de gestão das áreas e do pastoreio no subcoberto, características edáficas (tipo de solo) e climáticas referentes à série temporal de ano X a Y (temperatura média anual, precipitação anual média)

Área experimental	A	B	C	D	E	F
<b>Freguesia</b>	Galveias	União das freguesias de Coruche, Fajarda e Erra	Canha	União das freguesias de Poceirão e Marateca	Landeira	Odivelas
<b>Concelho</b>	Ponte de Sor	Coruche	Montijo	Palmela	Vendas Novas	Ferreira do Alentejo
<b>Distrito</b>	Portalegre	Santarém	Setúbal	Setúbal	Évora	Beja
<b>Vegetação arbórea</b>	Área dominada por Sb adulto de regeneração natural; mistura pontual com Pm adulto de regeneração natural também. Alguns Pb dispersos.	Área dominada por Sb adulto de regeneração natural misturada com Pm jovem e adulto de regeneração natural também. Alguns Pb dispersos.	Área dominada pela mistura de Sb e Pm adultos	Área dominada por Sb adulto de regeneração natural misturada com Pm jovem e adulto de regeneração natural também. Alguns Pb dispersos.	Área dominada pela mistura de Sb e Pm adultos de regeneração natural e com áreas de Sb plantadas (jovens e adultos)	Área dominada pela mistura de Sb e Pm adultos de regeneração natural e com áreas de Sb plantadas (jovens e adultos)
<b>Vegetação do subcoberto</b>	Matos esclerófilos de baixa densidade dominados por Cistus, Ulex e Lavandula. Pastagem naturais	Matos esclerófilos de baixa densidade dominados por Cistus, Ulex e Lavandula	Pastagem natural com aplicação pontual de resíduos orgânicos	Matos esclerófilos de muito baixa densidade dominados por Cistus, Ulex e Lavandula.	Matos esclerófilos de baixa densidade dominados por Cistus, Ulex e Lavandula.	Matos esclerófilos de baixa densidade dominados por Cistus, Ulex e Lavandula.
<b>% de subcoberto</b>	25-50% Sb puro e Misto de Sb e Pm	25-50% Sb puro e Misto de Sb e Pm	0 % Sb Puro e Misto de Sb e Pm	< 25% Sb puro e Misto de Sb e Pm	< 25% Sb puro e Misto de Sb e Pm	25-50% Sb puro e Misto de Sb e Pm
<b>Pastoreio</b>	Ovino	Sem pastoreio	Bovino	Ovino	Bovino	Ovino
<b>Tmédia anual</b>	16,2°C	16,4°C	16,5°C	16,5°C	16,5°C	17,3°C
<b>PP media anual</b>	647	686	664	671	671	572
<b>pH</b>	Ácido (5,9)	Ácido (5,5)	Ácido (5,9)	Ácido (5,9)	Ácido (5,8)	Ácido (6,1)
<b>Tipo de solo</b>	Arenosos	Arenosos	Arenosos	Arenosos	Arenosos	Arenosos
<b>Classificação do solo</b>	Solos litólicos não húmicos pouco insaturados normais de arenitos grosseiros (Vt)	Solos Incipientes (Ap) Regossolos psamíticos normais não húmidos (Rg)	Podzóis não hidromórficos com surraipa com horizonte E incipiente, de ou sobre arenitos (Ppt)	Solos Incipientes (Ap)	Solos litólicos não húmicos pouco insaturados normais de arenitos grosseiros (Vt) Podzóis não hidromórficos com surraipa com horizonte E incipiente, de ou sobre arenitos (Ppt)	Solos litólicos não húmicos pouco insaturados normais de arenitos grosseiros (Vt)

<b>Colheita de dados</b>	1 Puro de Sb + 1 Misto de Sb e Pm; 1 Puro Sb descortiçado em 2019, 2020, 2021 com diferentes percentagens de coberturas arbustivas	1 Puro Sb + 1 Misto de Sb e Pm	1 Puro Sb + 2 Misto de Sb e Pm	1 Puro Sb + 2 Misto de Sb e Pm	1 Puro Sb + 1 Misto de Sb e Pm	1 Puro Sb + 1 Misto de Sb e Pm
<b>Ano de descortiçamento</b>	2019, 2020, 2021	2020, 2021	2019	2018	2020	2021

### **2.3. Caraterização dendrométrica**

Todas as parcelas foram objeto de um inventário florestal onde se mediram as seguintes variáveis da árvore: altura total, diâmetro à altura do peito, altura da base da copa, altura do descortiçamento e diâmetros da copa. Foi feita também uma avaliação qualitativa da quantidade de mato do subcoberto distribuída em 4 classes <25%, 25-50%, 50-75% e >75% (Tabela 3).

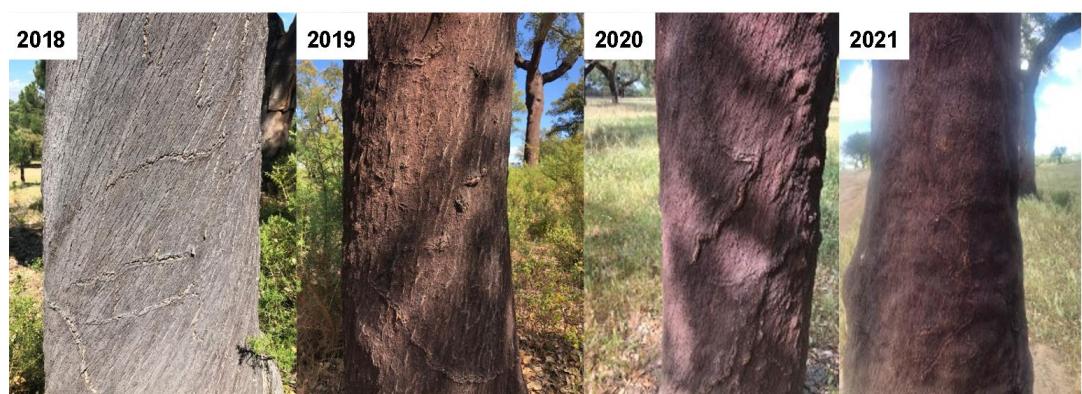
**Tabela 3:** Caracterização dendrométrica das árvores em cada parcela experimental e das árvores usadas para a amostragem da cobrilha. Os valores referem-se à média ± erro padrão.

Herdade	Dados das parcelas inventariadas								Dados das árvores usadas para a amostragem de cobrilha				
	Modalidade	Esp.	Altura média (m)	Dap médio (cm)	Nº árv./ha	% cobertura Sb	% matos	Ano descortiçamento	nº árvores usadas	Altura média (m)	Dap médio (cm)	Altura da base da copa média (m)	Área da copa média (m <sup>2</sup> )
A	Puro	Sb	8.9 ± 0.3	40.7 ± 1.6	99	89%	25-50	2019	24	9.04 ± 0.30	41.39 ± 1.46	4.85 ± 0.19	71.00 ± 4.84
	Misto	Sb	6.5 ± 0.3	25.8 ± 2.2	110	58%	25-50	2019	13	6.97 ± 0.38	28.82 ± 2.56	3.14 ± 0.27	51.08 ± 11.21
		Pm	18.3 ± 0.8	68.8 ± 2.8		42%	25-50	-					
B	Puro	Sb	8.3 ± 0.5	26.2 ± 1.6	127	94%	25-50	2021	26	8.45 ± 0.42	28.73 ± 1.76	3.44 ± 0.17	50.46 ± 6.33
	Misto	Sb	9.3 ± 0.5	28.3 ± 1.6	60	59%	25-50	2020	10	9.28 ± 0.52	28.30 ± 1.55	2.39 ± 0.20	46.43 ± 4.44
		Pm	17.5 ± 0.9	85.9 ± 1.6		41%	25-50	-					
C	Puro	Sb	8.1 ± 0.3	32.5 ± 1.6	229	96%	<25	2019	19	8.04 ± 0.44	35.27 ± 1.86	2.33 ± 0.14	22.47 ± 3.84
	Misto	Sb	7.9 ± 0.5	30.3 ± 2.9	106	73%	<25	2019	12	8.85 ± 0.39	33.13 ± 3.33	3.40 ± 0.30	40.13 ± 4.48
		Pm	15.3 ± 1.7	62.1 ± 7.9		27%	<25	-					
D	Puro	Sb	8.0 ± 0.5	28.8 ± 2.4	173	90%	<25	2018	17	9.06 ± 0.58	33.46 ± 2.41	4.16 ± 0.31	43.30 ± 6.62
	Misto	Sb	10.2 ± 0.5	42.6 ± 4.3	84	38%	<25	2018	12	9.97 ± 0.78	41.66 ± 4.92	2.74 ± 0.29	67.86 ± 11.83
		Pm	20.1 ± 0.4	68.6 ± 2.6		62%	<25	-					
E	Puro	Sb	8.5 ± 0.4	23.4 ± 1.6	219	95%	<25	2020	16	10.68 ± 0.55	30.12 ± 2.37	4.29 ± 0.34	43.79 ± 5.46
	Misto	Sb	10.7 ± 1	33.3 ± 3.7	75	34%	<25	2020	6	10.68 ± 0.89	31.83 ± 1.74	2.90 ± 0.33	38.88 ± 5.01
		Pm	11.8 ± 1.4	40.2 ± 5.3		66%	<25	-					
F	Puro	Sb	7.4 ± 0.5	40 ± 0.5	124	100%	25-50	2021	18	8.67 ± 0.49	46.94 ± 4.02	4.67 ± 0.27	60.47 ± 6.11
	Misto	Sb	6.4 ± 0.7	24.5 ± 4.7	99	75%	25-50	2021	10	8.33 ± 0.79	37.70 ± 7.20	3.51 ± 0.63	85.56 ± 22.70
		Pm	8.5 ± 0.7	32.2 ± 3.5		25%	25-50	-					

Analisando as seis parcelas em estudo, conclui-se que no povoamento puro (nessa parcela existe predominância de 75% de sobreiros) a percentagem de sobreiros variou entre 89% e 100% e no povoamento misto (nessa parcela existe pelo menos 25% de sobreiros) variou entre 34% e 75%. A densidade de sobreiros variou entre os 60 árv/ha e 110 árv/ha no povoamento misto sendo praticamente o dobro no puro (entre 99 árv/ha e 229 árv/ha). Os sobreiros dos povoamentos puros apresentaram um diâmetro (à altura do peito) ligeiramente superior na herdade A e F e o inverso na herdade D e E. A % de cobertura de mato no subcoberto foi inferior a 50% em todas as herdades.

## 2.4. Estimativa do ataque da cobrilha

A estimativa do ataque pela cobrilha foi realizada em todos os sobreiros de todas as parcelas puras e mistas em troncos de sobreiro descortiçados até 2018 (Figura 8).

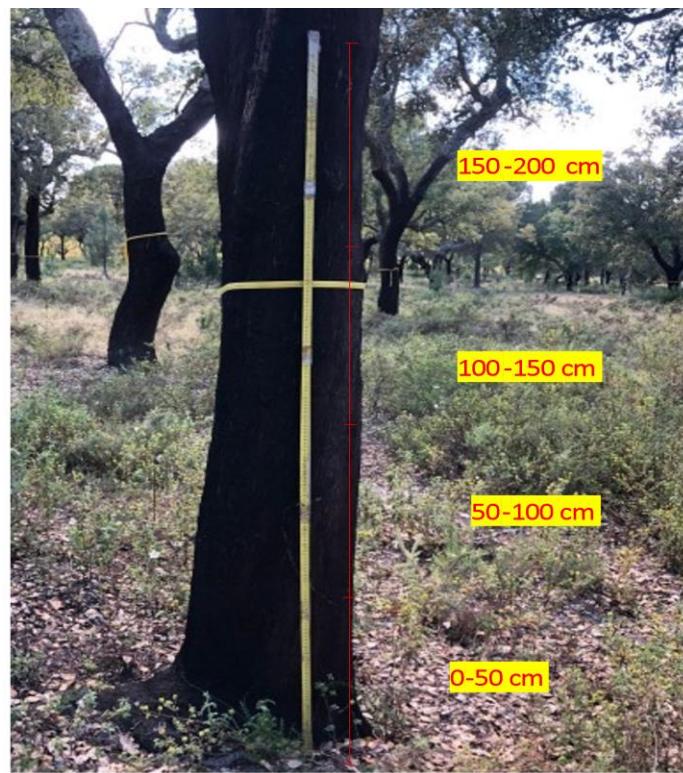


**Figura 8:** Galerias de cobrilha em sobreiros descortiçados nos diferentes anos (Foto: Francisco Carvalho, 2022).

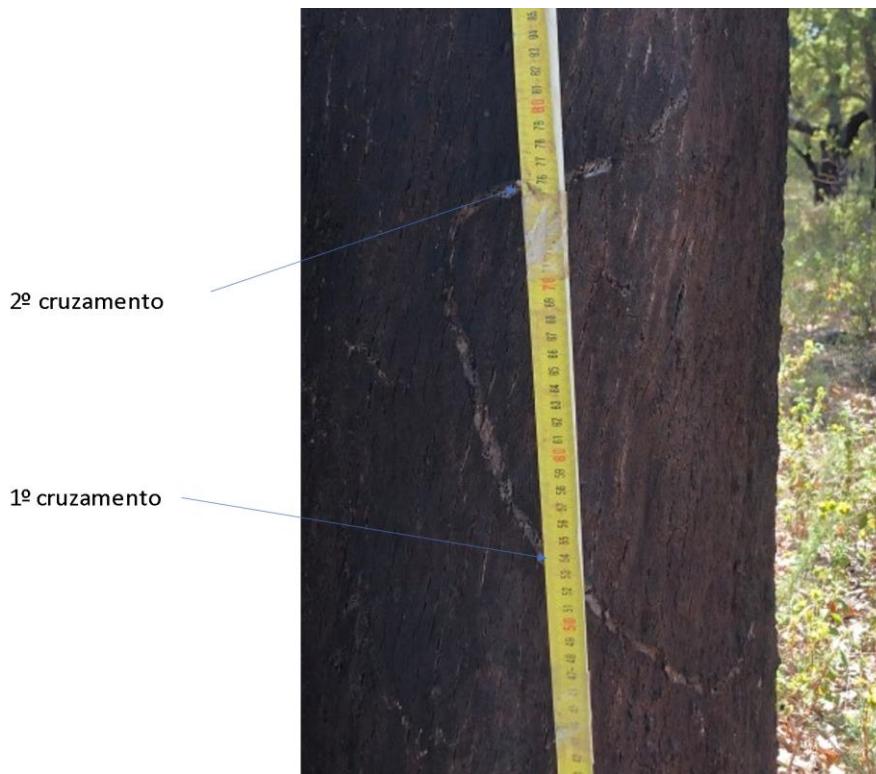
### 2.4.1. Cálculo do índice de ataque na árvore (IA)

O método de Du Merle & Attié (1992) consiste na avaliação quantitativa da intensidade de ataque ao longo do tronco descortiçado, sendo para tal definidas linhas verticais segundo os quatro pontos cardiais (Figura 9). As linhas são divididas em quatro níveis de 50 cm (0-50 cm, 50-100 cm, 100-150 cm e 150-200 cm) e para cada nível conta-se o número de cruzamentos entre as galerias presentes no tronco e as linhas da amostragem. Este índice apenas se calcula com base no número de cruzamentos, ou seja, a mesma galeria pode possuir mais do que um cruzamento, como observamos na Figura 10, nesse caso não contabilizamos apenas um cruzamento, mas sim dois, apesar de pertencer à mesma galeria. O cálculo do IA segundo a orientação foi feito de forma diferente, ao qual realizou-se a média do número de cruzamentos dos quatro níveis para cada ponto cardinal.

$$IA = \frac{n^o \text{ total de cruzamentos}}{n^o \text{ orientações} \times n^o \text{ de níveis existentes}}$$



**Figura 9:** Linha de amostragem sobre a superfície descortiçada, ao longo do qual foi contado o número de cruzamentos entre as galerias presentes (Foto: Francisco Carvalho, 2022).



**Figura 10:** Sobreiro descortiçado em 2019, onde se observa a mesma galeria com dois cruzamentos (Foto: Francisco Carvalho, 2022).

## 2.5. Análise estatística

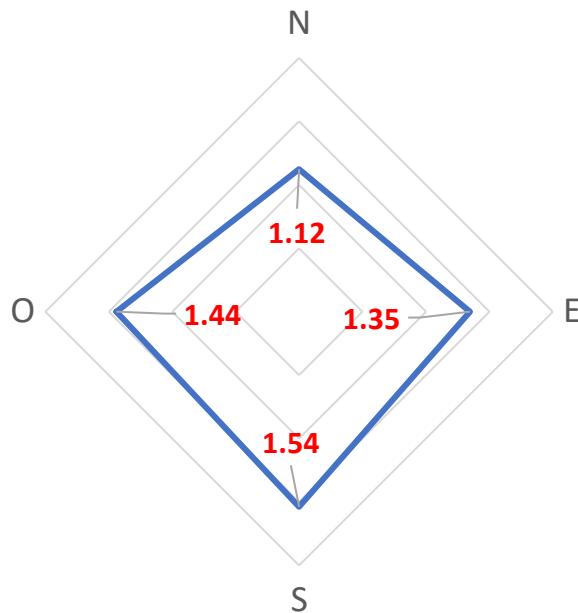
Na análise estatística utilizou-se o teste-T (t) para descrição de diferenças significativas entre os grupos de variáveis quando confirmada a normalidade (Shapiro-Wilk) e a igualdade de variâncias. Quando estes requisitos não foram cumpridos, realizaram-se testes não paramétricos alternativos ao teste-T (Mann-Whitney) para variáveis dependentes, sendo nestes casos, usada a mediana e como medida de variabilidade, os quartis 25% e 75%. Foram usados testes ANOVA (F) para comparação de 3 ou mais grupos independentes de variáveis, tendo como pré-requisito a distribuição normal e homogeneidade de variância. Em situação de incumprimento destes requisitos utilizou-se o teste de Kruskal-Wallis (H) e o método de Dunn's para comparação múltipla de médias. Correlações lineares foram usadas para medir a proporção da variabilidade total da variável resposta Y que é explicada pela regressão utilizando coeficientes de Determinação,  $R^2$ . Os resultados foram considerados estatisticamente significativos para níveis de significância  $\alpha = 0.05$ . Os dados foram analisados usando o software estatístico SigmaPlot (V13).

## 3. Resultados

A incidência de cobrilha foi analisada tendo em conta as diferenças encontradas para o Índice de Ataque (IA) das árvores amostradas segundo a exposição do tronco, entre povoamentos puros e mistos, de acordo com a herdade, diâmetro à altura do peito (DAP), altura de descortiçamento, densidade de sobreiros na parcela e tipo de pastoreio. O número de sobreiros amostrados em cada herdade estão representados na Tabela 1.

### 3.1. Ataque de cobrilha de acordo com a exposição do tronco

Numa primeira análise a todas as árvores amostradas (277 sobreiros) tanto no povoamento misto como no puro, verificou-se um maior ataque (média do nº de cruzamentos em cada quadrante) na zona do tronco virada a Sul ( $1,54 \pm 0,01$ ) sendo inferior a Norte ( $1,12 \pm 0,007$ ) (Figura 11). As diferenças entre quadrantes não foram significativas ( $H=3,415$ ;  $gl=3$ ;  $P=0,332$ ).

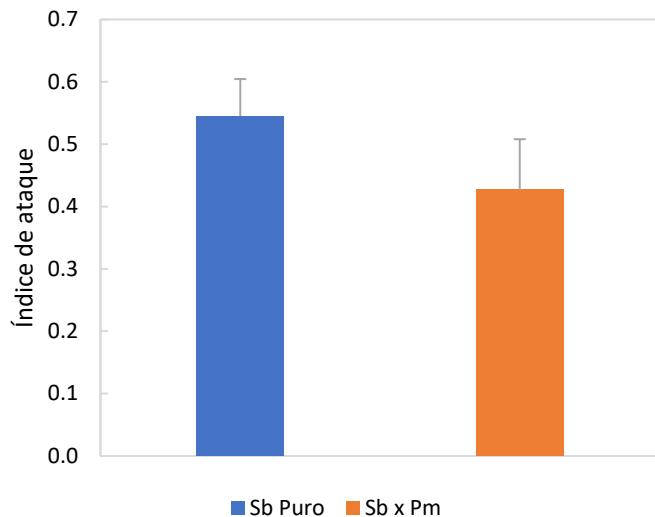


**Figura 11:** Média do nº de cruzamentos  $\pm$  erro padrão contabilizados nos troncos de acordo com a orientação.

### 3.2. Incidência de cobrilha em povoamentos puros e mistos

Uma análise geral de todos os sobreiros amostrados neste trabalho revela que, dos 183 sobreiros avaliados (120 em povoamento puro e 63 em povoamento misto) observou-se uma tendência para maior incidência em sobreiros em sistema puro ( $0,54 \pm 0,06$ ) do que em sistema misto ( $0,43 \pm 0,08$ ). Estas diferenças não foram, contudo, estatisticamente significativas para um nível de significância de 0,05 ( $H=2,918$ ;  $gl=1$ ;  $P=0,088$ ) (Figura 12).

A percentagem de árvores atacadas foi muito contrastante entre povoamentos puros e mistos com 71% e 59%, respetivamente. Estas diferenças foram estatisticamente significativas para um nível de significância de 0,05 ( $P=0,0015$ ,  $\chi=10,0$ ). Isto significa que em média 63% das árvores analisadas tinham pelo menos uma galeria de cobrilha.



**Figura 12:** Índice de ataque (IA) médio  $\pm$  erro padrão por povoamento. O povoamento puro (barra azul) e povoamento misto (barra laranja).

### 3.2.1. Diferenças por herdades

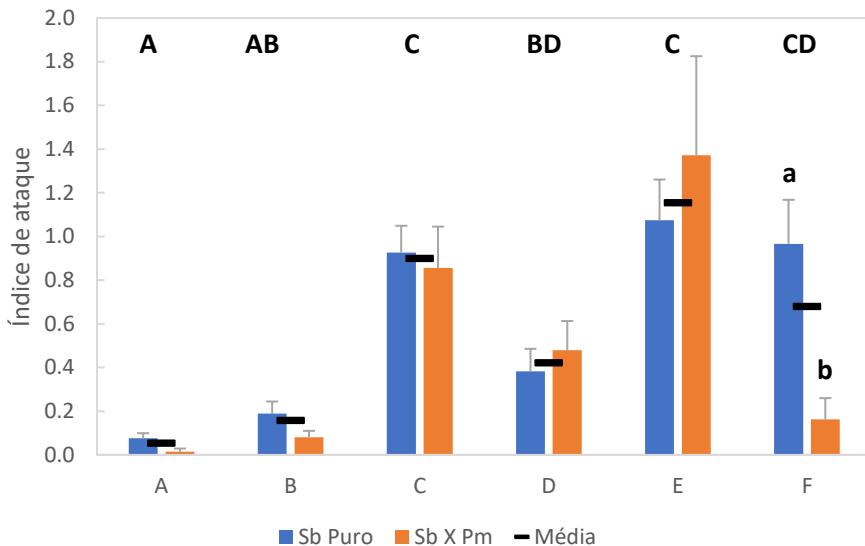
A análise da incidência de ataque de cobrilha entre propriedades e os dois tipos de povoamentos (puro e misto), revela que existem diferenças significativas entre elas (Figura 13).

A incidência da cobrilha foi inferior nos povoamentos mistos, exceto nas Herdades D e E onde a tendência foi oposta. Este último caso é também o que apresenta valores superiores de cobrilha.

As herdades C e E apresentaram valores médios de intensidade de ataque muito superiores e significativamente diferentes das outras herdades ( $0,9 \pm 0,1$ ) e ( $1,16 \pm 0,18$ ), respectivamente. A herdade F está numa posição intermédia ( $0,68 \pm 0,15$ ) em termos médios e foi a única que apresentou diferenças significativas para o IA entre povoamentos puros e mistos ( $H=10,742$ ;  $gl=1$ ;  $P=0,001$ ) (Figura 13).

Verificou-se uma grande variabilidade do índice de ataque na herdade E observando-se que, no mesmo povoamento, há árvores muito atacadas e outras sem qualquer ataque (Figura 13).

O número de árvores amostradas em cada povoamento encontram-se na Tabela 1.

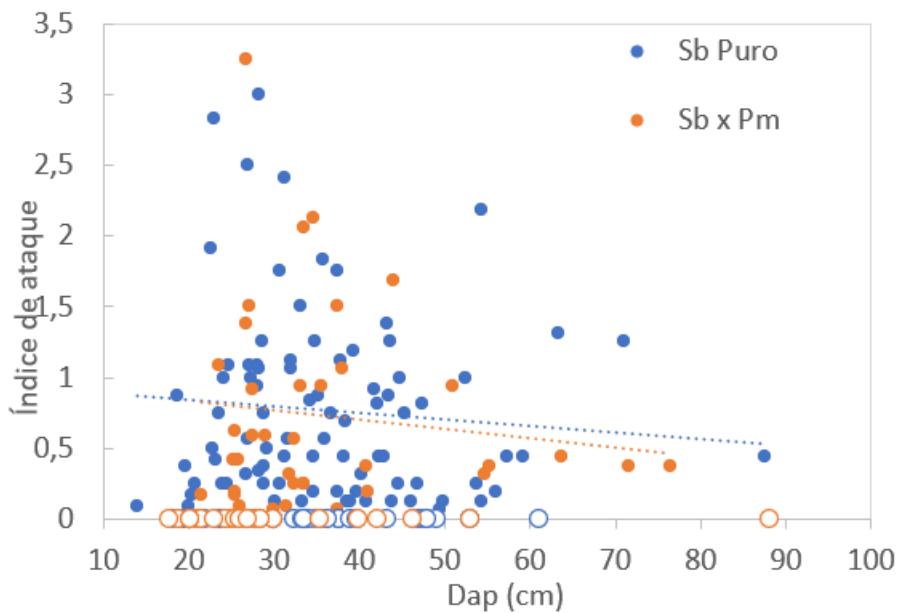


**Figura 13:** Índice de ataque (IA) médio  $\pm$  erro padrão nos povoamentos puros (azul) e povoamentos mistos (laranjas) por propriedade. O traço horizontal a preto representa a média dos IA dos dois povoamentos para cada herdade. Letras maiúsculas diferentes (topo) indicam diferenças significativas entre a média do IA entre propriedades e as letras minúsculas diferentes indicam se existe diferenças entre povoamentos na mesma herdade.

### 3.2.2. Variação com o Diâmetro à altura do peito (DAP)

Na Figura 14 pretendeu-se perceber a relação entre a dimensão da árvore (neste caso o Diâmetro à altura do peito) e o nível de ataque da cobrilha para os dois tipos de povoamento puro e misto.

Uma análise geral indica uma grande heterogeneidade nas observações, patente pela elevada dispersão das observações sobretudo em idades mais jovens. Excluindo as árvores com IA=0, a tendência geral (não significativa  $P>0,05$ ) foi para uma diminuição da incidência de ataque com o aumento do tamanho da árvore, quer nos sobreiros em povoamentos puros ou mistos. Porém o número de amostras de sobreiros de grandes dimensões foi muito reduzido.



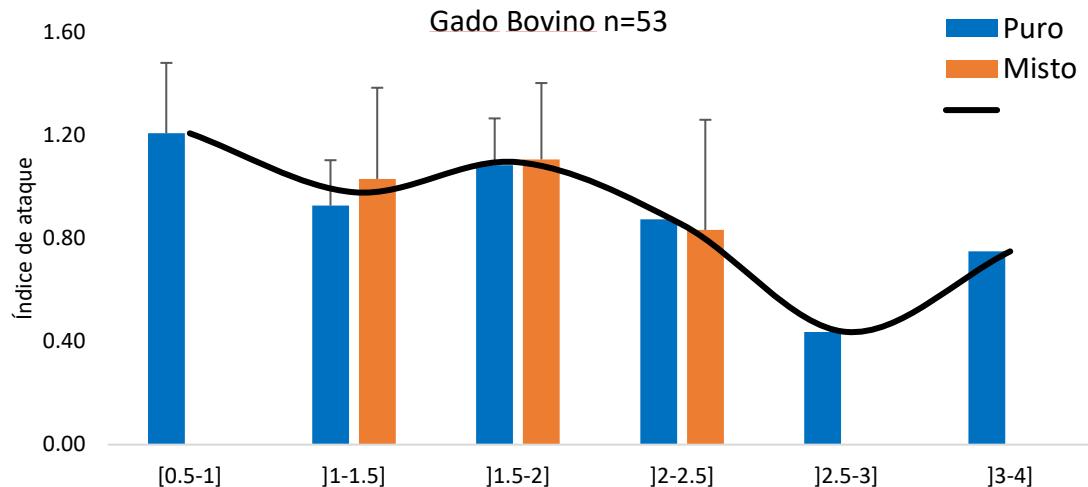
**Figura 14:** Índice de ataque (IA) médio nos povoamentos puros (azul) e povoamentos mistos (laranja) segundo os Diâmetro à altura do peito (DAP). A reta de regressão dos povoamentos puros (azul) e mistos (laranja).

### 3.2.3. Variação com a altura de descortiçamento

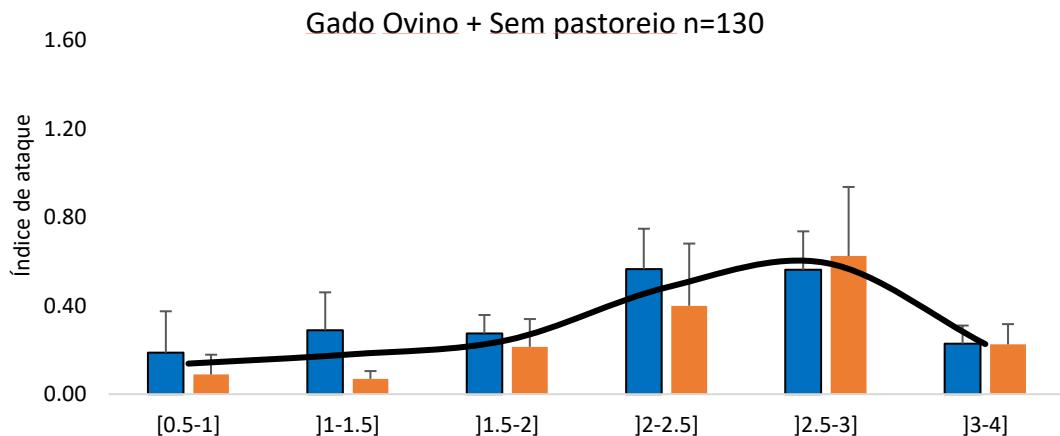
Tentou-se perceber se a intensidade de descortiçamento foi um fator preponderante no ataque de cobrilha. Para o efeito analisou-se a incidência de acordo com as alturas de descortiçamento. As árvores foram agrupadas em 6 classes de alturas de descortiçamento e em intervalos de 50 cm (1 m de altura no último intervalo). Nesta análise usou-se um total de 183 árvores.

Os resultados mostram que houve um efeito marcado no índice de ataque da cobrilha para qualquer classe de descortiçamento quando a parcela tinha a presença de gado bovino (Figura 15).

Ao analisar a Figura 16, verificou-se que os índices de ataque são inferiores em situações que apresentam gado ovino ou que não possuem qualquer tipo de pastoreio comparativamente com a presença do gado bovino. Além deste fator, voltou a verificar-se um maior índice de ataque em povoamentos puros relativamente aos povoamentos mistos e à medida que a altura de descortiçamento aumenta, o índice de ataque da cobrilha também aumenta.



**Figura 15:** Índice de ataque (IA) médio  $\pm$  erro padrão apenas do gado bovino distribuídas por classes de alturas de descortiçamento para povoamentos puros (azul) e povoamentos mistos (laranja). O traço horizontal a preto representa a média dos IA por classe de altura de descortiçamento.



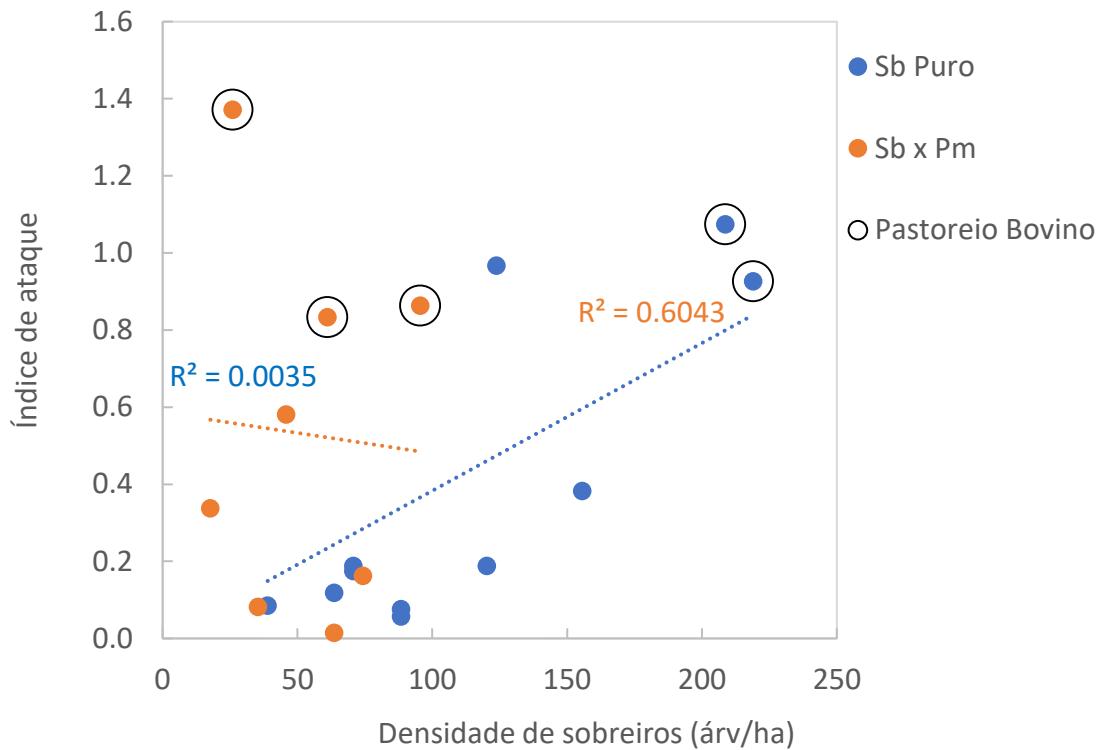
**Figura 16:** Índice de ataque (IA) médio  $\pm$  erro padrão apenas do gado ovino e sem pastoreio distribuídas por classes de alturas de descortiçamento para povoamentos puros (azul) e povoamentos mistos (laranja). O traço horizontal a preto representa a média dos IA por classe de altura de descortiçamento.

### 3.2.4 Variação com a densidade de sobreiros na parcela

Observa-se que, de um modo geral, há uma menor densidade de sobreiros nos povoamentos mistos (sempre inferior a 100 sobreiros/ha) do que nos puros (que neste caso chegou a 218 sobreiros/ha) (Figura 17).

Analizando as correlações, verifica-se que há uma tendência positiva e estatisticamente significativa entre a densidade de sobreiros e o índice de ataque (IA) em povoamentos puros de sobreiro ( $P=0,0015$ ). Relativamente aos povoamentos mistos, esta tendência

não se observa verificando-se uma dispersão maior dos IA. Salienta-se que os valores médios mais elevados de IA se observaram em povoamentos pastoreados por gado Bovino, sugerindo que a análise exploratória aqui proposta poderá não ser a mais correta pois existe a potencial interação do tipo de pastoreio na IA (Figura 17).

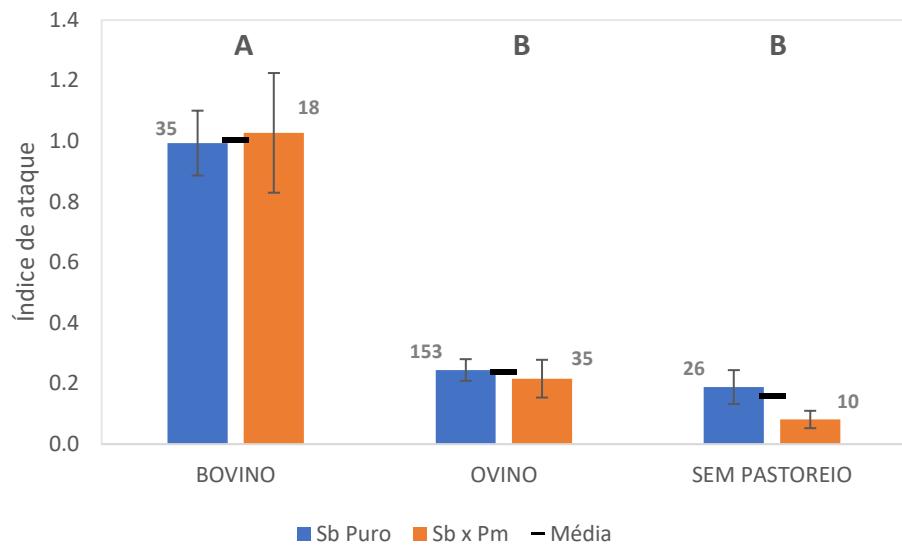


**Figura 17:** Índice de ataque (IA) médio nos povoamentos puros (azul) e povoamentos mistos (laranja) segundo a densidade de sobreiros (árv/ha). A reta de regressão e respetivos coeficientes de determinação nos povoamentos puros (azul) e mistos (laranja). Os círculos pretos à volta dos símbolos representam povoamentos com pastoreio bovino.

### 3.3. Variação com o pastoreio

Analisa-se o tipo de pastoreio com o intuito de perceber se este fator potenciava uma maior incidência de cobrilha. Nesta análise foram usadas 277 árvores.

Os dados indicam claramente uma maior incidência de cobrilha em sistemas pastoreados com gado bovino ( $H=57,197$ ;  $gl=2$ ;  $P<0,001$ ) com valores de IA médios de  $1,01 \pm 0,1$ ,  $n=53$  quando comparada com sistemas onde o pastoreio é feito por ovelhas ( $0,24 \pm 0,03$ ;  $n=188$ ) ou quando não há pastoreio ( $0,16 \pm 0,04$ ;  $n=36$ ). Não se observaram diferenças no IA entre povoamentos puros e mistos em cada um dos grupos (Figura 18). Este resultado é muito relevante para o presente e futuros trabalhos pois veio demonstrar que existe um efeito marcado do pastoreio bovino na incidência de cobrilha e que este efeito, muito provavelmente, se sobrepõe ao da mistura do sobreiro e pinheiro-manso.



**Figura 18:** Índice de ataque (IA) médio  $\pm$  erro padrão em povoamentos puros (barras azuis) e mistos (barras laranjas) segundo o tipo de pastoreio. A barra preta representa a média entre os dois povoamentos para cada herdade. Os números de árvores amostradas em cada povoamento encontram-se em cima de cada coluna.

## 4. Discussão

A cobrilha da cortiça é uma praga pouco estudada devido à especificidade do hospedeiro e tecido que ataca – o sobreiro e a cortiça. Apesar das tentativas levadas a cabo nos últimos anos, o seu ciclo biológico é ainda pouco conhecido sendo este um grande constrangimento à evolução dos estudos (Gallardo et al., 2012). A literatura sobre esta espécie é escassa, assim como os casos de estudo e paralelismos com este trabalho. Ficou patente a necessidade de mais investigação que gere conhecimento prático para os produtores e gestores florestais para combater eficazmente esta praga, que é grave, e não tem solução no curto prazo, mas tem um grande impacte na economia das explorações florestais.

Em termos gerais, os valores de Índice de Ataque (IA) observados (63% dos sobreiros tinham pelo menos uma galeria de cobrilha) foram semelhantes aos valores encontrados por Jiménez et al. (2012) e Gallardo et al. (2012) nos montados da Andaluzia (58,2% dos sobreiros tinham pelo menos uma galeria de cobrilha) com valores de IA médio a variar entre 0,4 a 2,23; Belmonte (2021) (54% dos sobreiros possuíam pelo menos uma galeria) com valores de IA médio de entre os 0,15 e 1,30 em regiões do Ribatejo e Alto Alentejo e inferiores aos valores observados por Du Marle e Attié (1992) (apenas 2,9% das árvores não foram atacadas), no sul de França. Tal como observado em Jiménez et al. (2012) e Belmonte (2021), verificou-se a presença de galerias de cobrilha ao longo do tronco descortiçado e pelo menos até aos dois metros.

A metodologia utilizada neste trabalho seguiu um protocolo já estabelecido por outros autores Du Marle e Attié (1992) e Belmonte (2021) cuja aplicação em campo é muito prática e expedita. Ainda que as referências consultadas aconselham a amostragens realizadas em troncos de sobreiro descortiçados no ano da observação, este trabalho veio pela primeira vez confirmar que é possível monitorizar com rigor as galerias de cobrilha até 3 anos depois do descortiçamento.

À medida que as novas camadas de cortiça se acumulam na superfície descortiçada devido à atividade do felogénio, o tronco adquire uma tonalidade acinzentada escura (Figura 8). Como é evidente, a visibilidade imediata de uma galeria de cobrilha num tronco descortiçado há mais tempo, é inferior àquela de um tronco recentemente descortiçado. Porém, é possível reconhecer uma galeria de cobrilha numa cortiça mais antiga pelas formas ondulares e contínuas no tronco, normalmente associadas a protuberâncias e fendilhamentos na cortiça entretanto formada que não deixam dúvidas sobre a configuração de uma galeria passada (Figura 8 de 2018).

Este achado permitiu amostrar um maior número de árvores do que inicialmente esperado, principalmente pela dificuldade em encontrar herdades com área suficiente para amostrar pares de povoamentos puros e mistos de sobreiro e pinheiro-manso nas condições exigidas e com sobreiros descortiçados no ano da amostragem.

Ainda que este seja um trabalho preliminar, foram obtidos resultados importantes e que podem ajudar o proprietário ou gestor florestal na tomada de decisões sobre a forma de gerir a sua propriedade. Assim, optou-se por organizar a discussão no formato de pergunta-resposta de forma a tornar mais clara a exposição dos resultados para este público-alvo.

### **Existem zonas do tronco onde o ataque é maior?**

O lado Norte foi o que apresentou menor incidência de cobrilha, enquanto o lado Sul se observou maior incidência. Este fenómeno também foi observado nos trabalhos realizados por Jiménez et al. (2012) e Belmonte (2021). A cobrilha coloca os ovos na casca ou fendas do sobreiro entre os meses de maio e julho e os adultos emergem na primavera-verão do 2º ano dependendo das condições climatéricas (Gallardo et al., 2012). A preferência de *C. undatus* pelos troncos voltados a Sul, poderá ser explicada pela maior incidência de radiação solar, preferindo locais mais quentes, o que origina uma maior acumulação de graus dia acelerando o desenvolvimento do seu ciclo biológico e consequente aumento de gerações destas populações. Ao invés, o lado Norte por ser mais húmido e menos luminoso pode dificultar a construção de galerias, dificultando a imposição da cobrilha nesse lado do sobreiro.

*Uma possível recomendação de gestão seria evitar a instalação de sobreiros nas encostas voltadas a sul, mais quentes e secas, assim como promover o ensombramento, por exemplo, com a implementação de outras espécies florestais como é o caso do pinheiro-manso ou azinheira.*

### **A incidência de cobrilha diminui quando o sobreiro está misturado com o pinheiro-manso?**

Analizando o índice de ataque de cobrilha em povoamentos puros e mistos (Figura 12), verificou-se que no povoamento misto (59%) a percentagem de árvores atacadas foi inferior ao povoamento puro (71%) sendo estes resultados estatisticamente significativos. Esta menor incidência em povoamentos mistos poderá estar relacionada com a emissão de substâncias químicas voláteis por parte do pinheiro-manso, por exemplo relativamente ao odor que pode vir a confundir esta praga evitando as posturas nos sobreiros. A altura do pinheiro pode sobrepor-se ao sobreiro e contribuir para uma maior dificuldade por parte da cobrilha em localizar os sobreiros.

Ainda que os povoamentos mistos possam ser mais resistentes aos ataques de pragas devido ao aumento de biodiversidade, aumentando a disponibilidade de nichos ecológicos e de recursos e potenciando o aumento de predadores para controlar o crescimento populacional de pragas (Castagneyrol et al., 2014). A mistura aqui apresentada não permitiu concluir objetivamente sobre os benefícios da mistura do sobreiro com pinheiro-manso no

ataque de cobrilha. Isto significa que *o proprietário florestal deve esperar menor incidência de cobrilha nos sobreiros em mistura com o pinheiro-manso aquando do planeamento das suas florestações ou adensamentos com o propósito de obter um povoamento misto.*

## **A incidência de ataque de cobrilha aumenta com a intensidade do descortiçamento?**

A incidência de ataque de cobrilha é sempre proporcionalmente superior, em qualquer classe de descortiçamento, quando o pastoreio é realizado por gado bovino. Em povoamento puro, os índices de ataque são superiores quando comparados com o povoamento misto e o índice de ataque vai aumentando à medida que a altura de descortiçamento aumenta, para gado ovino e sem pastoreio (Figura 16). Esta tendência veio reforçar os resultados observados por Belmonte (2021) que refere que *o IA aumenta com a altura de descortiçamento e tamanho da árvore.* Ainda que árvores mais velhas sejam naturalmente mais suscetíveis, até porque já sofreram vários descortiçamentos, é também possível que este efeito esteja a ser exacerbado pela frequência e intensidade das secas que se têm vindo a observar nos últimos 30 anos (Colangelo et al., 2018). Ocete (1992) observou que em sobreiros descortiçados apenas uma vez, o ataque de cobrilha foi inferior, sugerindo que o inseto não parece tão atraído por árvores jovens e de pequeno porte. Ambos os povoamentos seguiram a mesma tendência deste estudo, tendo como possível explicação a maior dificuldade do inseto encontrar um hospedeiro, não só pela pequena dimensão das árvores mas pelo facto de estar misturada com outra espécie e encontrar obstáculos que impedem a sua dispersão.

## **Quanto maior a densidade de sobreiros no povoamento, maior a incidência de cobrilha?**

Observou-se que a incidência de ataque de cobrilha aumenta à medida que as densidades em sobreiro são maiores (Figura 17). Porém, a correlação foi apenas significativa para povoamentos puros. Ocete (1992) encontrou resultados semelhantes em povoamentos localizados na região da Andaluzia, em Espanha e para densidades entre 36 árv/ha e 162 árv/ha. Cárdenas et al. (2021) também frisou que a incidência é maior em montados de alta densidade arbórea. Uma justificação para o que foi encontrado pode estar relacionado com o que o autor Jiménez et al. (2012) concluiu, ou seja, que a incidência está relacionada com a abundância do hospedeiro, com a maior disponibilidade de alimento para os insetos adultos e ao fornecimento de abrigo para proteção contra outros predadores. Deste modo, *uma possível recomendação de gestão para minimizar a incidência de ataque poderia ser a opção por uma redução da densidade de sobreiros, aumentando por exemplo os compassos em novas plantações.*

É importante referir, todavia que a variabilidade do IA foi bastante elevada entre herdades. Os extremos superiores foram encontrados nas herdades com pastoreio por gado Bovino, uma variável que parece muito relevante na IA média obtida, como veremos a seguir.

## O tipo de pastoreio pode ter impacte na incidência de ataque de cobrilha?

Os valores de IA variaram consideravelmente entre as herdades em estudo. Os dados, ainda que preliminares, apontam para que as explorações com pastoreio por gado bovino tendam a ter níveis de incidência de ataque superiores relativamente às propriedades que possuem pastoreio por gado ovino ou que não possuem qualquer tipo de pastoreio. A presença de pastoreio tem dois efeitos sobre o solo: 1) os animais alimentam-se da vegetação do subcoberto e mesmo das árvores, expondo o solo ao vento e à chuva e 2) pisoteiam o solo, compactando a superfície e reduzindo a infiltração (Tuffour et al., 2014). O gado bovino, tratando-se de animais de grande porte, pode originar uma maior compactação do solo, criando zonas impermeáveis e de menor arejamento podendo causar encharcamento e dificuldades de enraizamento. Estas condições limitantes podem levar a uma maior incidência de ataque de doenças graves para o sobreiro, como é o caso da *P. cinnamomi* que incide com maior gravidade em solos encharcados (González et al., 2020). O gado bovino tende a eliminar toda a vegetação herbácea e arbustiva, eliminando potenciais zonas de abrigo para inimigos naturais da cobrilha, originando eventualmente uma maior incidência de ataque com este tipo de pastoreio. O tipo de pastoreio parece ter um efeito bastante relevante na incidência da cobrilha e como tal é necessário realizar mais estudos sobre este efeito em particular.

## Trabalhos futuros

A relação encontrada entre o tipo de pastoreio e a Intensidade de ataque foi um dado bastante relevante deste trabalho, e sugere que o pastoreio parece ter um efeito sobre a incidência de cobrilha que se sobrepõe à do tema principal deste estudo: a da mistura do sobreiro com o pinheiro-manso. Verificou-se uma incidência de ataque muito elevada em povoamentos com presença de gado bovino, o que leva a concluir que o tipo de pastoreio parece ser um fator muito importante a ter em conta por parte do proprietário que gere o montado. Infelizmente apenas 2 herdades com pastoreio por gado bovino foram avaliadas pelo que é necessário continuar a investigação sobre este efeito em trabalhos futuros.

O ciclo de vida da cobrilha pode ser influenciado pelas condições ambientais. Ainda que neste trabalho se tenha tentado monitorizar herdades num gradiente edafoclimático, as variáveis climáticas médias (especificamente as séries temporais de 30 anos para cada região) não são significativamente diferentes entre os locais de estudo. Dado que a incidência de cobrilha medida num determinado ano é resultado de danos acumulados em

vários anos, também não é adequado relacioná-la com dados meteorológicos médios, mas apenas em locais onde existam dados mais finos, numa escala diária. Isso só se consegue com a instalação de estações meteorológicas locais a fim de perceber se o clima influência as dinâmicas das populações de cobrilha.

É necessário perceber o estudo dos efeitos culturais na fisiologia do sobreiro e consequentemente na maior suscetibilidade da árvores a outras pragas e doenças. Além disso, deve-se continuar a estudar métodos eficazes de controlo para combater a cobrilha.

## 5. Conclusões

O trabalho realizado contribuiu para o conhecimento da relação da cobrilha da cortiça com o tipo de povoamento e pastoreio. O objetivo principal deste trabalho, focou-se em observar a incidência de cobrilha entre os dois tipos de povoamento (puro e misto) e como tal verificou-se que este sistema minimiza o índice de ataque. A densidade de plantação também é um fator a ter em conta, uma vez que povoamentos muito densos tendem a aumentar o ataque de *C. undatus*, embora apenas se observou esta tendência em povoamentos puros. Neste caso aumentar os compassos de plantação seria uma boa estratégia ou aumentando a diversidade florestal no povoamento. O tamanho e a idade das árvores poderão relacionar-se com o ataque deste inseto, visto que em ambos os povoamentos e que possuíam gado ovino ou sem pastoreio o ataque tende a aumentar quando as árvores são mais velhas e a altura de descortiçamento maior.

Este trabalho, ainda que exploratório, veio revelar alguns dados importantes para a gestão dos povoamentos de sobreiro. É, contudo, necessário dar continuidade à recolha de mais dados em outras herdades para consolidar alguns aspetos sobre a incidência de cobrilha e de uma análise estatística que contemple o efeito das interações.

## 6. Referências bibliográficas

- Ameztegui, A., Cabon, A., De Cáceres, M., & Coll, L. (2017). Managing stand density to enhance the adaptability of Scots pine stands to climate change: A modelling approach. *Ecological Modelling*, 356, 141–150. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2017.04.006>
- Belmonte, J. (2021). *Fatores de variabilidade da incidência de cobrilha da cortiça em Quercus suber L.*
- Bugalho, M. N., Caldeira, M. C., Pereira, J. S., Aronson, J., & Pausas, J. G. (2011). Mediterranean cork oak savannas require human use to sustain biodiversity and ecosystem services. In *Frontiers in Ecology and the Environment* (Vol. 9, Issue 5, pp. 278–286). <https://doi.org/10.1890/100084>
- Cárdenas, A. M., Toledo, D., Gallardo, P., & Guerrero-Casado, J. (2021). Assessment and Distribution of Damages Caused by the Trunk-Boring Insects *Coraebus undatus* (Fabricius) (Coleoptera: Buprestidae) and *Reticulitermes grassei* Clément (Blattodea: Rhinotermitidae) in Mediterranean Restored Cork-Oak Forests. *Forests*, 12(11), 1501. <https://doi.org/10.3390/f12111501>
- Castagneyrol, B., Jactel, H., Vacher, C., Brockerhoff, E. G., & Koricheva, J. (2014). Effects of plant phylogenetic diversity on herbivory depend on herbivore specialization. *Journal of Applied Ecology*, 51(1), 134–141. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12175>
- Catry, F. X., Branco, M., Sousa, E., Caetano, J., Naves, P., & Nóbrega, F. (2017). Presence and dynamics of ambrosia beetles and other xylophagous insects in a Mediterranean cork oak forest following fire. *Forest Ecology and Management*, 404, 45–54. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.08.029>
- Colangelo, M., Camarero, J. J., Borghetti, M., Gentilesca, T., Oliva, J., Redondo, M. A., & Ripullone, F. (2018). Drought and phytophthora are associated with the decline of oak species in Southern Italy. *Frontiers in Plant Science*, 871(November), 1–13. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01595>
- Colangelo, M., Camarero, J. J., Ripullone, F., Gazol, A., Sánchez-Salguero, R., Oliva, J., & Redondo, M. A. (2018). Drought decreases growth and increases mortality of coexisting native and introduced tree species in a temperate floodplain forest. *Forests*, 9(4), 1–17. <https://doi.org/10.3390/f9040205>
- D Suñer, & Abós, L. (1994). *Estudio de la infestación de *Coroebus undatus* (FABRICIUS) (COL., BUPRESTIDAE) en los alcornocales catalanes* (Vol. 20).
- Díaz-Maroto, I. J., & Díaz-Maroto, M. C. (2020). Cork from *Quercus suber* L.: Forest certification system for sustainable management of cork oak forests. *Wood Research*, 65(5), 855–864. <https://doi.org/10.37763/WR.1336-4561/65.5.855864>
- Du, P., & Attié, M. M. (1992). Article original *Coroebus undatus* (Coleoptera: Buprestidae) sur

*chêne liège dans le Sud-Est de la France : estimation des dégâts, relations entre ceux-ci et certains facteurs du milieu.*

- Ferreira, M. C., & de Sousa, E. M. R. (1992). *Coroebus undatus: Suas relações com o declínio do montado de sobro*. In *II Encontro sobre os montados de sobro e azinho*.
- Fürstenau, B., Quero, C., Riba, J. M., Rosell, G., & Guerrero, A. (2015). Field trapping of the flathead oak borer *Coroebus undatus* (Coleoptera: Buprestidae) with different traps and volatile lures. *Insect Science*, 22(1), 139–149. <https://doi.org/10.1111/1744-7917.12138>
- Gallardo, A., Jiménez, A., Antonietty, C. A., Villagrán, M., Ocete, M. E., & Soria, F. J. (2012). Forecasting infestation by *Coraebus undatus* (Coleoptera, Buprestidae) in cork oak forests. *International Journal of Pest Management*, 58(3), 275–280. <https://doi.org/10.1080/09670874.2012.698765>
- González, M., Romero, M. Á., García, L. V., Gómez-Aparicio, L., & Serrano, M. S. (2020). Unravelling the role of drought as predisposing factor for *Quercus suber* decline caused by *Phytophthora cinnamomi*. *European Journal of Plant Pathology*, 156(4), 1015–1021. <https://doi.org/10.1007/s10658-020-01951-9>
- Hartmann, H., Moura, C. F., Anderegg, W. R. L., Ruehr, N. K., Salmon, Y., Allen, C. D., Arndt, S. K., Breshears, D. D., Davi, H., Galbraith, D., Ruthrof, K. X., Wunder, J., Adams, H. D., Bloemen, J., Cailleret, M., Cobb, R., Gessler, A., Grams, T. E. E., Jansen, S., ... O'Brien, M. (2018). Research frontiers for improving our understanding of drought-induced tree and forest mortality. *New Phytologist*, 218(1), 15–28. <https://doi.org/10.1111/nph.15048>
- Jiménez, A., Gallardo, A., Antonietty, C. A., Villagrán, M., Ocete, M. E., & Soria, F. J. (2012). Distribution of *Coraebus undatus* (Coleoptera: Buprestidae) in cork oak forests of southern Spain. *International Journal of Pest Management*, 58(3), 281–288. <https://doi.org/10.1080/09670874.2012.700493>
- Leal, A. I., Correia, R. A., Palmeirim, J. M., & Bugalho, M. N. (2019). Is research supporting sustainable management in a changing world? Insights from a Mediterranean silvopastoral system. *Agroforestry Systems*, 93(1), 355–368. <https://doi.org/10.1007/s10457-018-0231-9>
- Leite, C., Oliveira, V., Miranda, I., & Pereira, H. (2020). Cork oak and climate change: Disentangling drought effects on cork chemical composition. *Scientific Reports*, 10(1), 1–8. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-64650-9>
- López, S., Álvarez-Calero, J. M., Riba-Flinch, J. M., Coca-Abia, M. M., Torrell, A., & Quero, C. (2021). Olean (1,7-dioxaspiro[5.5]undecane): A novel intraspecific chemical cue in *coraebus undatus* (f.) (coleoptera: Buprestidae). *Insects*, 12(12), 1–14. <https://doi.org/10.3390/insects12121085>
- Matías, L., Abdelaziz, M., Godoy, O., & Gómez-Aparicio, L. (2019). Disentangling the climatic and biotic factors driving changes in the dynamics of *Quercus suber* populations across

the species' latitudinal range. *Diversity and Distributions*, 25(4), 524–535.

<https://doi.org/10.1111/ddi.12873>

Mendes, B., Sampaio, T., Antunes, M. A., Magalhães, H., Costa E Silva, F., Borges, C., Simões, F., Usié, A., Almeida, M. H., & info, A. M. (2022). Kinship Analysis and Pedigree Reconstruction of a Natural Regenerated Cork Oak (*Quercus suber*) Population. *Forests*, 13(2). <https://doi.org/10.3390/f13020226>

Moreira, A. C. (2005). Melhoramento. *Impacto de Phytophthora Cinnamomi Na Redução Do Vigor de Sobreiros e Azinheiras*, 124–127.

Nones, S., Fernandes, C., Duarte, L., Cruz, L., & Sousa, E. (2022). Bacterial community associated with the ambrosia beetle *Platypus cylindrus* on declining *Quercus suber* trees in the Alentejo region of Portugal. *Plant Pathology*, January, 1–14.  
<https://doi.org/10.1111/ppa.13536>

Ocete M E, S. F. (1992). *Estudios poblacionales sobre Coroebus undatus (Fabricius) (Coleóptera, Buprestidae) en alcornoques de Andalucía Occidental. I: Relación infestación-bosque*.

Ramos, T. B., Horta, A., Gonçalves, M. C., Pires, F. P., Duffy, D., & Martins, J. C. (2017). The INFOSOLO database as a first step towards the development of a soil information system in Portugal. *Catena*, 158(August), 390–412. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2017.07.020>

Rodrigues, A. R., Costa e Silva, F., Correia, A. C., Bicho, M. C., Madeira, M., & Coutinho, J. (2020). Do improved pastures enhance soil quality of cork oak woodlands in the Alentejo region (Portugal)? *Agroforestry Systems*, 94(1), 125–136. <https://doi.org/10.1007/s10457-019-00376-6>

Sousa, E. M. R. De. (2018). *Programa nacional de monitorização (2018)*.

Touhami, I., Chirino, E., Aouinti, H., El Khorchani, A., Elaieb, M. T., Khaldi, A., & Nasr, Z. (2020). Decline and dieback of cork oak (*Quercus suber* L.) forests in the Mediterranean basin: a case study of Kroumirie, Northwest Tunisia. *Journal of Forestry Research*, 31(5), 1461–1477. <https://doi.org/10.1007/s11676-019-00974-1>

Tuffour, H. O., Bonsu, M., & Khalid, A. A. (2014). Assessment of Soil Degradation Due to Compaction Resulting From Cattle Grazing Using Infiltration Parameters. *International Journal of Scientific Research in Environmental Sciences*, 2(4), 139–149.  
<https://doi.org/10.12983/ijsres-2014-p0139-0149>

UNAC - União Floresta Mediterrâника. (2013). *Guia de Comercialização de Cortiça no Campo*. 33. [www.unac.pt](http://www.unac.pt)