

Produção de resina no ensaio clonal de pinheiro-bravo na Mata Nacional de Escaroupim

Pedro António Calamote de Almeida

Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Florestal e dos Recursos Naturais

Orientadoras: Professora Doutora Ana Paula Soares Marques de Carvalho
Doutora Maria Isabel Carrasquinho de Freitas

Júri:

Presidente: Doutora Joana Amaral Paulo, Professora auxiliar do(a) Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa.

Vogal: Doutora Ana Paula Soares Marques de Carvalho, Professora auxiliar do(a) Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa, orientadora.

Vogal: Filipe Miguel de Carvalho Costa e Silva, Professor auxiliar do(a) Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa.

Agradecimentos

Quero agradecer ao projeto Pinheiro-bravo (*Pinus pinaster* Ait.): conservação e melhoramento dos recursos genéticos - PDR2020-785-063762, no âmbito do qual foi realizada esta dissertação.

Ao Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas (ICNF), pela disponibilidade para desenvolver o trabalho na área da Mata Nacional do Escaroupim, sob sua gestão.

Ao Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária (INIAV), entidade responsável pela orientação e coordenação científica do programa de melhoramento genético do pinheiro-bravo em Portugal.

À Professora Paula Soares e à Doutora Isabel Carrasquinho, que tornaram tudo possível com a sua enorme paciência, disponibilidade e dedicação. Um enorme obrigado, por todo o apoio.

À minha família, por todo o apoio que me deram ao longo do meu percurso académico.

Aos meus amigos que estiveram sempre comigo.

Resumo

A seleção genética de indivíduos de pinheiro-bravo para a produção de resina é algo que já tinha sido pensado anteriormente em Portugal. No entanto, e embora tivesse tido relevância económica para o justificar, nunca se chegou a concretizar. O trabalho desta tese resulta do interesse renovado pela exploração de resina. Daí que quantificar a produção de resina em clones de pinheiro-bravo no Pomar Clonal Produtor de Semente Qualificada, localizado na Mata Nacional do Escaroupim, seja um dos objetivos deste trabalho. Vai-se ainda analisar a relação genótipo/produção de resina, identificar os genótipos superiores e analisar a relação entre a produção de resina e as variáveis dendrométricas da árvore.

O trabalho foi realizado em duas áreas do pomar clonal - a Área I, com 4 hectares e a Área II, com 3 hectares - instalados entre 1970 e 1980. Na Área I, identificaram-se, para resinar, 286 árvores de 43 clones; na Área II, identificaram-se 284 árvores de 36 clones. Foram medidas as variáveis dendrométricas das árvores, pesada a resina da campanha 2021, estimada a heritabilidade em sentido lato e previsto o ganho genético para a característica produção de resina.

Foi detetada variabilidade genética o que indica haver oportunidade para o melhoramento genético para a produção de resina. Os valores estimados para a heritabilidade em sentido lato variaram entre 0,77 e 0,88, indicando a existência de um forte controlo genético para esta característica. A seleção dos 16 melhores clones permite prever um ganho genético de cerca de 37%. Identificou-se uma correlação positiva significativa entre o peso de resina e o diâmetro da árvore.

Palavras-chave: *Pinus pinaster*, fenótipo; genótipo; ganho genético.

Abstract

The genetic selection of maritime pine individuals for resin production is something that had already been thought of previously in Portugal. However, although it had economic relevance to justify it, it never came to fruition. The work in this thesis results from renewed interest in resin exploration. Hence, quantifying resin production in maritime pine clones in the Qualified Seed Producer Clonal Orchard, located in the Escaroupim National Forest, is one of the objectives of this work. We will also analyze the genotype/resin production relationship, identify the superior genotypes and analyze the relationship between resin production and the tree's dendrometric variables.

The work was carried out in two areas of the clonal orchard - Area I, with 4 hectares and Area II, with 3 hectares - installed between 1970 and 1980. In Area I, 286 trees from 43 clones were identified for resin; in Area II, 284 trees from 36 clones were identified. The dendrometric variables of the trees were measured, the resin from the 2021 campaign was weighed, heritability in the broad sense was estimated and the genetic gain for the resin production characteristic was predicted.

Genetic variability was detected, indicating that there is an opportunity for genetic improvement for resin production. The estimated values for heritability in the broad sense varied between 0,77 and 0,88, indicating the existence of strong genetic control for this characteristic. The selection of the 16 best clones allows us to predict a genetic gain of around 37%. A significant positive correlation was identified between resin weight and tree diameter.

Keywords: *Pinus pinaster*, phenotype; genotype; genetic gain.

ÍNDICE

Lista de Figuras.....	1
Lista de Quadros.....	2
Lista de Siglas e Acrónimos.....	4
Lista de Símbolos.....	5
1 - Introdução.....	1
1.1 - Pinheiro-bravo.....	2
1.2 - Resina.....	5
1.3 - Objetivos da tese.....	11
2 - Pomar clonal produtor de semente da Mata Nacional de Escaroupim.....	12
3 - Métodos.....	18
3.1 - Definição de regras para a resinagem.....	18
3.2 - Seleção das árvores a resinar e variáveis a medir.....	19
3.3 - Instalação da resinagem e pesagens de resina.....	20
3.4 - Relação entre a produção de resina e as variáveis dendrométricas.....	23
3.5 - Avaliação genética.....	24
4 - Resultados e discussão.....	26
4.1 - Relação entre a produção de resina e as variáveis dendrométricas.....	26
4.2 - Avaliação da variabilidade genética para a produção de resina em clones.....	35
4.3 - Produção máxima de resina na resinagem à morte.....	38
5 - Conclusões.....	40
6- Referências bibliográficas.....	41
Anexos.....	48
Anexo I – Quadro dos clones presentes em cada Área do Pomar Clonal da MNE.....	49
Anexo II – Esquema da Área I.....	50
Anexo III – Esquema da Área II.....	52
Anexo IV – Produção anual de resina em Portugal e Espanha.....	54

Lista de Figuras

Figura 1 - Distribuição das áreas totais por espécies/grupo de espécies (Fonte: ICNF, 2019).	1
Figura 2 - Distribuição do pinheiro-bravo na Europa (Fonte: Caudullo et al., 2017).	2
Figura 3 - Área de distribuição do pinheiro-bravo em Portugal Continental (DGT, 2019).	3
Figura 4 – Renovas.	7
Figura 5 - Produção de resina nacional (ton/ano) no período 1910-2021 (Fonte: INE).	9
Figura 6 - Valor da resina nacional entre 1990 e 2021 (milhares €/ano) (Fonte: INE).	9
Figura 7 - Preço médio da resina nacional à porta da fábrica (€/kg/ano) (Fonte: INE).	10
Figura 8 - Localização da Mata Nacional de Escaroupim.	12
Figura 9 - Imagem do Pomar Clonal Produtor de Semente de pinheiro-bravo localizado no talhão 17 (ortofotomapa de 14 de maio de 2022).	13
Figura 10 - Esquema das matrizes para estabelecimento dos blocos em cada repetição para as Áreas I e II do Pomar clonal.	15
Figura 11 - Dados meteorológicos (1970 - 2018) (Fonte: IPMA).	16
Figura 12 – Representação gráfica do índice ombrotérmico de Gausson para a MNE, dados meteorológicos (2021) (Fonte: SNIRH).	17
Figura 13 – Número dos clones localizados na repetição XII do bloco na Área I que foram resinados à morte de acordo com as regras definidas pelo DL n. °181/2015.	19
Figura 14 – Localização do púcaro de resina, 10 cm acima do enxerto.	20
Figura 15- Instalação da resinagem (fotos: P. Soares).	21
Figura 16 - Diferentes alturas do enxerto e, conseqüentemente, da colocação do púcaro (fotos: P. Soares).	21
Figura 17 - Pesagem da resina (fotos: P. Soares).	22
Figura 18 - Diagrama de bigodes da Área I para a produção de resina (kg) por clone.	31
Figura 19 - Diagrama de bigodes da Área II para a produção de resina (kg) por clone.	32
Figura 20 – Relação gráfica entre o peso de resina (wr) e o diâmetro à altura do peito (d). .	32
Figura 21 - Relação gráfica entre o peso de resina (wr) e a altura total (ht).	33
Figura 22 - Relação gráfica entre o peso de resina (wr) e o comprimento da copa (lc).	33

Lista de Quadros

Quadro 1 - Datas das ações da campanha de resinagem 2021	22
Quadro 2 - Valores mínimos, médios e máximos para as variáveis diâmetro (d), altura total (ht), comprimento da copa (lc), altura do enxerto (h_enx) e orientação da ferida (O)	26
Quadro 3 – Lista dos 16 clones com maior produção de resina	27
Quadro 4 – Caracterização, em termos do diâmetro, dos 16 clones com maior produção de resina	27
Quadro 5 – Caracterização, em termos da altura total, dos 16 clones com maior produção de resina	28
Quadro 6 – Lista dos 16 clones com menor produção de resina	29
Quadro 7 - Caracterização, em termos do diâmetro, dos 16 clones com menor produção de resina	29
Quadro 8 - Caracterização, em termos da altura total, dos 16 clones com menor produção de resina	30
Quadro 9 - Correlação entre as variáveis altura total da árvore (ht), altura da base da copa da árvore (hbc), comprimento da copa da árvore (lc), altura do enxerto na árvore (h_enx), diâmetro da árvore a 10 centímetros de altura acima do enxerto (d_0,10), diâmetro da árvore à altura do peito (d), peso da resina (wr) e orientação da ferida de resinagem (O) na Área I	31
Quadro 10 - Correlação entre as variáveis altura total da árvore (ht), altura da base da copa da árvore (hbc), comprimento da copa da árvore (lc), altura do enxerto na árvore (h_enx), diâmetro da árvore a 10 centímetros de altura acima do enxerto (d_0,10), diâmetro da árvore à altura do peito (d), peso da resina (wr) e orientação da ferida de resinagem (O) na Área II	31
Quadro 11. Sumário da seleção de variáveis <i>stepwise</i> (output SAS PROC REG).....	33
Quadro 12 - Estimativas das componentes de variância genética (σ_{gen2}), repetição (σ_{rep2}), bloco incompleto na repetição ($\sigma_{bi(rep)2}$) e erro aleatório (σ_{e2}), para a heritabilidade no sentido lato (H^2); valores da média, máximos e mínimos para a variável produção de resina em cada uma das duas áreas do Pomar clonal produtor de sementes.....	35
Quadro 13 - Estimativas das componentes de variância genética entre clones (σ_{gen2}), da interação do clone com a Área do pomar ($\sigma_{clone * pomar2}$), da repetição na Área do pomar ($\sigma_{clonrep(pomar)2}$), do efeito dos blocos incompletos na repetição do pomar ($\sigma_{bi(pomar(rep)2}$) e do erro aleatório (σ_{e2}), da heritabilidade no sentido lato (H^2); valores da média, máximo e mínimo, para a variável produção de resina para os 29 clones comuns às duas Áreas do Pomar clonal produtor de sementes	36

Quadro 14 - Ordenação decrescente do melhor preditor linear não enviesado empírico (EBLUP) dos efeitos dos clones para a variável produção de resina por clone, em cada uma das duas Áreas individualizadas e em conjunto, do Pomar clonal produtor de sementes.....37

Quadro 15 – Produção de resina, número dos clones e número de fiadas das árvores exploradas em resinagem à morte (repetição XII do bloco na Área I) sem restrições.....38

Lista de Siglas e Acrónimos

CSIRO - Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation

CTO - Crude Tall Oil

DGT - Direção-Geral do Território

DGSFA - Direção Geral dos Serviços Florestais e Aquícolas

IFN - Inventário Florestal Nacional

IFN4 – 4º Inventário Florestal Nacional

INE - Instituto Nacional de Estatística

ICNF - Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas

IPMA – Instituto Português do Mar e da Atmosfera

MAPA - Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación

MFR - Material Florestal de Reprodução

MITECO - Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico

MNE - Mata Nacional do Escaroupim

NMP - Nemátodo da madeira do pinheiro

PCPS - Pomar Clonal Produtor de Semente de pinheiro-bravo

PGF - Plano de Gestão Florestal

PIB - Produto Interno Bruto

PRR - Plano de Recuperação e Resiliência

SiResin - Sistema de Informação da Resina

SNIRH - Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos

VAB - Valor Acrescentado Bruto

Lista de Símbolos

μ - valor médio

μ_p - média fenotípica do povoamento

ΔG - ganho genético

A_i - valor aditivo

b - coeficiente de regressão

d - diâmetro da árvore à altura do peito, ou seja, medido a 1.30 m de altura em relação ao solo

$d_{0,10}$ - diâmetro da árvore medido a 10 centímetros de altura acima do enxerto

E_i - efeito do ambiente

G_i - valor genético

I_i - valor de interação

H^2 – heritabilidade no sentido lato

h^2 - heritabilidade no sentido restrito

h_t - altura total da árvore

h_{bc} - altura da base da copa da árvore

h_{enx} - altura do enxerto na árvore

l_c - comprimento da copa da árvore

O - orientação da ferida de resinagem em relação ao norte magnético

pap - perímetro da árvore à altura do peito, ou seja, medido a 1.30 m de altura em relação ao solo

P_i - medidas fenotípicas

$T_{m\acute{a}x}$ - Temperatura máxima

T_{med} - Temperatura média

$T_{m\acute{i}n}$ - Temperatura mínima

\bar{y}_s - média fenotípica das árvores desejadas

w_r – peso de resina ao nível da árvore

1 - Introdução

Portugal é um país com 69,4% do seu território continental ocupado por espaços florestais (floresta, matos e terrenos improdutivos); a floresta, que inclui terrenos arborizados e temporariamente desarborizados (superfícies cortadas, ardidadas e em regeneração), é o principal uso do solo nacional, ocupando 36% do território (ICNF, 2019).

A floresta portuguesa é maioritariamente categorizada por espécies florestais autóctones (72%). Em termos estruturais, pode ser organizada em quatro grandes grupos: pinhais (constituídos por povoamentos de pinheiro-bravo e pinheiro-manso), folhosas perenifólias (“montados”, sobreirais e azinhais), folhosas caducifólias (povoamentos de carvalhos, castanheiros e outras) e folhosas silvo-industriais (eucaliptais) (ICNF, 2019) (Figura 1). Destes grupos, o “montado” (de sobro e azinho) é o que tem maior expressão em termos de área, seguido pelos “pinhais” (pinheiro-bravo e pinheiro-manso), “folhosas silvo-industriais” (eucalipto) e, por fim, as “folhosas caducifólias” (ICNF, 2019).

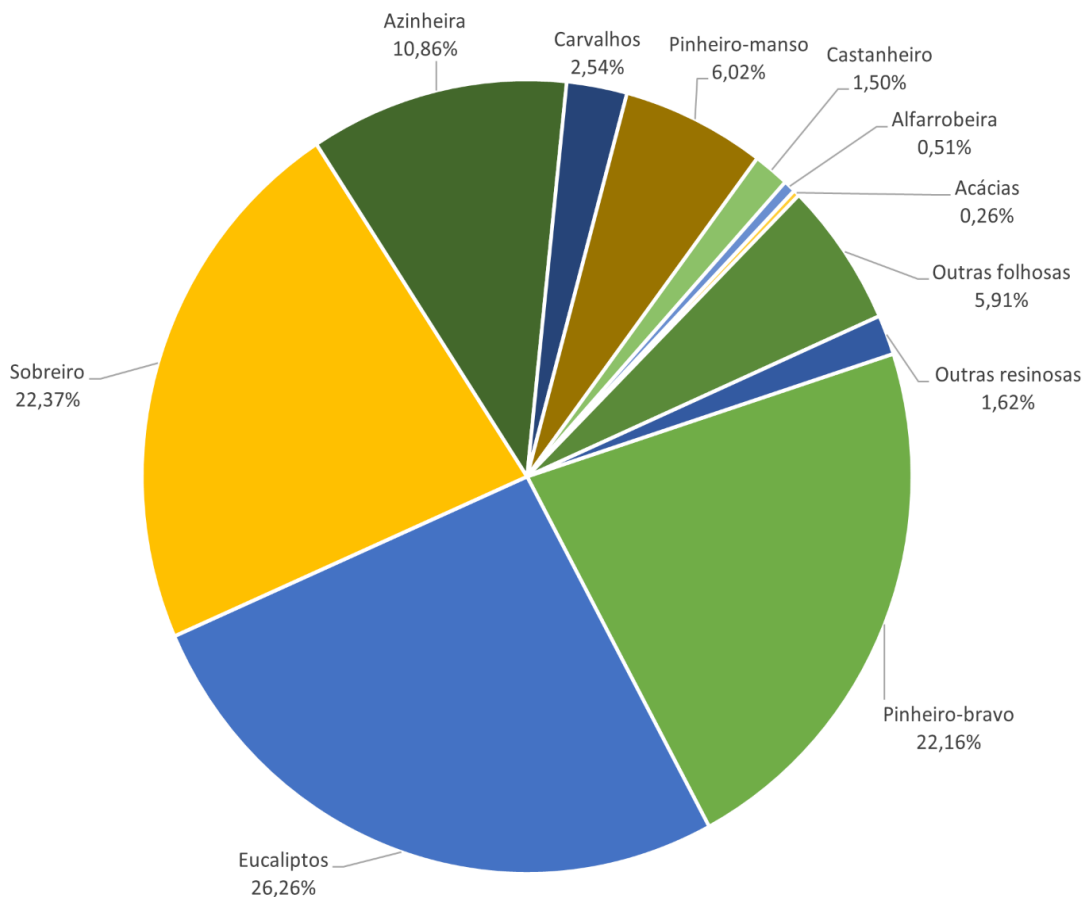


Figura 1 - Distribuição das áreas totais por espécies/grupo de espécies (Fonte: ICNF, 2019).

As florestas têm um valor na economia portuguesa extremamente relevante, representando a silvicultura (as atividades económicas relacionadas com a gestão de florestas), em 2020, cerca de 0,4% do produto interno bruto (PIB) e representando a indústria florestal cerca de 1,1% do PIB, existindo 7.922 empresas na área da silvicultura que empregavam 16.995 trabalhadores¹ (INE, 2021)

1.1 - Pinheiro-bravo

O pinheiro-bravo (*Pinus pinaster* Ait.) tem expansão na faixa atlântica do sudoeste da Europa (França, Espanha e Portugal) e, em menor escala, no Mediterrâneo ocidental (Itália, Sardenha, Sicília, Córsega, Marrocos, Argélia, Tunísia e sul de França) (Silva, 2007) (Figura 2).



Figura 2 - Distribuição do pinheiro-bravo na Europa (Fonte: Caudullo et al., 2017).

¹ Para o cálculo do valor acrescentado bruto da indústria florestal teve-se em conta as indústrias transformadoras seguintes: Indústrias da madeira e da cortiça e suas obras, exceto mobiliário; Fabricação de obras de cestaria e de espartaria; Fabricação de pasta, de papel, de cartão e seus artigos; Fabricação de mobiliário para escritório e comércio; Fabricação de mobiliário de cozinha; Fabricação de mobiliário para outros fins (INE, 2021).

O pinheiro-bravo é uma árvore de porte médio, até 40 m de altura, copa cônica nos indivíduos jovens, com tendência a ficar mais achatada com a idade; a casca é castanho-escura no exterior e avermelhada nas camadas internas, espessa e fendilhada (Fabião, 1987).

Tem preferência por solos permeáveis, onde o sistema radicular superficial se desenvolve melhor, sendo suscetível à compactação do solo e ao encharcamento (Silva, 2007). É uma espécie pioneira, com carácter heliófilo (intolerante ao ensombramento) (Fabião, 1987; Silva, 2007). Tem capacidade de se desenvolver em substratos extremamente pobres, embora seja uma espécie calcífuga (não tolera bem solos calcários, ricos em cálcio assimilável pelas plantas) (Fabião, 1987). Na Figura 3 apresenta-se a área de distribuição do pinheiro-bravo, tendo por base a carta de uso e ocupação do solo para 2018 (COS).

O carácter de espécie autóctone do pinheiro-bravo em Portugal Continental foi sempre um assunto de grande discordância entre botânicos, silvicultores e geógrafos, devido às suas características de colonizador agressivo - “(...) grande produção de semente, capacidade de vegetar em substratos muito degradados, rapidez do crescimento, adaptabilidade aos solos

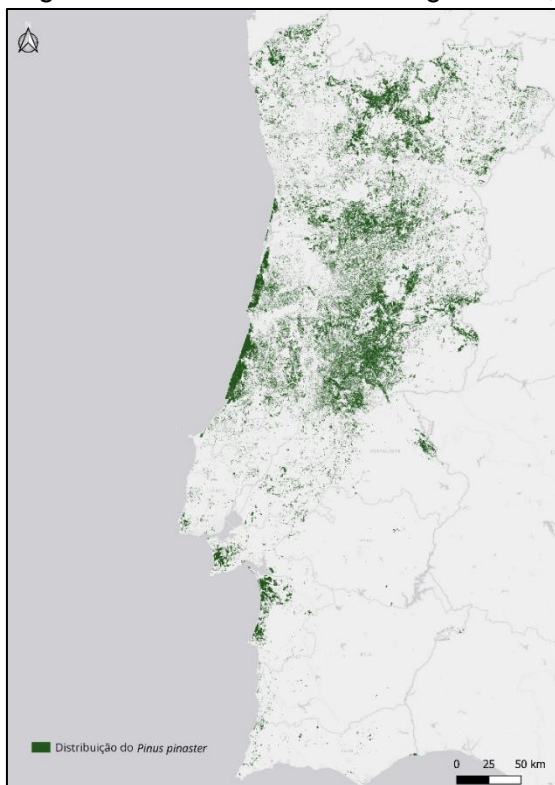


Figura 3 - Área de distribuição do pinheiro-bravo em Portugal Continental (DGT, 2019).

muito degradados a arborizar (...)” (Silva, 2007); o seu carácter como espécie autóctone em Portugal continental tem vindo a ser comprovado por vários estudos, tendo sido encontradas várias amostras de carvão de pinheiro-bravo, a mais antiga com 33.000 anos (Figueiral, 1995), e tendo sido encontrado pólen em grande abundância datado como sendo de há 4.100 anos, categorizando como uma das espécies de pinheiro dominantes dessa época na zona sudeste de Portugal (Mateus, 1992).

O pinheiro-bravo, quando comparado com as espécies do Norte da Europa, era considerado um pinheiro inferior para a utilização em serrações devido ao alto teor em resina, o que o faria inadequado à exploração florestal (Alves et al., 2012).

Desde 1995 (4º Inventário Florestal Nacional - IFN4), a área do pinheiro-bravo tem vindo a reduzir-se, embora no período 2010-2015, se tenha observado uma desaceleração nessa perda de área (ICNF, 2019). Essa diminuição da área teve início nos anos 80 do século passado e as razões são várias (Batista e Santos, 2005; ICNF, 2019; Silva, 2007):

- o êxodo rural, com início nos anos 50, e que resultou na diminuição da mão-de-obra para a gestão e manutenção do pinhal, tornando-o mais suscetível a incêndios;
- a idade avançada dos proprietários florestais das regiões norte e centro interior;
- a diminuição do valor da resina nos anos 80, que veio a condicionar a rentabilidade dos pinhais (Figura 5 e Anexo IV) (INE);
- as doenças, nomeadamente, os escolítídeos e o nemátodo da madeira do pinheiro (NMP) (*Bursaphelenchus xylophilus*), que causa a doença da murchidão dos pinheiros, reportada por (Mota et al., 1999);
- os fogos rurais, em especial, o impacto que têm na área de pinheiro-bravo. Por exemplo, nos fogos de 2017 esta espécie representava 49,6% da área ardida (Guerreiro et al., 2018), tendo sido classificada em terceiro lugar em termos de seletividade do fogo, face à ocupação do solo, depois do eucalipto e dos matos (Mendonça et al., 2023).

Segundo o Centro PINUS (2022), referente a dados de 2020, o pinheiro-bravo, dentro do setor florestal, é uma fileira de relevo, correspondendo a 80% dos postos de trabalho nas indústrias florestais em 88% das empresas. As empresas ligadas à fileira produzem um valor acrescentado bruto (VAB) de 1.241 milhões de euros, correspondendo a 57% do VAB das indústrias florestais (Centro PINUS, 2022), representando 0,62% do PIB nacional. Esta fileira, em 2021, exportou cerca de 2.163 milhões de euros, o que correspondeu a 38% das exportações de bens das indústrias florestais.

A importância económica do pinheiro-bravo na floresta portuguesa justifica o programa de melhoramento para esta espécie iniciado no século passado com o objetivo de produção de material lenhoso de qualidade. Os primeiros passos foram dados por alguns investigadores florestais pioneiros em melhoramento da Estação de Experimentação Florestal, com cientistas e técnicos australianos na Mata Nacional de Leiria (Aguiar et al., 2011; Pessoa, 1966). Desta parceria resultou a seleção de 82 árvores *plus* para as características volume e forma do tronco, 60 das quais que viriam a ser reproduzidas vegetativamente na Mata Nacional do Escaroupim (MNE), nas duas áreas de estudo desta tese. Estas ações foram de grande relevância porque permitiram chamar a atenção, pela primeira vez em Portugal, para a importância da qualidade do material florestal de reprodução (MFR) a utilizar no setor florestal. No entanto, só em 1988 foi elaborado o programa de melhoramento para o pinheiro-bravo para produção de madeira, financiado pelo Banco Mundial. A avaliação de 46 árvores das 60 selecionadas fenotipicamente na Mata Nacional de Leiria foi realizada no ensaio de descendências em 1987, no qual se selecionaram geneticamente os 17 melhores e estabeleceu-se um novo pomar clonal que possibilita a obtenção de semente com ganho de 21% em volume e 17% na retidão do fuste (Aguiar et al., 2003, 2011).

1.2 - Resina

A referência mais antiga de produção de produtos resinosos em Portugal é de 1475; nesta altura eram obtidos dois principais produtos resinosos: o pez ou breu cru e o pixe ou breu cozido (Radich, 1995). A matéria-prima para a obtenção destes produtos era a acha resinosa, que consistia em pedaços de madeira de pinho (raízes, troncos, ramos...), enteados de resina (Radich, 1995). Por entear entendia-se a função de formar e acumular resina entre as fibras lenhosas do pinheiro, o que podia acontecer naturalmente ou ser provocado artificialmente. Para entear artificialmente tinha de praticar-se a operação da rechega, que correspondia a golpear longitudinalmente e de forma severa o tronco dos pinheiros até atingir o lenho (Radich, 1995). Submetendo a acha resinosa a uma combustão rápida (não superior a dezoito horas), num forno próprio, obtinha-se um líquido espesso e negro que era o pez. Cozendo ao lume o pez, espessava e homogeneizava, dando origem ao pixe, ou breu cozido, que podia-se moldar em pães, juntando ou não alguma areia. O breu era utilizado para a breagem de utensílios, engrenagens e mais elementos de construção de madeira e a calafetagem de embarcações (Anastácio e Carvalho, 2008; Radich, 1995).

Nos anos de 1790 foi contratado um mestre alcatroeiro de Ragusa, que deu início à produção de alcatrão em Portugal, mais precisamente na Marinha Grande. Esta atividade não era praticada em Portugal por se achar que a resina do pinheiro-bravo não era adequada, algo que foi desmistificado (Radich, 1995). O alcatrão, à semelhança do breu, obtido a partir da acha resinosa, mas agora submetido a uma combustão mais lenta (quatro a seis dias, conforme o tipo de forno) produzia um líquido negro e grosso que em descanso se dividia em duas partes, uma sólida e pegajosa - o alcatrão - e outra líquida e escura que sobrenadava - a água-ruça (Radich, 1995).

O destino do alcatrão produzido era o Arsenal da Marinha de Lisboa e muito provavelmente também a Cordoaria Nacional, o início desta produção veio conciliado com um grande interesse em expandir a marinha portuguesa, onde este era necessário para o processo de alcatroamento da enxárcia (Radich, 1995).

Em 1812, surge a primeira referência a se efetuarem «sangrias em árvores inúteis» no Pinhal de Leiria, tendo essa prática ganho um certo incremento «chegando a ferir-se 80.000 pinheiros» (Botelho de Gusmão, 1940). Devido a possíveis abusos na aplicação destas práticas de resinagem, em 1832, o Ministério da Marinha, que então superintendia na administração do Pinhal Real, ordenou a moderação da resinagem e, seguidamente, Fontes Pereira Melo proibiu-a (Botelho de Gusmão, 1940). Só em 1858, após um interregno, e graças a Bernardino José Gomes, a quem se deve a introdução da resinagem em Portugal, o administrador José Melo Gouveia ordenou a montagem da primeira fábrica de destilação de

resina na Marinha Grande, demarcando a área de pinhal destinado a esta forma de exploração (Botelho de Gusmão, 1940). O sistema foi introduzido por Bernardino José Gomes com a designação de “sistema português”, no qual as feridas eram praticadas na vertical, longitudinalmente descontínuas, os entalhes eram profundos, com perfil específico, com maior profundidade nos bordos laterais, encaminhando a resina para os púcaros (Themudo e Carneiro, 1958). Este sistema, embora inicialmente com sucesso, danificava bastante as árvores (Themudo e Carneiro, 1958).

Em 1926, são contratados cinco mestres resineiros landeses para formarem resineiros portugueses no “sistema francês” (ou de Hughes), que, em comparação ao «sistema português», era feito com feridas com menor profundidade e na horizontal (Themudo e Carneiro, 1958). A ferida inicial ou “pique” era feita por cima da bica, as feridas seguintes iam sendo feitas por cima da inicial, designando-se de “renovas”, dando a forma característica de um pinheiro resinado que se conhece atualmente (Themudo e Carneiro, 1958). Este sistema tinha a vantagem de ser mais produtivo em resina que o português (Anastácio e Carvalho, 2008; Themudo, 1953; Themudo e Carneiro, 1958). Também o uso excessivo deste “sistema” de resinagem acabou por contribuir para a diminuição dos benefícios que ele trouxe quando foi inicialmente introduzido, embora se tivesse publicado legislação e realizado fiscalização no sentido de evitar os excessos (Themudo e Carneiro, 1958).

Finalmente, em 1950/51, foi introduzida a “resinagem química” ou “à americana”, que diferia do “sistema francês”, pela profundidade das feridas quase nula não chegando a ferir o lenho (Anastácio e Carvalho, 2008). Aplicava-se uma pasta química, normalmente com uma base de ácido sulfúrico, de maneira a retardar a cristalização da resina. Este novo sistema produzia cerca de 24% mais resina que o “sistema francês”, tinha um custo de produção mais baixo, diminuía o dano no lenho durante o processo de resinagem, necessitava de metade do número de renovas por campanha e produzia resina com um número inferior de impurezas (Anastácio e Carvalho, 2008; Themudo, 1953; Themudo e Carneiro, 1958). Em 1956, a “resinagem química” já abrangia cerca de 89,2% do total de feridas praticadas no país (Themudo e Carneiro, 1958).

A resina é um produto viscoso, translúcido, de cor amarela acastanhada e com um odor característico. Encontra-se nos géneros *Pinus* (pinheiros), *Picea* (abetos) e *Larix* (lariços) e na espécie *Pseudotsuga menziesii* (pseudotsuga, abeto-de-Douglas ou pinheiro-do-Oregon), estando principalmente presente nos canais resiníferos que se dispõem longitudinal e horizontalmente no lenho (Graça, 1984). Pensa-se que a resina desempenhe um papel de cicatrização de tecidos e de defesa contra os ataques de insetos ou de outros agressores (Graça, 1984; Shmulsky e Jones, 2011).

A exploração da resina em Portugal é legislada pelo Decreto-Lei n.º 181/2015 de 28 de agosto, que estabelece o regime jurídico da resinagem e da circulação da resina de pinheiro no território do Continente. São definidos os requisitos à exploração para a resinagem à morte e à vida. A primeira define-se como sendo “a extração de resina de pinheiro no curto prazo, sendo limitada, em exclusivo, ao período de 4 anos que antecede o corte da árvore” e a segunda “a extração de resina de pinheiro realizada no longo prazo, sem qualquer limitação temporal, dependente do momento de corte da árvore”. Existe uma exceção a estes requisitos. A “resinagem para fins de investigação científica” é permitida em casos devidamente fundamentados com o consentimento prévio do proprietário. O Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas (ICNF) pode autorizar o não cumprimento de todos os requisitos desde que o estudo esteja inserido em projetos de investigação coordenados por entidades reconhecidas.

“A extração de resina de pinheiro, a sua importação e exportação, bem como o transporte, o armazenamento e a entrada em estabelecimentos para a primeira transformação industrial, estão sujeitos a comunicação prévia” (Decreto-Lei nº 181/2015, 2015) ao ICNF. A declaração de resina é submetida por via eletrónica, através do Sistema de Informação da Resina (SiResin). A circulação da resina e as obrigações do operador da resina, o registo do operador, o acesso e a informação ao sistema de informação da resina, as contraordenações e consequentes sanções acessórias que poderão ser adicionadas cumulativamente às coimas, estão contempladas nos restantes artigos do Decreto-Lei.

Relativamente à época de resinagem, no regime jurídico atual, não existe uma definição de campanha, podendo a resinagem ser efetuada durante qualquer altura do ano.

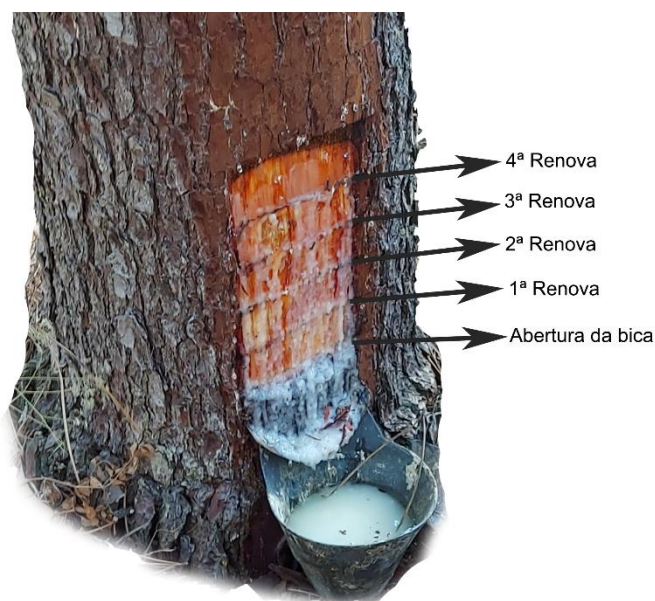


Figura 4 – Renovas.

No processo de resinagem designa-se a “abertura da bica”, como sendo a primeira incisão ou ferida no tronco do pinheiro. A “montagem do serviço” é a operação que pode ser feita em dois métodos distintos: i) com púcaro, prego e bica, ou ii) com sacos de plástico agrafados ao tronco do pinheiro. A “renova”, é a abertura de uma nova incisão acima da que foi feita anteriormente. Este processo é repetido ao longo de toda a campanha, que normalmente se inicia em

fevereiro/março e termina em outubro/novembro (Figura 4).

Extraindo a resina em campo obtemos a resina em bruto, que é encaminhada para as fábricas de primeira transformação. Nestas, inicia-se o tratamento da resina com uma etapa designada como “malaxagem” (amassar a resina para a tornar mais maleável), seguindo-se uma etapa de filtração para remover impurezas (ex., folhas, cascas, ramos, insetos). Obtém-se a resina limpa, que está pronta para a última etapa, a de destilação. É na destilação que obtemos a colofónia (ou pez louro) e a essência de terebentina (ou aguarrás). Embora estes dois subprodutos tenham utilizações diretas, são ambos muito interessantes para a indústria de segunda transformação, onde poderão trazer um maior valor acrescentado à exploração resinosa. A colofónia representa o principal produto da destilação da resina, com cerca de 80% do total da destilação. Algumas das aplicações que terá na indústria de segunda transformação são tintas de impressão, adesivos, borrachas sintéticas, tintas e vernizes e cosméticos. Cerca de 20% do total da destilação diz respeito à fração volátil da resina, a essência de terebentina ou aguarrás. Algumas das suas utilizações na indústria de segunda transformação são os produtos de limpeza, desinfetantes, perfumaria e ambientadores, tintas e vernizes, inseticidas e farmacêuticos (Resipinus, 2018).

A resinagem como atividade económica em Portugal, teve o seu auge nos anos 70 do século passado, tendo o seu máximo histórico de produção em 1974 com 146.968 toneladas de resina (INE, 2022c). O declínio que se observou posteriormente foi resultado da entrada de matéria-prima vinda da China, no final dos anos 80, que conseguia competir com preços mais baixos, devido a mão-de-obra barata, retirando o posicionamento de Portugal da liderança mundial (Alves et al., 2012). No inquérito feito por Batista e Santos (2005) entre 1999 e 2000, 17,5% dos inquiridos que eram proprietários de pinheiro-bravo, declararam já terem resinado alguma vez, enquanto apenas 2,2% tiveram produção nos últimos cinco anos.

A flutuação da produção da resina é visível nos gráficos da Figura 5 e no anexo IV, onde podemos identificar este pico de produção e o efeito da entrada da China no mercado internacional, algo que afetou a produção portuguesa e a espanhola. A partir de 2004, verifica-se uma recuperação do valor de resina nacional (Figura 6), em parte devido ao aumento do seu preço médio (Figura 7).

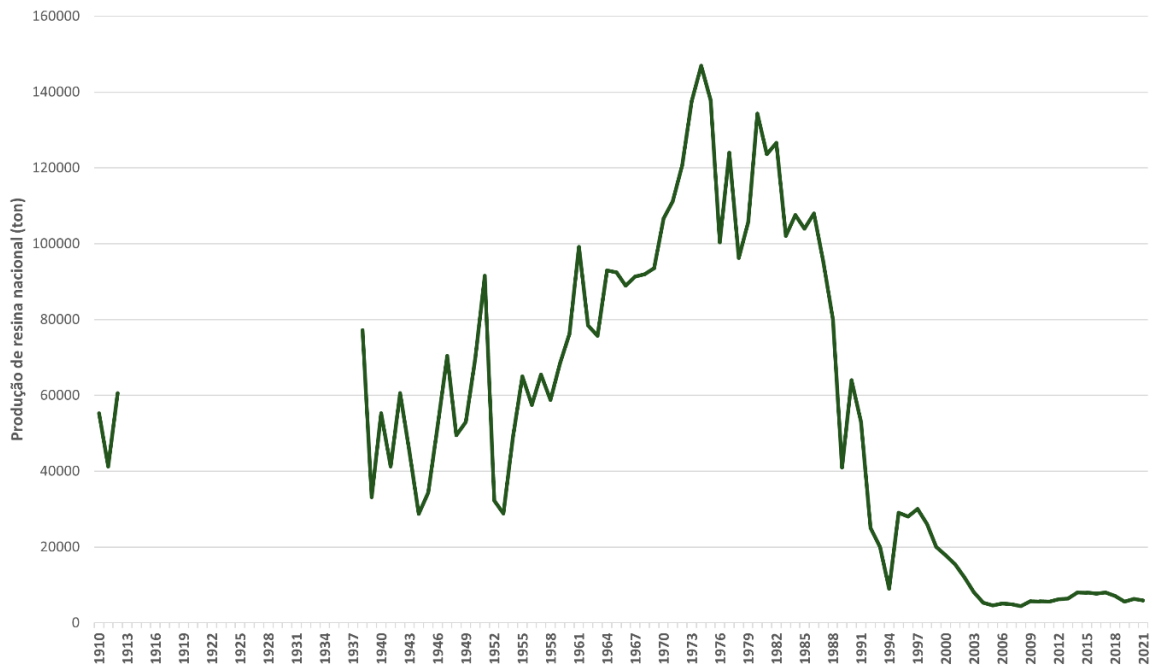


Figura 5 - Produção de resina nacional (ton/ano) no período 1910-2021 (Fonte: INE)².

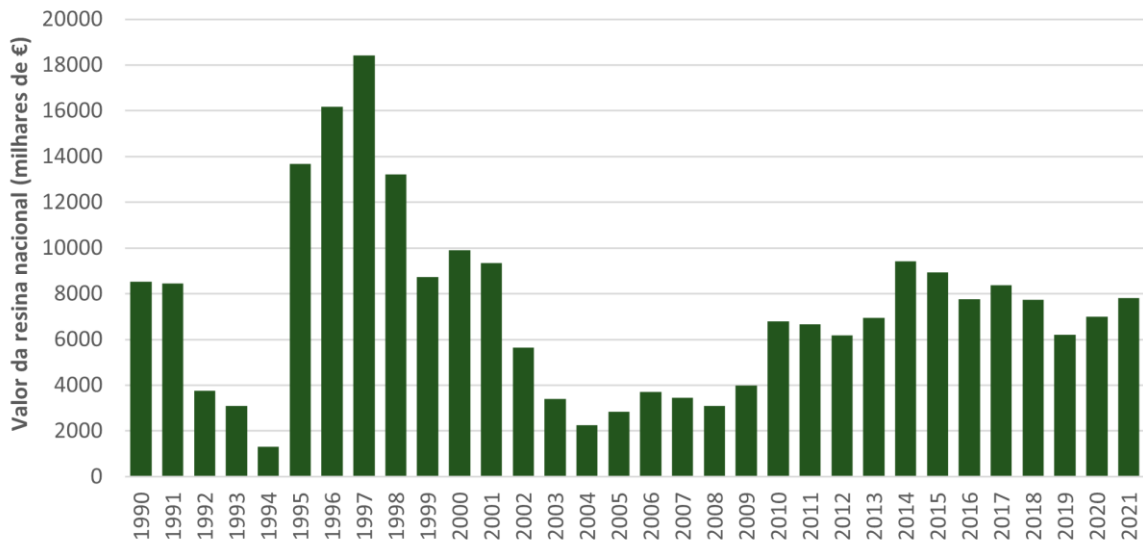


Figura 6 - Valor da resina nacional entre 1990 e 2021 (milhares €/ano) (Fonte: INE).

² A falta de dados para o período 1912-1938, é devida ao facto da primeira edição das Estatísticas Agrícolas do INE publicado incluir só os dados de 1910 a 1912 e 1938, esse período corresponde, em parte, ao período da 1ª Guerra mundial, onde Portugal participou e à criação do Instituto Nacional de Estatística, em 1935.

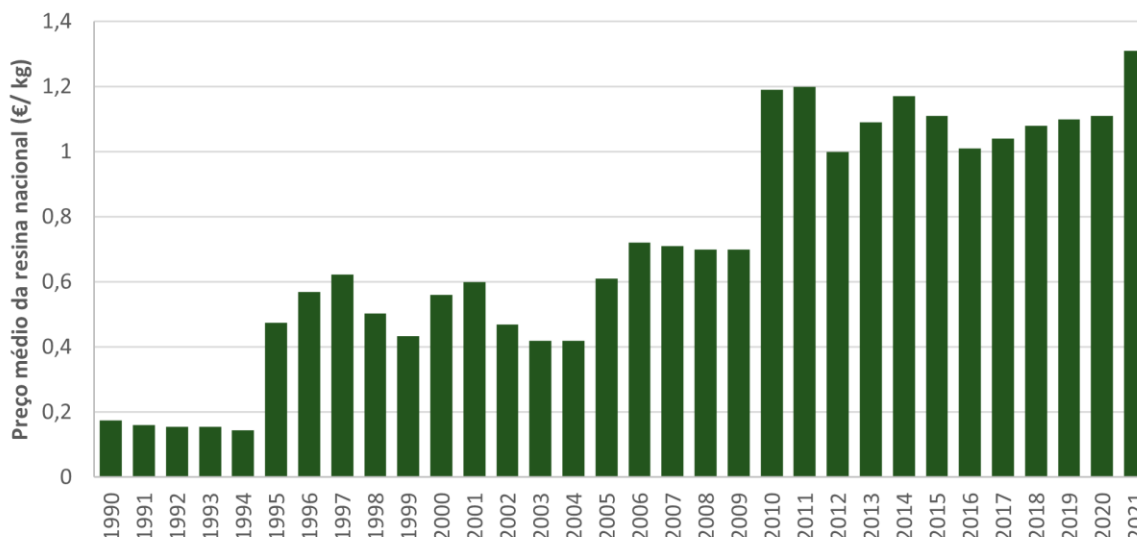


Figura 7 - Preço médio da resina nacional à porta da fábrica (€/kg/ano) (Fonte: INE).

As mais valias da utilização da resina natural são inúmeras, destacando-se o seu valor ambiental, a possibilidade de fixação de postos de trabalho no interior e a redução de risco de incêndio nas áreas a serem resinadas. No que respeita ao valor ambiental, salienta-se a pegada de carbono dos produtos resultantes da 1ª transformação de resina natural, que é de 0,349 kg CO₂e/kg produto, para Portugal, e de 0,239 kg CO₂e/kg de produto, para Espanha, comparativamente aos seus substitutos, como sejam, por exemplo, os derivados de *Crude Tall-Oil* (CTO) que apresentam uma pegada de carbono de 0,74 kg CO₂e/kg (AGRO.GES, 2021). Devido às características do trabalho ativo dos resineiros nos pinhais durante a altura da campanha da resina que decorre, normalmente, de março a novembro, as suas atividades têm uma componente inerente de vigilância dos mesmos, nas alturas de maior risco de incêndios. A atividade da resina também irá obrigar os proprietários a terem as suas áreas limpas para permitir aos resineiros a deslocação dentro do pinhal. O próprio rendimento, com a exploração da resina, incentiva a manutenção dos pinhais limpos e igualmente cria o financiamento para o fazer. Por outro lado, a distribuição pelo território nacional dos pinhais de pinheiro-bravo (Figura 3), principalmente fora das zonas de maior densidade populacional, possibilita a fixação dos resineiros e cria maior empregabilidade neste setor para as áreas do interior do país, fazendo da resina um fator para a fixação das populações no interior do país.

A resina é uma indústria com grande potencial, mas apenas parte da floresta de pinheiro-bravo é atualmente resinada. Segundo o 6º Inventário Florestal Nacional, 24.100 ha de pinheiro-bravo estavam a ser resinado em 2015, o que equivale a cerca de 3,38% da área total de pinheiro-bravo para 2015 (ICNF, 2019). O Plano de Recuperação e Resiliência (PRR), componente 12, inclui um orçamento de 145 milhões de euros para investir na aceleração da

produção de produtos de alto valor acrescentado a partir de recursos biológicos (criando uma alternativa aos materiais de base fóssil) e fomentando uma bioeconomia sustentável, focando-se em três setores de atividade económica nacional, sendo um destes a resina, No setor da resina o objetivo central é o de fomentar a produção nacional, permitindo um autoabastecimento da indústria, uma redução dos riscos de incêndios em complementação com um incentivo à adesão ao projeto do resineiro vigilante da Resipinus com o ICNF, o desenvolvimento rural com a fixação de postos de trabalho com a resinagem, o aumento da sustentabilidade na indústria de transformação e uma campanha de promoção da resina.

A resina constitui um produto do pinheiro-bravo de alto valor, justificando assim o estabelecimento de um programa de melhoramento. Pessoa (1966) descreveu a possibilidade de iniciar um programa de seleção, no entanto refutou esta hipótese e não chegou a ser concretizado.

A nível global, existem estudos de melhoramento genético em várias espécies de pinheiro para produção de resina. Um dos primeiros, em 1945, desenvolvido por Dorman, indicava que a produção de resina seria uma característica com alta heritabilidade. Alguns outros estudos, como o de Marpeau et al. (1998) e Kossuth (1984) viriam a confirmar estes resultados (Tadesse et al., 2002). A valorização da resina em conjunto com a identificação de pinheiros mais produtivos poderá ajudar a inverter a tendência de perda de área de pinheiro-bravo.

1.3 - Objetivos da tese

Dada a importância da madeira de pinheiro-bravo e a área que esta espécie ocupa em Portugal continental e assumindo os serviços do ecossistema uma importância estratégica torna-se essencial estudar os produtos florestais não-lenhoso como fonte de rendimento paralela. A produção de resina de uma árvore é o resultado do ambiente onde esta se desenvolve bem como da sua genética. Daí que a quantificação da produção no campo seja o resultado destas duas componentes bem como da sua interação. À produção de resina avaliada chama-se valor fenotípico.

Os objetivos desta tese são:

- quantificar a produção de resina em clones de pinheiro-bravo no Pomar Clonal Produtor de Semente Qualificada, localizado na Mata Nacional do Escaroupim, para a campanha 2021;
- analisar a relação entre a produção de resina e as variáveis dendrométricas da árvore;
- analisar a relação genótipo/produção de resina;
- identificar os genótipos superiores associados às produções de resina.

2 - Pomar clonal produtor de semente da Mata Nacional de Escaroupim

As árvores de estudo desta tese fazem parte de duas áreas que constituem o Pomar Clonal Produtor de Semente de pinheiro-bravo (PCPS), adiante designadas por Área I e Área II. Este está localizado no talhão 17 da Mata Nacional do Escaroupim (MNE), na freguesia de Muge, concelho de Salvaterra de Magos, distrito de Santarém (Figuras 8 e 9) (latitude 39°4'33,76"N e longitude 8°44'38,77"O). As áreas estão rodeadas por algumas fiadas de *Eucalyptus globulus* Labill a norte e este, e o talhão 17 está incluído numa mata de pinhal manso, de forma a constituírem uma barreira a pólen externo ao Pomar. O vento predominante é de noroeste.

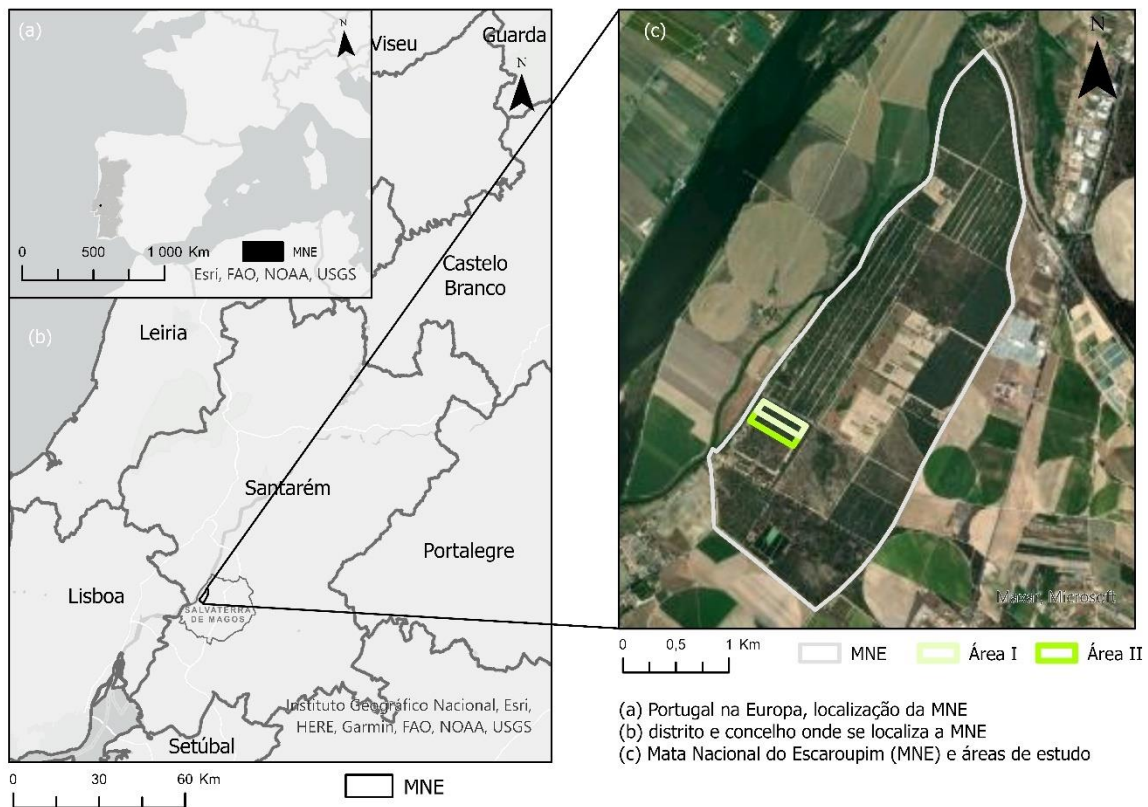


Figura 8 - Localização da Mata Nacional de Escaroupim.



Figura 9 - Imagem do Pomar Clonal Produtor de Semente de pinheiro-bravo localizado no talhão 17 (ortofotomapa de 14 de maio de 2022).

Este Pomar, incluído no Catálogo Nacional dos Materiais de Base, com o código de identificação PNBQ001 (ICNF, <https://fogos.icnf.pt/SGPP/RNMBListaInternetlist.asp>, consultado a 06/04/2023), tem por função fornecer semente qualificada para ações de arborização ou adensamento. As duas Áreas diferem entre si na idade de instalação e no número de clones representados. A Área I, com 4 hectares, tem 60 clones instalados entre 1970 e 1975; a Área II, com 3 hectares, tem 49 clones instalados entre 1975 e 1980 (Varela, 1991).

Os clones do Pomar foram obtidos por propagação vegetativa (enxertia de fenda cheia terminal) de 60 das 82 árvores *plus* selecionadas na Mata Nacional de Leiria pelo organismo florestal australiano *Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation* (CSIRO), em colaboração com a ex-Estação de Experimentação Florestal da Direção-Geral dos Serviços Florestais e Aquícolas (DGSFA), entre 1964 e 1966 (Perry e Hopkins, 1967). Cada clone é constituído por um conjunto de rametos (cópias vegetativas).

A seleção das árvores *plus* foi feita através de um sistema de pontuação dividido em três categorias - tronco, copa e vigor. Cada categoria tinha uma classificação de 0 a 5 valores. A classificação de cada categoria baseava-se nos seguintes parâmetros (Pessoa, 1966):

- Tronco: classificação feita em relação à verticalidade do tronco, tendo cotação máxima para árvores que fossem perfeitamente verticais ou com inclinação inferior a 1 grau, não podendo ter qualquer tipo de curvatura no tronco até à inserção dos primeiros ramos e eram preferíveis troncos pouco rugosos e homogêneos. A avaliação da verticalidade foi feita com um fio de prumo.

- Copa: classificação feita em relação ao aspeto da copa. A cotação máxima era atribuída a uma copa de cor verde, saudável, vigorosa, com nítida predominância da flecha (embora nas árvores velhas com que muitas vezes trabalhavam para a seleção não fosse possível avaliar este pormenor) de secção circular e bem equilibrada.

- Vigor vegetativo: classificação foi com base no perímetro à altura do peito (pap) e comparação com as árvores vizinhas. A atribuição da cotação máxima era atribuída às árvores com um pap superior à de todas as outras numa área com um raio de 20 m; se na área houvesse 1 ou 2 árvores com pap igual ou superior atribuíam-se 4 valores, e assim sucessivamente. Não foi incluída nenhuma árvore com classificação abaixo de 4 neste parâmetro, pois o vigor vegetativo foi considerado o fator mais importante para esta seleção.

O compasso à plantação foi de 4x4 (mxm), o que corresponde a 625 árvores/ha. Inicialmente, os rametos foram distribuídos aleatoriamente, segundo um delineamento experimental de blocos causalizados incompletos, constituídos por três matrizes base, e repetidos 13 vezes, com restrições de proximidade de rametos do mesmo clone entre repetições e blocos (Figura 10).

A diferença entre a densidade atual e a densidade à plantação resulta da morte das árvores, ao longo dos anos.

Pomar clonal Área I

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII
2	3	1	2	1	3	1	3	1	2	3	2	1
1	2	3	1	2	3	2	2	1	3	1	3	3
1	2	2	3	3	1	3	1	2	3	1	2	2

Pomar clonal Área II

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII
3	2	3	1	3	1	2	1	3	1	2	2	3
1	3	1	2	1	2	3	2	2	1	3	1	2
3	1	3	1	2	3	2	3	2	3	1	2	1

Distribuição das matrizes em cada uma das 13 repetições para cada uma das duas Áreas

Matriz 1 - Área I

68	13	5	23	76	75	78
30	20	35	32	10	4	59
81	85	45	40	61	18	12
46	50	17	73	14	54	8
11	53	7	48	22	47	24
49	60	80	44	29	25	58
39	15	31	63	41	12	33

Matriz 1 - Área II

13	59	80	64	5	50	35
54	56	81	41	15	23	8
76	32	22	10	12	73	60
39	58	51	48	18	31	16
83	49	65	30	45	34	14
33	55	68	24	29	17	40
79	61	20	7	9	78	25

Matriz 2 - Área I

16	64	51	10	13	55	14
12	39	80	45	9	29	31
79	8	78	65	41	76	35
49	20	68	58	60	56	23
18	40	85	5	7	32	30
50	61	34	59	15	33	54
73	25	17	22	81	24	48

Matriz 2 - Área II

16	64	51	10	13	55	14
12	39	80	45	9	29	31
79	8	78	65	41	76	35
49	20	68	58	60	56	23
18	40	83	5	7	32	30
50	61	34	59	15	33	54
73	25	17	22	81	24	48

Matriz 3 - Área I

68	45	22	33	39	7	44
58	5	61	24	46	63	29
30	59	85	32	18	54	11
50	13	47	75	14	41	4
20	31	10	42	23	80	73
78	40	53	35	15	76	25
17	81	60	48	8	40	12

Matriz 3 - Área II

78	30	76	45	50	9	64
15	56	31	81	25	23	65
48	54	51	12	16	60	7
17	35	13	61	5	34	49
32	18	80	22	83	68	24
79	10	40	73	58	41	55
20	29	59	33	14	39	8

Matrizes base (três por cada Área) com a distribuição aleatória dos diferentes clones

Figura 10 - Esquema das matrizes para estabelecimento dos blocos em cada repetição para as Áreas I e II do Pomar clonal.

Na Figura 11 apresentam-se os dados meteorológicos (IPMA), da estação meteorológica da Fonte Boa, Santarém, para o período 1970-2018. Os valores de precipitação, para 2021, foram retirados do Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (SNIRH), nas estações de Muge e da Barragem de Magos. As temperaturas médias e a humidade relativa do ar para 2021 foram retiradas da estação da Barragem de Magos. A precipitação para 2021 é uma média das duas estações, exceção para o mês de dezembro em que apenas a estação de Muge tinha dados.

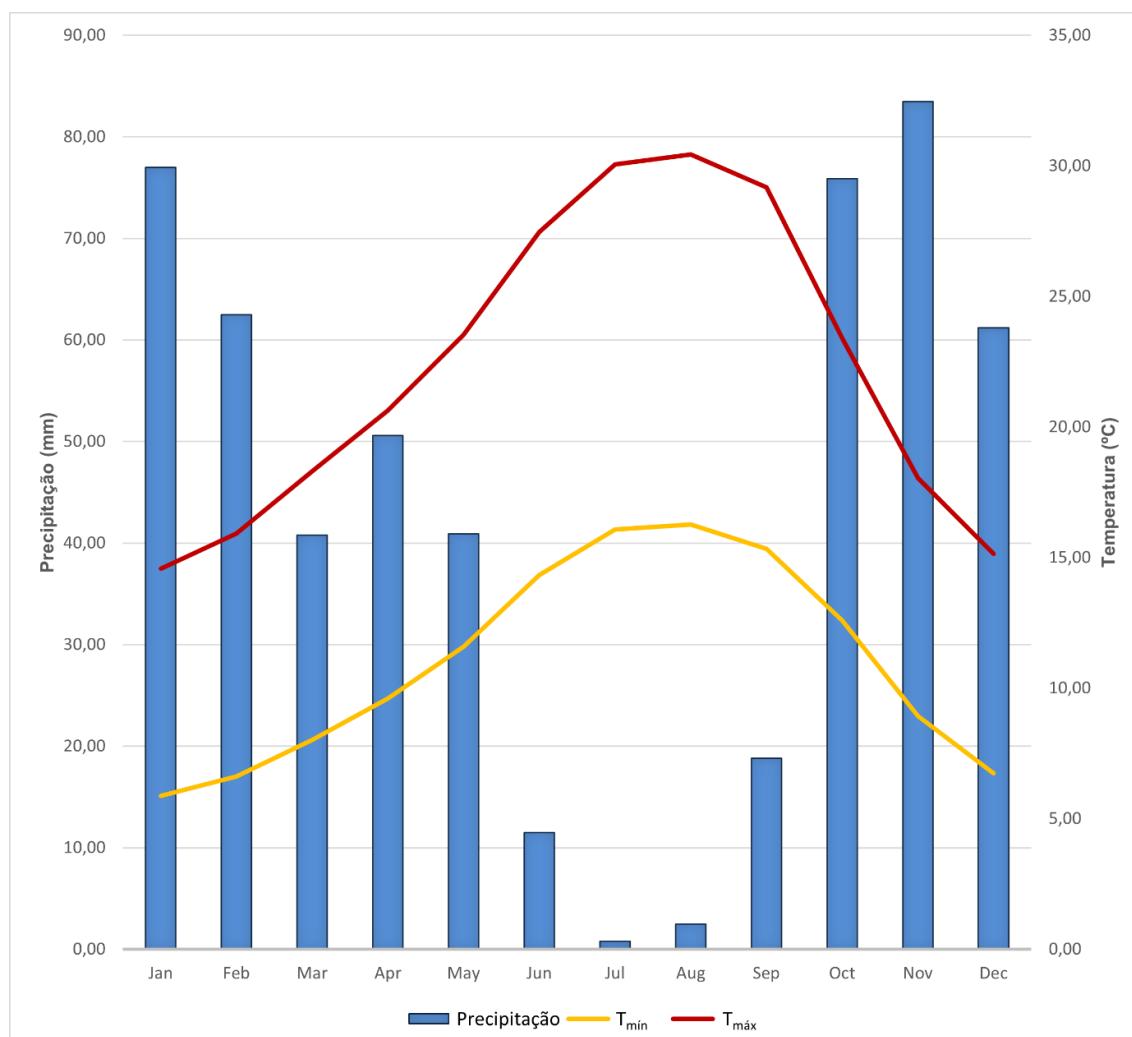


Figura 11 - Dados meteorológicos (1970 - 2018) (Fonte: IPMA).

A temperatura média anual da MNE é de 15,7°C, 16,3°C de 1970 a 2018 e de 16,1°C em 2021 o que corresponde a um clima temperado ($10^{\circ}\text{C} < T < 20^{\circ}\text{C}$) (PGF da MNE, 2007).

Relativamente ao índice ombrotérmico de Gaussen, um mês seco é aquele em que a razão entre a precipitação (mm) e a temperatura ($^{\circ}\text{C}$) é inferior a dois (Melo e Abreu, 2018). Assim, as escalas dos eixos do gráfico têm de obedecer à relação entre a Precipitação (P) e a

temperatura média mensal (T_{med}), ou seja, $P = 2 \times T_{med}$. Seguindo o índice ombrotérmico de Gaussen, podemos observar na Figura 12 que os meses de maio a setembro representam os meses secos e os restantes, meses húmidos.

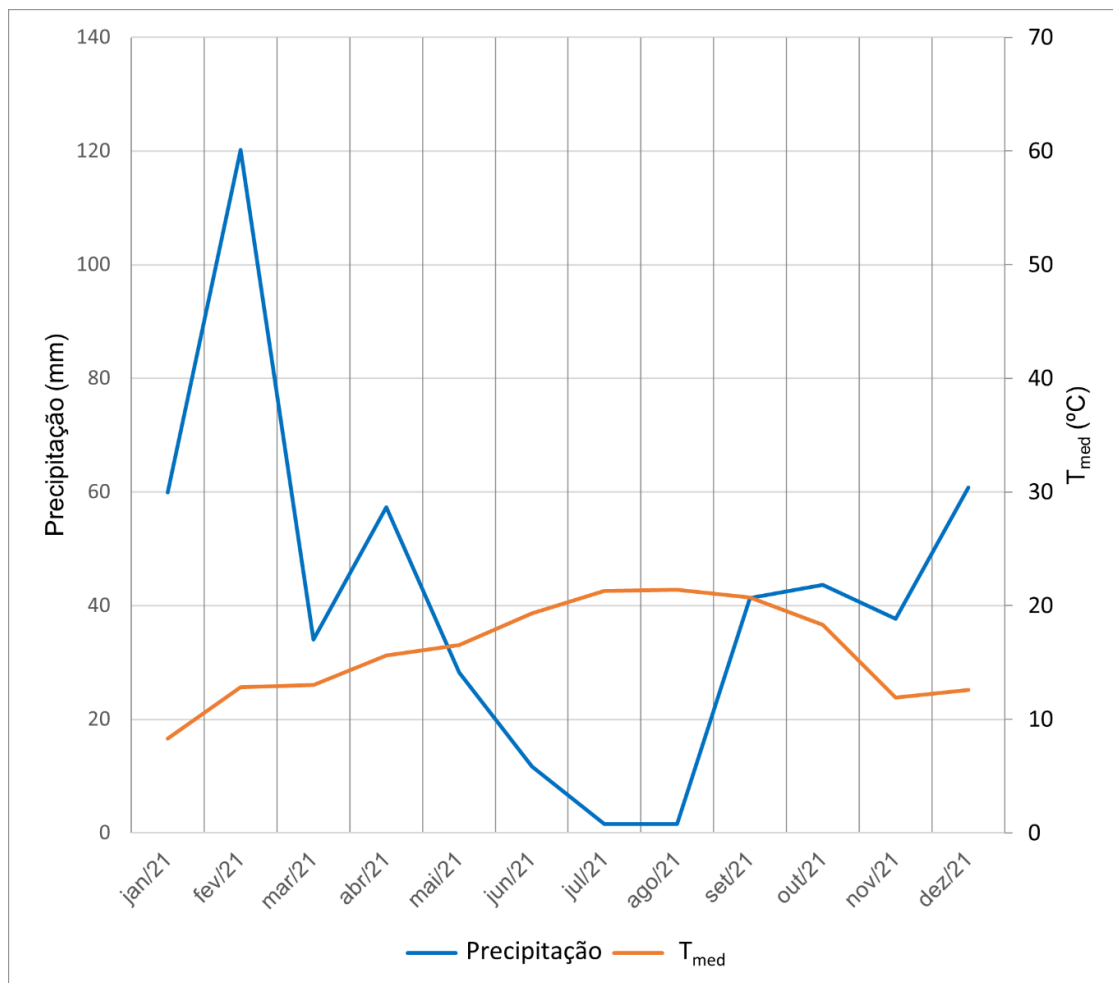


Figura 12 – Representação gráfica do índice ombrotérmico de Gaussen para a MNE, dados meteorológicos (2021) (Fonte: SNIRH).

Segundo informação no Plano de Gestão Florestal (DGRF, 2007), a MNE caracteriza-se por um clima húmido, moderadamente chuvoso, em que a humidade relativa (U) média anual varia entre $75\% < U < 90\%$ e a precipitação média anual entre $500 \text{ mm} < P < 1000 \text{ mm}$. No entanto, o ano referente à campanha de resinagem tratada nesta Tese - 2021 - foi particularmente seco, tendo-se observado uma humidade média relativa de 75% e uma precipitação média anual de 498 mm. Em relação à hipsometria, na MNE não se registam altitudes superiores a 50 metros e, em termo de declives, a maior parte da mata encontra-se na classe dos 0 a 8%. O solo é um Regossolo Eútrico (PGF da MNE, 2007), ocorrendo sobretudo em zonas litorais. São caracterizados por serem solos pobres em matéria orgânica, com baixa fertilidade e com baixa retenção de água.

3 - Métodos

3.1 - Definição de regras para a resinagem

Na resinagem efetuada nas duas Áreas do Pomar definiu-se que:

- a resinagem a praticar seria a resinagem à morte – extração de resina no curto prazo, limitada aos 4 anos que antecede o corte da árvore;
- dado ser a primeira vez que as árvores enxertadas iriam ser resinadas, a ferida de resinagem não seria feita a 20 cm do solo (tal como definido no DL n.º 181/2015) mas a 10 cm acima do local do enxerto;
- em cada árvore iria ser colocado apenas um púcaro (exploração com uma única fiada), independentemente do diâmetro da árvore;
- a orientação da fiada seria sempre a mesma nas várias árvores, tendo-se escolhida a face da árvore exposta a sul;
- iriam ser realizadas duas pesagens – uma a meio da campanha e outra no final;
- os púcaros cheios seriam substituídos e colocados na base da árvore a fim de serem pesados e a resina recolhida nas duas pesagens definidas.

A produção no final da campanha 2021 não é a produção máxima que se poderia obter porque não se tiveram em conta as regras definidas pelo DL n.º 181/2015, que permite a exploração simultânea de várias fiadas quando a dimensão da presa (distância entre fiadas) é superior a 8 cm. Para a análise da relação genótipo/produção de resina e para a identificação dos genótipos associados às maiores e menores produções de resina, a produção de resina iria ser relacionada apenas com uma fiada em exploração.

Para se ter ideia da produção máxima que se poderia obter na resinagem à morte selecionaram-se, aleatoriamente, na repetição XII do bloco da Área I do Pomar, 20 árvores, independentemente do número do clone (Figura 13). Essas árvores foram resinadas tendo em conta as regras do DL anteriormente referido, resultando num número de feridas por árvore compreendido entre 2 e 5.

XII					
	54				40
			33	32	
	35	81			
		68		76	
	78		47		61
30		45	59		
				80	
68					
			24		
	59			18	11
	13	47	75		41
20				23	80
	49	53	35		76
17					
		75			
	11			32	
44	35	81	17		
				76	
	78		47	31	
					60
10	42		48		25



Figura 13 – Número dos clones localizados na repetição XII do bloco na Área I que foram resinados à morte de acordo com as regras definidas pelo DL n. 181/2015.

3.2 - Seleção das árvores a resinar e variáveis a medir

Para a seleção dos clones a resinar foram definidos os seguintes critérios:

- Em cada repetição selecionou-se um único rameto por clone. Identificaram-se as repetições com maior número de clones representados, tendo-se eliminado os clones com poucos rametos.
- Evitaram-se rametos cujas alturas de enxertia fossem demasiado elevadas.
- Selecionaram-se árvores em bom estado fitossanitário, sem vestígios de feridas no tronco ou partes da copa seca.

Assim, na Área I selecionaram-se 286 árvores de 43 clones dos 60 instalados. Na Área II, selecionaram-se 284 árvores de 36 clones dos 49 instalados. No total, foram selecionadas para resinagem 570 árvores de 50 clones dos 60 instalados no Pomar.

Após seleção das árvores, foi feito um inventário registando-se, para cada árvore:

- diâmetro cruzado à altura do peito (medido a 1,30 m de altura do solo) (d);
- diâmetro cruzado medido 10 centímetros acima do enxerto ($d_{0,10}$),
- altura total (ht),
- altura da base da copa (hbc),
- altura do enxerto (h_{enx}) (Figura 14),
- orientação da face resinada.



Figura 14 – Localização do púcaro de resina, 10 cm acima do enxerto.

As medições dos diâmetros foram feitas com suta, as medições das alturas total e da base da copa foram feitas com um hipsómetro Vertex, as alturas dos enxertos foram medidas com uma vara graduada e as orientações das faces resinadas foram obtidas com uma bússola e registadas em graus.

As medições dos diâmetros foram feitas antes da instalação da resinagem, em março/abril e as medições das alturas foram realizadas em junho/julho de 2021. Mais tarde, em agosto de 2021, foram medidos os diâmetros das árvores não resinadas para se poderem calcular índices de competição, os quais definem o grau de competição a que uma árvore está sujeita num determinado momento tendo em conta as dimensões das árvores vizinhas ou variáveis do povoamento ou da árvore média.

3.3 - Instalação da resinagem e pesagens de resina

A resinagem foi instalada pelo resineiro em abril de 2021 (Figura 15, Quadro 1). A primeira ferida e a instalação do púcaro foram efetuadas 10 cm acima do enxerto. dada a altura dos enxertos ser muito variável (Figura 16), os púcaros foram colocados a diferentes alturas.

As renovas foram feitas cada 18 dias e, quando os púcaros estavam cheios, eram colocados junto à base da árvore e substituídos por outro. Durante a campanha de 2021, a resina foi pesada e recolhida para bidons duas vezes – uma em agosto e outra em novembro. A pesagem da resina foi feita com uma balança digital com precisão de 0,1 g, utilizando uma caixa como suporte para a estabilizar (Figura 17).

Para o cálculo do peso da resina da árvore, descontou-se a tara dos púcaros. Para cálculo da tara, pesaram-se 50 púcaros vazios e utilizou-se o valor médio - 103 g.

As datas das renovas, das pesagens de resina e da recolha de resina pelo resineiro encontram-se no Quadro 1.



Figura 15- Instalação da resinagem (fotos: P. Soares).



Figura 16 - Diferentes alturas do enxerto e, consequentemente, da colocação do púcaro (fotos: P. Soares).



Figura 17 - Pesagem da resina (fotos: P. Soares).

Quadro 1 - Datas das ações da campanha de resinagem 2021

Ações no povoamento	Datas
Montagem da resinagem e abertura da bica	24/04/2021
1ª renova	17/05/2021
2ª renova	07/06/2021
3ª renova	28/06/2021
4ª renova	15/07/2021
5ª renova	02/08/2021
1ª pesagem	9-10/8/2021
1ª recolha	18/08/2021
6ª renova	19/08/2021
7ª renova	08/09/2021
8ª renova	23/09/2021
9ª renova	11/10/2021
10ª renova	02/11/2021
2ª pesagem	16-18/11/2021
2ª recolha	20/11/2021
Desmontagem da resinagem	20/11/2021

3.4 - Relação entre a produção de resina e as variáveis dendrométricas

A definição de uma equação que permita estimar a produção de resina com base em variáveis dendrométricas da árvore e do povoamento e variáveis edafoclimáticas tem sido objeto de estudo.

Neste trabalho, analisou-se a relação entre a produção de resina e as variáveis da árvore diâmetro, altura total, altura da base da copa, comprimento da copa, altura do enxerto, diâmetro 10 cm acima da altura do enxerto e exposição da face. Para tal calculou-se a matriz de correlação de Pearson e fez-se a análise gráfica, por clone e por Área, da produção de resina em função de variáveis da árvore. Foram elaboradas caixas de bigodes para os valores de produção de resina, por clone e por Área.

Os resultados médios são apresentados por Área (Área I e Área II) uma vez que nem todos os clones estão representados em ambas (ver Anexo I).

Definiu o modelo linear para o peso de resina da árvore em função de um conjunto de variáveis estatisticamente significativas e escolhidas pelo método de seleção de variáveis *stepwise* (passo-a-passo). Neste método, as variáveis podem ser adicionadas ou removidas em cada passo com base num critério estatístico. O processo repete-se até que não existam mais variáveis que satisfaçam o critério de inclusão no modelo. Neste caso, a inclusão foi determinada pelo valor do R^2 e garantindo-se a significância dos coeficientes de regressão ($Pr > F$, $< 0,05$). As variáveis testadas foram as anteriormente referidas: diâmetro, altura total, altura da base da copa, comprimento da copa, altura do enxerto, diâmetro 10 cm acima da altura do enxerto e exposição da face.

Para as variáveis escolhidas para o modelo para o peso de resina testou-se a presença de colinearidade com base no fator de inflação da variância (FIV); valores até 10 foram aceites (Myers, 1986).

A análise dos dados foi feita com SAS versão 9.4 (SAS Institute Inc. 2016), tendo-se utilizado o PROC REG.

3.5 - Avaliação genética

Para analisar a variável produção de resina por clone ajustou-se modelos lineares mistos com a finalidade de estimar a variabilidade genética entre clones e prever os efeitos genéticos dos clones para esta característica. De acordo com o delineamento experimental adotado, ajustou-se o seguinte modelo para a análise dos dados por Área do Pomar:

$$y_{ijl} = \mu + u_{g_i} + u_{r_j} + u_{bi(r)_{jl}} + e_{ijl}$$

para $i = 1, \dots, v$; $j = 1, \dots, r$; $l = 1, \dots, s$ (v , nº de clones avaliados; r , nº de repetições resolúveis, ou blocos completos; s , nº de blocos incompletos em cada repetição resolúvel). Neste modelo, y_{ijl} representa as observações, μ a média populacional, u_{g_i} os efeitos genotípicos dos clones avaliados, u_{r_j} os efeitos das repetições resolúveis (blocos completos), $u_{bi(r)_{jl}}$ os efeitos dos blocos incompletos nos blocos completos e e_{ijl} os erros aleatórios associados às observações.

Os efeitos do modelo (com exceção de μ) admitiram-se variáveis aleatórias normais independentes e identicamente distribuídas com média zero e respectivas variâncias σ_{gen}^2 , σ_{rep}^2 , $\sigma_{bi(rep)}^2$ e σ_e^2 . Todos os efeitos aleatórios admitiram-se mutuamente independentes.

Para a análise conjunta dos dados nas duas Áreas considerando os clones comuns nessas duas Áreas, foram incorporados no modelo os efeitos da Área, admitidos como fixos, e os da interação clone x área, como de efeitos aleatórios.

As componentes de variância foram estimadas pelo método da máxima verosimilhança restrita (REML; Patterson e Thompson, 1971). A componente de variância genética foi testada ($H_0: \sigma_{gen}^2 = 0$ vs $H_1: \sigma_{gen}^2 > 0$) através de um teste de razão de verosimilhanças restritas. Os melhores estimadores lineares empíricos não enviesados (EBLUEs) dos efeitos fixos e os melhores preditores lineares empíricos não enviesados (EBLUPs) dos efeitos aleatórios obtiveram-se a partir das equações do modelo misto (Henderson, 1975; Searle et al., 1992; Stroup, 2013).

A seleção dos clones com maior produção de resina, em cada uma das duas Áreas, bem como para os clones comuns às duas Áreas foi realizada com base na ordenação dos EBLUPs dos efeitos genotípicos dos clones. A análise da interação entre os efeitos genéticos e os efeitos ambientais (GxE) realizada aos clones comuns nas duas Áreas, permitiu avaliar a estabilidade de alguns dos genótipos selecionados relativamente à característica em análise (produção de resina).

Os parâmetros genéticos avaliados foram a heritabilidade em sentido lato (H^2) generalizada (Gonçalves et al., 2013) e o ganho genético (ΔG) da seleção:

$$H^2 = 1 - \frac{\overline{PEV}}{\sigma_{gen}^2}$$

em que \overline{PEV} representa a média da variância dos erros de predição dos efeitos genotípicos;

$$\Delta G (\%) = \frac{\text{Média dos EBLUPs dos efeitos genéticos dos clones selecionados}}{\text{Média geral da população}} \times 100$$

A análise dos dados foi conduzida no SAS versão 9.4 (SAS Institute Inc. 2016). Para o ajustamento dos modelos mistos foi utilizado o PROC MIXED.

4 - Resultados e discussão

4.1 - Relação entre a produção de resina e as variáveis dendrométricas

O Quadro 2 apresenta os valores mínimos, médios e máximos das variáveis da árvore medidas nas duas Áreas do Pomar. As árvores da Área I foram enxertadas cinco a dez anos mais cedo do que as da Área II e é na Área I que se observam os valores médios mais altos para o diâmetro, altura total e comprimento da copa. Em relação aos desvios padrões das variáveis em análise, observam-se valores relativamente inferiores na Área I para o diâmetro e o comprimento da copa indicando que esta Área apresenta valores mais homogêneos em relação a estas variáveis, enquanto a Área II apresenta o desvio padrão inferior para a altura total, indicando um grupo de árvores com alturas totais mais homogêneas.

Quadro 2 - Valores mínimos, médios e máximos para as variáveis diâmetro (d), altura total (ht), comprimento da copa (lc), altura do enxerto (h_enx) e orientação da ferida (O)

Área	Nº árv	d (cm)			ht (m)			lc (m)		
		Min	Med	Max	Min	Med	Max	Min	Med	Max
I	286	15,8	34,4±7,0	52,0	16,3	25,6±2,9	35,0	2,8	7,8±2,2	14,2
II	284	17,7	33,0±7,6	58,0	15,8	23,1±1,9	28,0	2,3	7,5±2,3	15,4
Área	Nº árv	h_enx (cm)			O (°)					
		Min	Med	Max	Min	Med	Max			
I	286	5,0	49,2±25,7	115,0	110	184,5±20,9	280			
II	284	5,0	28,1±19,6	95,0	80	182,1±22,2	260			

No Quadro 3 apresentam-se os valores fenotípicos de produção de resina para os 16 clones com maior produção, para cada uma das Áreas de estudo. A hierarquização é feita pelos valores médios. Apresentam-se também os valores de produção mínima, média e máxima. Dos 16 melhores clones para produção de resina destaca-se claramente o clone 13.

Nos Quadros 4 e 5, os clones com maior produção de resina, não ocupam os mesmos lugares nos quadros de maiores diâmetros ou maiores alturas, embora pontualmente haja a presença de alguns nestes dois quadros, nomeadamente, o clone 13. O clone 13, volta a aparecer no Quadro 5 com a altura total média maior para a Área II e sendo o terceiro mais alto da Área I.

Quadro 3 – Lista dos 16 clones com maior produção de resina

wr (kg)									
Área I					Área II				
clone	n	Min	Med	Max	clone	n	Min	Med	Max
13	6	4,213	5,370	7,114	13	10	1,051	4,529	6,987
59	7	2,665	4,691	6,219	20	4	3,253	4,012	5,310
50	8	2,219	4,494	7,891	59	7	1,877	3,725	6,648
48	7	2,209	4,127	5,356	16	9	0,771	3,324	4,488
19	6	1,920	3,769	5,340	33	10	1,028	3,282	5,300
46	6	2,295	3,602	4,638	48	10	0,701	3,108	5,369
10	7	2,202	3,528	4,409	82	8	1,023	3,094	5,360
33	6	2,231	3,480	4,547	39	9	2,133	2,826	3,929
81	7	2,699	3,386	3,929	40	7	1,803	2,748	3,582
31	6	1,724	3,139	3,952	5	7	0,929	2,660	4,211
82	9	0,661	3,070	4,606	79	6	0,896	2,562	4,924
61	6	1,672	3,070	4,532	32	9	1,642	2,489	4,618
49	7	1,035	3,021	4,021	31	10	1,276	2,474	3,761
8	5	2,225	2,942	3,839	25	9	1,566	2,437	4,198
15	8	1,722	2,786	4,510	8	7	1,526	2,419	3,339
29	7	1,311	2,645	4,024	78	8	1,234	2,294	3,974

Quadro 4 – Caracterização, em termos do diâmetro, dos 16 clones com maior produção de resina

d (cm)									
Área I					Área II				
clone	n	Min	Med	Max	clone	n	Min	Med	Max
13	6	32,0	36,5	43,3	13	10	19,6	35,9	51,3
59	7	25,3	34,2	40,9	20	4	31,1	35,0	41,2
50	8	22,2	33,6	46,3	59	7	21,0	32,2	38,7
48	7	32,7	42,0	50,5	16	9	24,0	33,2	44,4
19	6	29,0	35,3	38,6	33	10	22,5	32,6	46,8
46	6	27,4	32,1	37,4	48	10	19,2	39,1	56,7
10	7	26,1	37,8	43,4	82	8	17,7	30,5	37,3
33	6	21,6	30,4	40,4	39	9	30,3	37,7	56,3
81	7	29,0	33,6	39,1	40	7	30,7	38,1	49,7
31	6	32,4	41,5	52,0	5	7	20,2	33,3	44,6
82	9	19,4	34,6	44,9	79	6	22,7	28,8	35,1
61	6	27,0	33,8	38,7	32	9	31,6	39,5	50,8
49	7	28,9	35,7	44,3	31	10	26,6	36,6	43,6
8	5	33,2	40,5	49,6	25	9	25,5	34,2	43,1
15	8	27,6	39,3	49,0	8	7	26,6	35,2	42,0
29	7	24,2	31,4	37,0	78	8	28,9	34,2	37,3

Quadro 5 – Caracterização, em termos da altura total, dos 16 clones com maior produção de resina

ht (m)									
Área I					Área II				
clone	n	Min	Med	Max	clone	n	Min	Med	Max
13	6	26,0	27,9	30,8	13	10	20,7	25,1	28,0
59	7	21,1	25,5	28,5	20	4	24,0	24,4	24,8
50	8	24,0	26,3	32,1	59	7	19,1	22,4	24,3
48	7	24,0	27,1	30,3	16	9	24,0	24,7	25,4
19	6	24,4	25,3	26,4	33	10	15,8	21,1	23,6
46	6	23,3	26,1	30,9	48	10	21,3	23,4	24,4
10	7	23,9	28,6	33,5	82	8	18,8	21,8	24,3
33	6	21,6	24,0	26,4	39	9	22,2	23,7	24,4
81	7	22,2	25,2	29,8	40	7	21,4	25,0	27,9
31	6	23,9	26,5	29,4	5	7	20,3	22,4	24,1
82	9	21,9	25,1	29,6	79	6	16,8	21,1	23,5
61	6	21,6	25,6	28,6	32	9	23,8	24,5	25,3
49	7	23,2	27,1	30,8	31	10	22,1	23,5	24,0
8	5	25,0	26,8	29,2	25	9	23,3	23,5	23,8
15	8	23,6	27,1	31,9	8	7	22,6	24,3	25,4
29	7	20,8	25,2	30,0	78	8	22,1	23,1	23,8

Nos Quadros 6, 7 e 8 apresentam-se os 16 clones com os valores médios de produção de resina mais baixos para cada uma das Áreas. Os quadros apresentam o número de indivíduos de cada clone em cada Área e os valores mínimo, médio e máximo para cada uma das variáveis.

Quadro 6 – Lista dos 16 clones com menor produção de resina

wr (kg)									
Área I					Área II				
clone	n	Min	Med	Max	clone	n	Min	Med	Max
34	8	0,238	0,590	1,400	12	5	0,558	0,903	1,167
76	5	0,530	1,027	1,633	76	9	0,323	1,154	2,520
32	7	0,606	1,179	1,676	51	8	0,798	1,157	1,773
58	6	0,508	1,337	2,219	14	8	0,373	1,470	2,547
60	6	1,081	1,348	1,792	30	6	0,650	1,539	2,306
14	7	0,294	1,358	2,251	60	8	0,643	1,643	3,838
75	6	0,386	1,406	1,754	73	7	0,377	1,651	2,944
20	5	0,523	1,496	2,721	35	7	0,376	1,663	2,418
51	7	0,673	1,601	2,377	80	9	0,881	1,689	2,895
56	7	1,013	1,716	3,546	18	8	0,852	1,701	3,035
73	7	0,907	1,753	3,070	55	6	0,377	1,712	3,595
17	8	0,943	1,766	2,633	15	7	1,188	1,784	2,581
7	5	1,497	1,771	2,059	45	10	1,066	1,871	2,937
68	6	0,880	1,939	3,153	17	4	1,650	1,896	2,380
24	5	0,620	1,966	2,612	7	7	1,059	1,897	2,758
18	6	0,841	2,005	2,584	23	10	0,743	1,898	2,891

Quadro 7 - Caracterização, em termos do diâmetro, dos 16 clones com menor produção de resina

d (cm)									
Área I					Área II				
clone	n	Min	Med	Max	clone	n	Min	Med	Max
34	8	18,2	27,6	37,2	12	5	18,6	21,6	26,0
76	5	27,3	33,1	39,5	76	9	19,3	28,8	38,3
32	7	26,1	33,8	41,3	51	8	21,6	27,7	33,4
58	6	19,3	28,1	35,3	14	8	18,3	29,2	52,7
60	6	38,3	40,8	43,2	30	6	21,5	32,8	54,1
14	7	18,5	26,9	31,8	60	8	28,8	32,6	38,1
75	6	15,8	29,7	38,5	73	7	18,8	29,1	40,4
20	5	19,4	27,8	39,0	35	7	19,1	28,4	34,0
51	7	26,2	32,6	43,9	80	9	19,8	30,1	34,0
56	7	34,5	38,7	44,4	18	8	18,7	24,0	27,6
73	7	25,5	31,5	40,5	55	6	22,1	30,5	41,3
17	8	25,8	36,6	45,2	15	7	22,8	30,2	36,9
7	5	30,3	33,0	37,3	45	10	28,9	36,5	42,7
68	6	23,5	33,8	40,9	17	4	27,5	40,3	58,0
24	5	19,5	28,7	33,0	7	7	26,4	32,9	39,9
18	6	20,0	26,5	32,1	23	10	23,9	32,1	35,5

Quadro 8 - Caracterização, em termos da altura total, dos 16 clones com menor produção de resina

ht (m)									
Área I					Área II				
clone	n	Min	Med	Max	clone	n	Min	Med	Max
34	8	16,4	24,1	27,8	12	5	19,3	21,0	22,1
76	5	20,7	23,9	25,2	76	9	20,8	22,6	24,1
32	7	22,4	25,6	30,1	51	8	21,1	22,6	24,2
58	6	22,3	25,0	27,3	14	8	21,6	22,3	23,4
60	6	26,4	29,7	35,0	30	6	20,0	22,1	25,5
14	7	21,2	24,5	26,9	60	8	23,4	24,0	24,7
75	6	17,7	23,7	29,7	73	7	17,7	21,0	23,0
20	5	21,7	25,0	28,0	35	7	20,7	22,4	24,3
51	7	25,2	27,5	29,1	80	9	22,5	23,3	24,7
56	7	24,1	26,2	27,2	18	8	20,9	21,7	22,5
73	7	21,3	23,7	27,4	55	6	22,1	24,0	25,1
17	8	24,2	27,8	33,3	15	7	22,0	22,5	23,2
7	5	21,6	25,0	28,6	45	10	23,2	24,6	26,3
68	6	20,0	26,6	29,8	17	4	22,2	23,7	25,2
24	5	19,8	22,9	25,6	7	7	22,8	23,9	26,3
18	6	19,2	23,0	25,4	23	10	22,4	23,5	25,6

Quanto aos clones com menores valores fenotípicos de produção de resina (Quadro 6) verifica-se que, na Área I, é o clone 34 (que só foi resinado nesta Área) e na Área II é o clone 12, o qual também só foi resinado nesta Área (ver anexo I). Em segundo lugar, para ambas as Áreas, temos o clone 76, o qual foi analisado nas duas Áreas e ocupa o mesmo lugar na produção de resina.

Nos Quadros 9 e 10 apresentam-se os coeficientes de correlação entre as variáveis da árvore altura total, altura da base da copa, comprimento da copa, altura do enxerto, diâmetro da árvore a 10 centímetros de altura acima do enxerto, diâmetro, peso da resina e orientação da ferida. A verde assinalam-se os valores dos coeficientes de correlação entre o peso de resina e as variáveis da árvore medidas superiores a 0,5.

A variável diâmetro da árvore é a única que apresenta correlação com a produção de resina superior a 0,50 nas Áreas I e II, no quadro da Área II as variáveis comprimento da copa da árvore e diâmetro da árvore a 10 centímetros de altura acima do enxerto, também apresentam valores de correlação acima de 0,50.

Quadro 9 - Correlação entre as variáveis altura total da árvore (ht), altura da base da copa da árvore (hbc), comprimento da copa da árvore (lc), altura do enxerto na árvore (h_enx), diâmetro da árvore a 10 centímetros de altura acima do enxerto (d_0,10), diâmetro da árvore à altura do peito (d), peso da resina (wr) e orientação da ferida de resinagem (O) na Área I

Área I	ht	hbc	lc	h_enx	d_0,10	d	wr	O
ht	1							
hbc	0,676	1						
lc	0,672	-0,092	1					
h_enx	-0,029	0,012	-0,051	1				
d_0,10	0,539	0,128	0,600	-0,191	1			
d	0,565	0,152	0,610	-0,101	0,973	1		
wr	0,380	0,144	0,369	-0,026	0,499	0,512	1	
O	-0,082	-0,004	-0,106	-0,189	-0,045	-0,064	-0,036	1

Quadro 10 - Correlação entre as variáveis altura total da árvore (ht), altura da base da copa da árvore (hbc), comprimento da copa da árvore (lc), altura do enxerto na árvore (h_enx), diâmetro da árvore a 10 centímetros de altura acima do enxerto (d_0,10), diâmetro da árvore à altura do peito (d), peso da resina (wr) e orientação da ferida de resinagem (O) na Área II

Área II	ht	hbc	lc	h_enx	d_0,10	d	wr	O
ht	1							
hbc	0,341	1						
lcopa	0,548	-0,599	1					
h_enx	-0,280	0,012	-0,249	1				
d_0,10	0,644	-0,141	0,674	-0,366	1			
d	0,651	-0,147	0,685	-0,321	0,984	1		
wr	0,461	-0,126	0,505	-0,130	0,532	0,572	1	
O	0,098	0,128	-0,031	-0,073	-0,053	-0,050	0,015	1

As Figuras 18 e 19 apresentam as caixas de bigodes, para os valores de produção de resina por clone em cada Área.

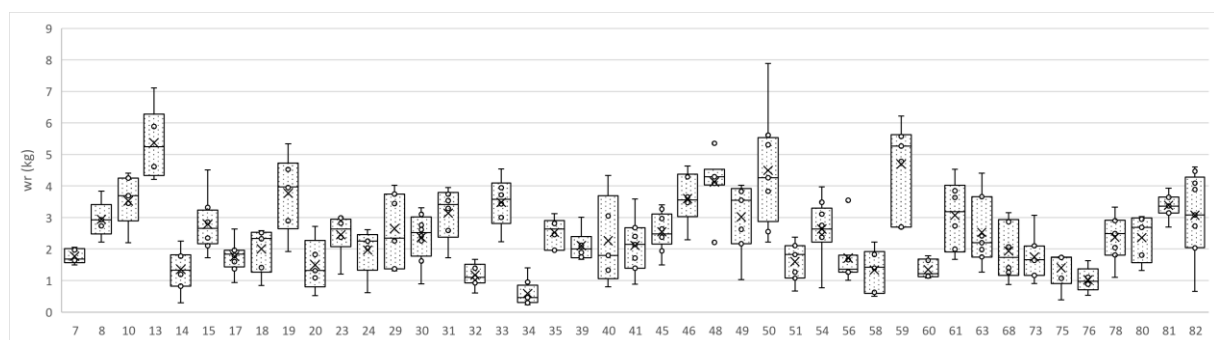


Figura 18 - Diagrama de bigodes da Área I para a produção de resina (kg) por clone.

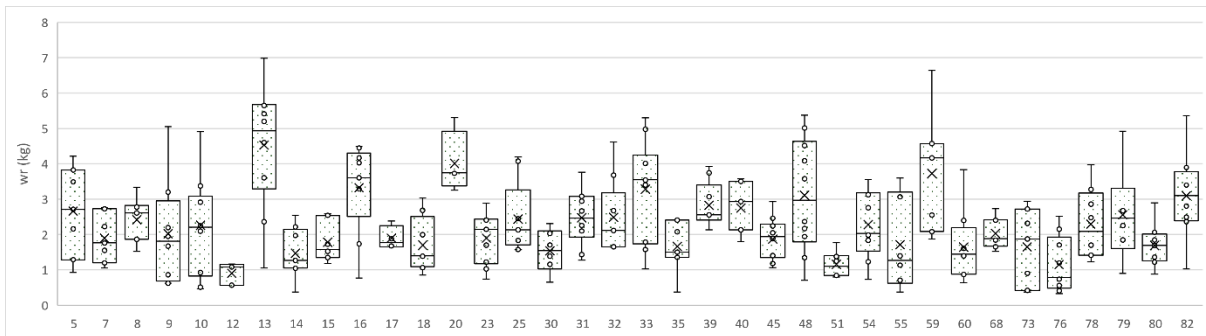


Figura 19 - Diagrama de bigodes da Área II para a produção de resina (kg) por clone.

Nos diagramas de bigodes (Figuras 18 e 19) pode-se observar a dispersão dos valores peso de resina de cada clone. De modo geral temos poucos “*outliers*” nos dados por clone, embora existam alguns que podem ser justificados pela presença de clareiras no Pomar (Figura 9).

As Figuras 20, 21 e 22 são gráficos de dispersão do peso de resina relativamente às variáveis da árvore diâmetro à altura do peito, altura total e comprimento da copa. Parece existir uma relação entre o peso de resina e o diâmetro da árvore, o que já era evidenciado nos valores dos coeficientes de correlação apresentados nos Quadros 9 e 10. Essa relação foi confirmada pelo método de seleção de variáveis *stepwise* (Quadro 11), o qual definiu o modelo para o peso de resina da árvore como função do diâmetro, altura total, diâmetro a 10 cm acima do enxerto e altura da base da copa, sendo o diâmetro a variável independente mais significativa e a primeira a ser selecionada. Foi identificada multicolinearidade entre o diâmetro e o diâmetro a 10 cm acima do enxerto (VIF, fator de inflação da variância > 15).

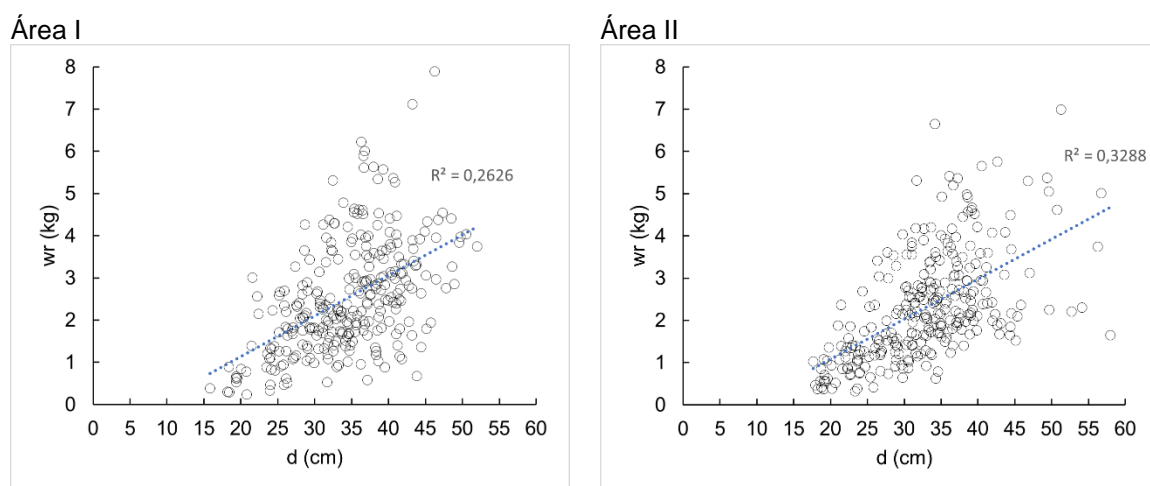


Figura 20 – Relação gráfica entre o peso de resina (wr) e o diâmetro à altura do peito (d).

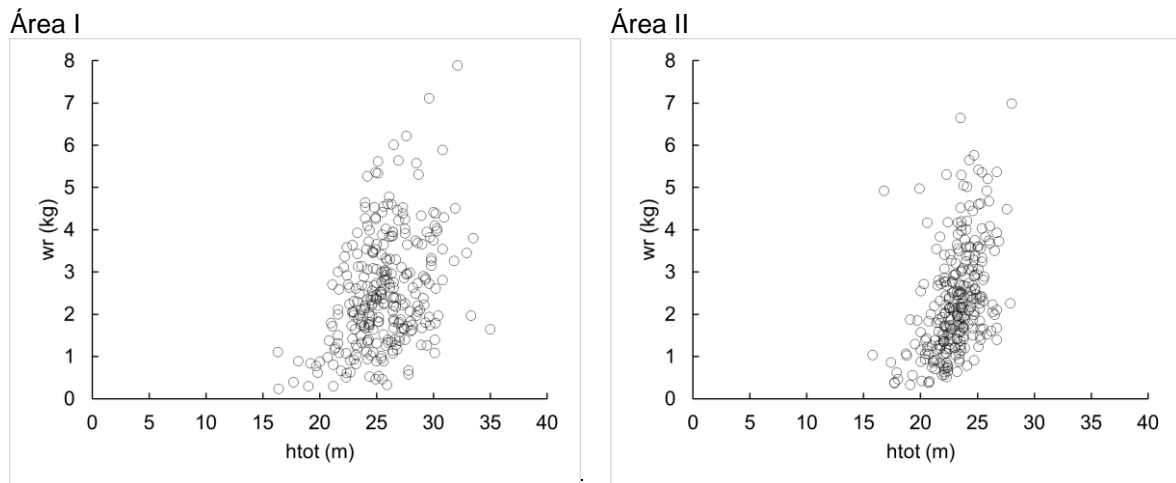


Figura 21 - Relação gráfica entre o peso de resina (wr) e a altura total (ht).

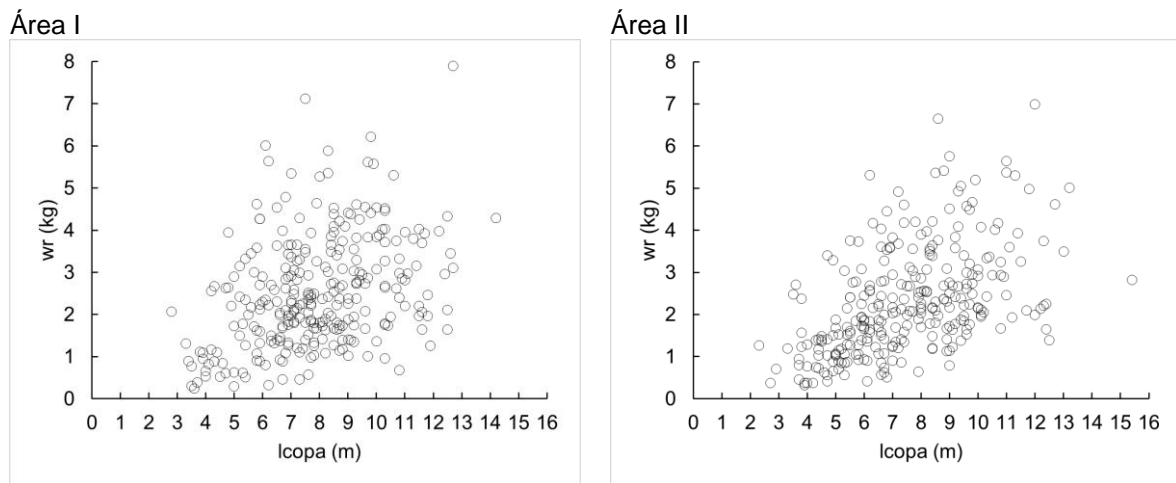


Figura 22 - Relação gráfica entre o peso de resina (wr) e o comprimento da copa (lc).

Quadro 11. Sumário da seleção de variáveis *stepwise* (output SAS PROC REG)

Summary of Stepwise Selection								
Step	Variable Entered	Variable Removed	Number Vars In	Partial R-Square	Model R-Square	C(p)	F Value	Pr > F
1	d		1	0.2978	0.2978	17.6098	240.85	<.0001
2	h		2	0.0120	0.3098	9.6209	9.87	0.0018
3	hbc		3	0.0063	0.3161	6.3869	5.21	0.0228
4	d10		4	0.0052	0.3213	4.0920	4.30	0.0385

Sabe-se que a densidade do povoamento afeta, ao nível da árvore, o diâmetro, a altura total, a altura da base da copa, o comprimento da copa, a proporção de copa e o coeficiente de adelgaçamento (ex., Carvalho, 2000; Pedrico, 2019). O modo como estas variáveis se

relacionam com a produção de resina não é muito claro, com estudos diferentes a apresentarem resultados diferentes. Palma et al. (2016) não observaram relação entre as variáveis da árvore diâmetro, altura total e proporção de copa e a produção de resina por fiada. No entanto, observaram relação entre o diâmetro da árvore e a produção de resina por árvore. Rodríguez-García et al. (2014) observaram que, em média, as árvores com maior produção de resina eram mais altas e mais grossas do que as árvores com produções mais baixas. Silva et al. (2018) verificaram que a produção de resina de árvores com diâmetro inferior a 20 cm era muito inferior à de árvores mais grossas.

Outros fatores têm sido referidos como tendo influência na produção de resina (López-Álvarez et al., 2023). É o caso da orientação da face da árvore em que se faz a resinagem (Sheikh, 1986), altura total (Sood, 2019), idade da árvore (Zas et al., 2020a), densidade do povoamento (Zas et al. 2020b), época de resinagem (Deshmukh, 1966) e temperaturas de verão (Nanos et al., 2001). Embora existam variáveis para a expressão da produção de resina associadas a coeficientes de correlação superiores a 0,50 (Quadros 9 e 10), quando aplicamos a seleção de variáveis *stepwise* ao conjunto de dados das duas Áreas, as variáveis selecionadas não são exatamente as mesmas.

Note-se que o Pomar tem por objetivo fornecer semente para a produção de plantas em viveiro. E, portanto, a gestão como povoamento de produção de lenho não é o objetivo tendo-se adotado um modelo de silvicultura distinto:

- plantação a compasso 4x4,
- sem realização de desbastes e desramações,
- clones enxertados entre 1970 e 1980,
- árvores com diferentes alturas de enxerto, as quais variam entre 5 e 115 cm.

Este modelo de gestão traduz-se, atualmente, na presença de árvores, frequentemente, bifurcadas, com copas desequilibradas e perda da dominância do eixo principal, podendo mascarar algumas das relações observadas nos dados.

4.2 - Avaliação da variabilidade genética para a produção de resina em clones

No Quadro 12 apresentam-se os valores estimados para as variâncias genéticas, dos blocos incompletos na repetição e entre repetições, bem como os valores médios, máximos e mínimos do peso da resina produzida por árvore, em cada uma das duas Áreas do Pomar. A produção média de resina por árvore foi de 2,520 kg ($\pm 1,305$ kg) na Área I e 2,310 kg ($\pm 1,258$ kg) na Área II, com valores mínimos, respetivamente, de 240 g e de 320 g e de máximos 7,890 kg e 6,990 kg. A diferença na produção de resina entre as duas Áreas do pomar poderá ser explicada pelas idades distintas dos ramos, uma vez que o período em que decorreu a enxertia na Área I foi de cinco anos antes do estabelecimento da Área II. De facto, Zas et al. (2020a), demonstraram que, em povoamentos de pinheiro-bravo em condições edafoclimáticas similares, a produção de resina aumenta com a idade da árvore.

As análises da produção de resina por árvore mostraram a existência de variabilidade genética entre os clones (Quadros 12 e 13) o que indica haver margem para o melhoramento genético desta característica, através da aplicação das técnicas de genética quantitativa. Na Área II do Pomar verificou-se a existência de uma variância significativa referente aos blocos incompletos nas repetições, revelando a importância do delineamento experimental adotado.

Zas et al. (2020b) também identificaram variabilidade significativa na produção de resina quando estudadas populações contrastantes relativamente a características de crescimento. Os autores verificaram que as populações de pinheiro-bravo com crescimento mais rápido produziram menos resina que as populações de crescimento mais lento. Já Shimizu e Spir (1999) referiram a existência de variação altamente significativa para a produção de resina num ensaio de descendências de meios irmãos de *Pinus elliottii*.

Quadro 12 - Estimativas das componentes de variância genética ($\hat{\sigma}_{gen}^2$), repetição ($\hat{\sigma}_{rep}^2$), bloco incompleto na repetição ($\hat{\sigma}_{bi(rep)}^2$) e erro aleatório ($\hat{\sigma}_e^2$), para a heritabilidade no sentido lato (H^2); valores da média, máximos e mínimos para a variável produção de resina em cada uma das duas áreas do Pomar clonal produtor de sementes

Pomar clonal	$\hat{\sigma}_{clone}^2$ (p-value)	$\hat{\sigma}_{rep}^2$ (p-value)	$\hat{\sigma}_{bi(rep)}^2$ (p-value)	$\hat{\sigma}_e^2$ (p-value)	H^2	Mín (kg)	Média (SE, kg)	Máx (kg)
Área I	0,9549 (p<0,001)	0,0570 (p=0,0761)	0	0,7190 (p<0,001)	0,875	0,238	2,524 (1,305)	7,891
Área II	0,5081 (p<0,001)	0	0,1011 (p=<0,049)	0,993 (p<0,001)	0,766	0,323	2,310 (1,258)	6,987

Nota: 1- Rejeita-se H_0 se $p\text{-value}<0,05$; SE - Erro padrão

No Quadro 13 apresenta-se os resultados da análise estatística para os 29 clones comuns a ambas as Áreas. Para o fator clone e para a interação entre o clone e a área, verifica-se a

existência de diferenças significativas, confirmando a variabilidade genética entre clones e indicando que os clones se comportam diferentemente entre Áreas. Os valores estimados para a H^2 variaram entre 0,77 e 0,88, indicando a existência de um forte controlo genético para a característica produção de resina. A H^2 estimada para o conjunto de clones comuns é também elevada, mas inferior à estimada para cada uma das Áreas individualmente. Possivelmente, justifica-se parte desta diferença pelo facto de o número de clones estudados nas duas Áreas ser diferente. Na Área I estudaram-se 43 clones, enquanto na Área II foram 36, dos quais são coincidentes 29 clones.

Quadro 13 - Estimativas das componentes de variância genética entre clones ($\hat{\sigma}_{gen}^2$), da interação do clone com a Área do pomar ($\hat{\sigma}_{clone*pomar}^2$), da repetição na Área do pomar ($\hat{\sigma}_{clonrep(pomar)}^2$), do efeito dos blocos incompletos na repetição do pomar ($\hat{\sigma}_{bi(pomar*rep)}^2$) e do erro aleatório ($\hat{\sigma}_e^2$), da heritabilidade no sentido lato (H^2); valores da média, máximo e mínimo, para a variável produção de resina para os 29 clones comuns às duas Áreas do Pomar clonal produtor de sementes

Pomar clonal	$\hat{\sigma}_{clone}^2$ (p-value)	$\hat{\sigma}_{clone*pomar}^2$ (p-value)	$\hat{\sigma}_{rep(pomar)}^2$ (p-value)	$\hat{\sigma}_{bi(pomar*rep)}^2$ (p-value)	$\hat{\sigma}_e^2$ (p-value)	H^2	Mín (kg)	Média (SE, kg)	Máx (kg)
Total	0,5555 (p<0,001)	0,1719 (p=0,0182)	0,0263 (p=0,1896)	0,0513 (p=0,0888)	0,7569 (p<0,001)	0,768	0,294	2,397 (1.554)	7,114

Nota: Rejeita-se H_0 , se p-value < 0,05

Embora a heritabilidade seja um conceito relativo que depende dos indivíduos em teste e das condições ambientais durante o ensaio, e não possam ser diretamente comparados, indicam a ordem de grandeza da componente genética para uma determinada característica. Os valores de heritabilidade alcançados para a produção de resina, estimados neste estudo, estão de acordo com os resultados obtidos por vários autores. Em *Pinus taeda*, numa campanha de resinagem realizada num ensaio de descendências de irmãos completos, Roberds et al. (2003) estimaram valores elevados para a heritabilidade em sentido lato, quer para o período da primavera ($H^2= 0,66$), quer do verão ($H^2= 0,63$). Romanelli (1988), num ensaio de descendências de meios-irmãos em *Pinus elliotti* estimou um valor de heritabilidade em sentido restrito individual de 0,47 e de família de 0,78. Também em *P. elliottii*, Shimizu e Spir (1999) obteve, num ensaio de descendências, valores de heritabilidade de família elevados ($h^2= 0,55$).

Deve-se salientar que os valores da heritabilidade obtidos neste trabalho são referentes a uma única campanha de resinagem, podendo desta forma somente dar uma ordem de grandeza.

No Quadro 14 apresenta-se, para as duas Áreas do Pomar individualizadas e em conjunto, a ordenação decrescente dos melhores preditores lineares não enviesados empíricos (EBULPs) dos efeitos do clone relativamente à produção de resina por árvore.

Quadro 14 - Ordenação decrescente do melhor preditor linear não enviesado empírico (EBLUP) dos efeitos dos clones para a variável produção de resina por clone, em cada uma das duas Áreas individualizadas e em conjunto, do Pomar clonal produtor de sementes

Ordenação	Área I		Área II		Área I e II	
	Clone	EBLUP (kg/árvore)	Clone	EBLUP (kg/árvore)	Clone	EBLUP (kg/árvore)
1	13	2,560	13	1,902	13	1,961
2	59	1,929	20	1,184	59	1,468
3	50	1,802	59	1,153	48	0,954
4	48	1,424	16	0,799	33	0,761
5	19	1,173	33	0,739	82	0,557
6	46	0,986	48	0,702	10	0,372
7	33	0,893	82	0,619	31	0,330
8	10	0,861	39	0,417	20	0,274
9	81	0,750	79	0,266	8	0,215
10	31	0,618	40	0,233	40	0,126
11	82	0,511	25	0,214	39	0,097
12	61	0,509	5	0,203	54	0,043
13	49	0,438	8	0,099	78	-0,043
14	8	0,370	31	0,093	15	-0,104
15	15	0,228	32	0,076	23	-0,151
16	54	0,110	78	0,062	45	-0,159
17	29	0,085	10	-0,041	35	-0,233
18	63	0,049	54	-0,070	80	-0,294
19	35	0,034	9	-0,159	68	-0,297
20	45	0,032	17	-0,184	30	-0,317
21	23	-0,059	68	-0,234	18	-0,405
22	80	-0,079	23	-0,259	32	-0,420
23	78	-0,111	7	-0,345	17	-0,431
24	30	-0,136	45	-0,359	7	-0,447
25	40	-0,203	18	-0,396	73	-0,550
26	39	-0,319	55	-0,397	60	-0,692
27	41	-0,359	35	-0,430	14	-0,814
28	24	-0,383	73	-0,432	51	-0,820
29	18	-0,470	15	-0,454	76	-0,976
30	68	-0,506	80	-0,460		
31	7	-0,565	30	-0,519		
32	56	-0,669	60	-0,519		
33	17	-0,695	14	-0,746		
34	73	-0,696	51	-0,849		
35	51	-0,895	76	-0,886		
36	20	-0,904	12	-1,024		
37	75	-0,980				
38	58	-1,029				
39	14	-1,039				
40	60	-1,080				
41	32	-1,181				
42	76	-1,223				
43	34	-1,779				

A seleção dos melhores 16 clones existentes na Área I do Pomar, relativamente ao total dos 43 clones avaliados, correspondente a uma proporção de seleção de 32,6%, permite prever um ganho genético de 37,30%, ou seja, para uma produção média atual de 2,52 kg por árvore

e por ferida, a utilização somente destes clones aumentaria a produção por árvore para 3,47 kg. Caso se considere uma proporção de seleção dos melhores indivíduos mais baixa, 23,23%, ou seja, selecionar apenas as 10 melhores árvores, então o ganho genético aumentaria para 51,49%, o que corresponderia a um aumento na produção de resina por árvore para 3,82 kg. No entanto, de forma a evitar reduzir demasiadamente a variabilidade genética, uma vez que o processo de seleção genética se encontra no primeiro ciclo, será conveniente manter os 16 melhores clones para constituir a próxima geração de melhoramento.

Os resultados do Quadro 14 indicam que a produção de resina dos clones 10, 20, 31 e 39 depende da Área do pomar em que foi avaliada. Por exemplo, o clone 20 apresenta uma produção estimada de resina por árvore acima da média de 1,184 kg na Área II, encontrando-se entre os 10 clones mais produtivos nesta Área, enquanto na Área I produziu 0,904 kg abaixo do valor médio do ensaio. Este tipo de comportamento está associado a clones designados por instáveis, pois dependem das condições ambientais para expressarem a sua genética. Estes comportamentos estão de acordo com o observado no Quadro 13, em que a interação clonexpomar apresentou-se significativa ($p=0,0182$).

4.3 - Produção máxima de resina na resinagem à morte

No Quadro 15 apresentam-se os valores de produção de resina das árvores que foram exploradas de acordo com o DL n.º 181/2015, com as regras definidas para a resinagem à morte (Figura 13). Destacam-se o clone 13, com exploração de 4 fiadas em simultâneo e com produção total de resina de 14,189 kg, e o clone 48 com exploração de 5 fiadas e com produção total de resina de 10,117 kg.

Quadro 15 – Produção de resina, número dos clones e número de fiadas das árvores exploradas em resinagem à morte (repetição XII do bloco na Área I) sem restrições

Nº árv	clone	nº fiadas	d (cm)	wr (kg)	Nº árv	clone	nº fiadas	d (cm)	wr (kg)
1	44	2	27,8	2,070	11	31	4	49,6	5,227
2	17	3	34,2	3,425	12	76	3	39,6	3,283
3	78	3	22,2	3,259	13	32	4	32,6	4,987
4	13	4	31,7	14,189	14	23	3	36,0	2,591
5	35	2	45,0	0,751	15	18	2	31,0	1,155
6	68	4	31,7	5,591	16	80	4	35,8	5,271
7	81	3	37,5	1,920	17	76	4	26,9	3,116
8	48	5	29,2	10,117	18	32	3	20,5	2,458
9	47	2	24,2	1,600	19	76	3	35,4	2,958
10	75	3	47,1	6,880					

As árvores exploradas sem a restrição de uma única fiada apresentam uma produção máxima muito superior à observada nas árvores das duas Áreas do Pomar (ex., clone 13 - 14,189 kg *versus* 7,891 e 6,987 kg da Área I e II, respetivamente), demonstrando a capacidade produtiva destes clones, numa situação de resinagem de acordo com o DL n.º 181/2015 e que se aplicaria numa situação normal.

Nas condições deste estudo foi apenas explorada uma fiada por árvore, de modo a diminuir as variáveis que influenciam a produção de resina e melhor analisar a relação do genótipo com a produção de resina e identificar os genótipos associados às maiores e menores produções de resina.

5 - Conclusões

Neste estudo concluiu-se existir um forte controle genético para a produção de resina, expresso em valores de heritabilidade em sentido lato entre 0,77 e 0,88, o que permite o estabelecimento de um programa de melhoramento genético para o pinheiro-bravo relativamente a esta característica. A seleção dos 16 melhores clones permite prever um ganho genético de cerca de 37%.

Identificou-se uma correlação positiva significativa entre o peso de resina e o diâmetro da árvore. Essa relação foi confirmada pelo método de seleção de variáveis *stepwise*, o qual permitiu definir um modelo para o peso de resina da árvore como função do diâmetro, altura total e altura da base da copa.

6- Referências bibliográficas

- AGRO.GES – Sociedade de Estudos e Projetos. (2021). *Cálculo da Pegada de Carbono da Resina Natural Europeia*.
- Aguiar, A., Almeida, M.H., Borralho, N. (2003). Genetic Control of Growth, Wood Density and Stem Characteristics of *Pinus pinaster* in Portugal. *Silva Lusitana*, 11(2), 131–139.
- Aguiar, A., Carrasquinho, I., Alpuim, M. (2011). Melhoramento genético em pinheiro-bravo. *Agrorural*, 100(5–6), 1005–1016.
- Alves, A. M., Pereira, J.S., Correia, A.V. (2012). *Silvicultura: a Gestão dos Ecossistemas Florestais*. Fundação Calouste Gulbenkian.
- Anastácio, D., Carvalho, J.B. (2008). *Sector dos Resinosos em Portugal, Evolução e Análise*. Direcção Geral dos Recursos Florestais.
- Batista, O., Santos, S. (2005). *Os Proprietários Florestais: Resultados de um Inquérito*. Celta Editora.
- Botelho de Gusmão, N.O. (1940). *Junta Nacional dos Resinosos. Ano dos centenários*. Junta Nacional dos Resinosos.
- Carvalho, A.P.S. (2000). *Modelação do Crescimento da Árvore em Eucaliptais em 1ª Rotação Localizados nas Regiões Norte e Centro Litoral*. [Tese de Doutoramento, Instituto Superior de Agronomia].
- Caudullo, G., Welk, E., San-Miguel-Ayanz, J. (2017). Chorological maps for the main European woody species. *Data in Brief*, 12, 662–666.
<https://doi.org/10.1016/j.dib.2017.05.007>
- Cento Pinus. (2022). *A Fileira do Pinheiro em 2021. Indicadores da fileira do pinho*.
- Decreto-Lei n.o 181/2015. (2015). Diário da República, Série I, 1ª Série.
- Deshmukh, D.K. (1966). Characterization of Chir pine (*Pinus roxburghii* Sargent) for resin yielding capacities. *Indian Forester*, 92, 368–390.
- DGRF. (2007). *Plano de Gestão Florestal da Mata Nacional do Escaroupim*. Direcção – Geral dos Recursos Florestais.
- DGT. (2019). *Carta de Uso e Ocupação do Solo para 2018*. Direcção-Geral do Território.
- Fabião, A.M.D. (1987). *Árvores e Florestas* (L. de C. Francisco, Ed.; 2ª edição). Publicações Europa-América, LDA.
- Figueiral, I. (1995). Charcoal analysis and the history of *Pinus pinaster* (cluster pine) in Portugal. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 89(3-4), 441-454.
[https://doi.org/10.1016/0034-6667\(95\)00013-3](https://doi.org/10.1016/0034-6667(95)00013-3)
- Gonçalves, E., Carrasquinho, I., st. Aubyn, A., Martins, A. (2013). Broad-sense heritability in mixed models for grapevine initial selection trials. *Euphytica*, 189(3), 379–391.
<https://doi.org/10.1007/s10681-012-0787-9>
- Graça, J.A.R. (1984). *Canais de resina. As estruturas secretoras de oleoresina. Uma revisão* [Relatório Final do curso de Engenheiro Silvicultor, Instituto Superior de Agronomia].

- Guerreiro, J., Fonseca, C., Salgueiro, A., Fernandes, P., Lopez Iglésias, E., de Neufville, R., Mateus, F., Castellnou Ribau, M., Sande Silva, J., Moura, J.M., Castro Rego, F., Caldeira, D.N. (2018). *Avaliação dos incêndios ocorridos entre 14 e 16 de outubro de 2017 em Portugal Continental. Relatório Final.*
- Henderson, C.R., lihenderson, C.R. (1975). *Best Linear Unbiased Estimation and Prediction under a Selection Model.* 31(2), 423–447.
- ICNF. (2019). *6.º Inventário Florestal Nacional (IFN6) - Relatório Final 2015.* ICNF.
- ICNF. (2023). Fito - sistema de gestão de informação de fitossanidade florestal. Recuperado de <https://fogos.icnf.pt/SGPP/RNMBLlistaInternetlist.asp>
- INE. (1945). Estatísticas Agrícolas - 1943. Recuperado de https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_publicacoes&PUBLICACOE_Spub_boui=258640139&PUBLICACOESmodo=2
- INE. (1967). Estatísticas Agrícolas - 1966. Recuperado de https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_publicacoes&PUBLICACOE_Spub_boui=258741952&PUBLICACOESmodo=2
- INE. (1971). Anuário Estatístico de Portugal - 1970. Recuperado de https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_publicacoes&PUBLICACOE_Spub_boui=261934767&PUBLICACOESmodo=2
- INE. (1973). Anuário Estatístico de Portugal - 1972. Recuperado de https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_publicacoes&PUBLICACOE_Spub_boui=261858530&PUBLICACOESmodo=2
- INE. (1981). Anuário Estatístico de Portugal - 1980. Recuperado de https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_publicacoes&PUBLICACOE_Spub_boui=261816619&PUBLICACOESmodo=2
- INE. (1987). Anuário Estatístico de Portugal - 1986. Recuperado de https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_publicacoes&PUBLICACOE_Spub_boui=261547910&PUBLICACOESmodo=2
- INE. (1993). Anuário Estatístico de Portugal - 1991. Recuperado de https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_publicacoes&PUBLICACOE_Spub_boui=261544430&PUBLICACOESmodo=2
- INE. (2006). Anuário Estatístico de Portugal - 2005. Recuperado de https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_publicacoes&PUBLICACOE_Spub_boui=375507&PUBLICACOESmodo=2
- INE. (2021). Portal do INE - Valor acrescentado bruto (€) das Empresas por Localização geográfica (NUTS - 2013) e Atividade económica (Subclasse - CAE Rev. 3); Anual - INE, Sistema de contas integradas das empresas. Recuperado de https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_indicadores&indOcorrCod=0008485&contexto=pi&selTab=tab0
- INE. (2022a). Portal do INE - Preço médio da resina nacional à entrada da fábrica (€/ kg) por Localização geográfica (NUTS - 2013); Anual. Recuperado de https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_indicadores&indOcorrCod=0001152&contexto=bd&selTab=tab2
- INE. (2022b). Portal do INE - Produção de resina nacional à entrada da fábrica (€) por Localização geográfica (NUTS - 2013); Anual. Recuperado de https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_indicadores&indOcorrCod=0001151&contexto=bd&selTab=tab2

- INE. (2022c). Portal do INE - Produção de resina nacional à entrada da fábrica (t) por Localização geográfica (NUTS - 2013); Anual. Recuperado de https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_indicadores&indOcorrCod=0001150&contexto=bd&selTab=tab2
- IPMA. (2022). Séries longas. Recuperado em <https://www.ipma.pt/pt/oclima/series.longas/?loc=Santarém&type=raw>
- Kossuth, S.V. (1984). *Multipurpose slash pine - genetics and physiology of gumnaval stores production*. Em M. M. Harris e A. M. Spearing (Eds.), *Research in forest productivity, use, and pest control.*: Vol. Gen. Tech. (pp. 77–83). USDA For. Serv.
- López-Álvarez, Ó., Zas, R., Marey-Perez, M. (2023). Resin tapping: A review of the main factors modulating pine resin yield. Em *Industrial Crops and Products* (Vol. 202). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2023.117105>
- MAPA. (1981). Anuário de Estatística Agrária 1980. Recuperado de https://www.mapa.gob.es/app/biblioteca/articulos/rev_index.asp?codrevista=AEA&ejemplarid=71&ano=1980&numero=1980&volumen=&titrev=Anuario+de+Estad%EDstica+Agraria
- MAPA. (1991). Anuario de Estadística Agraria 1990. Recuperado de https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf_AEA%2FAEA_1_990.pdf
- Marpeau, A., Vidal, A., Plomion, C., Gallusci, P. (1998). La gemme: BiosynthCse et recherches pour l'avenir. Ier simpoisio de aprovechamieno de resinas naturales. *Actas científucas.*, 110–117.
- Mateus, J. (1992). *Holocene and present-day ecosystems of the Carvalhal Region, Southwest Portugal*. [Tese de Doutoramento, Utrecht University]. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4700.4408>
- Melo e Abreu, J. (2018). *Agrometeorologia - Aplicação da Meteorologia para Maximizar a Produção Agrícola*. (Quântica Editora, Ed.).
- Mendonça, J. M., Máguas, C., Pereira, J.M.C., Fernandes, P., Viegas, D.X., Tedim, F., Keizer, J., Silva, J.S. (2023). *Relatório Final do Grupo de Peritos dos Incêndios Rurais*.
- MITECO. (1924). Estadística General de la Producción de los Montes Publicos - 1922. Direccion General de Agricultura Y Montes. Recuperado de https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/estadisticas/ano1922_tcm30-132143.pdf
- MITECO. (1925). Estadística General de la Producción de los Montes Publicos - 1923. Direccion General de Agricultura Y Montes. Recuperado de https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/estadisticas/ano1923_tcm30-132117.pdf
- MITECO. (1926). Estadística General de la Producción de los Montes Publicos - 1924. Direccion General de Agricultura Y Montes. Recuperado de https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/estadisticas/ano1924_tcm30-132101.pdf
- MITECO. (1927). Estadística General de la Producción de los Montes Publicos - 1925. Direccion General de Agricultura Y Montes. Recuperado de https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/estadisticas/ano1925_tcm30-132141.pdf

- MITECO. (1928). Estadística General de la Producción de los Montes Públicos - 1926. Dirección General de Agricultura Y Montes. Recuperado de https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/biodiversidad/estadisticas/ano1926_tcm30-132098.pdf
- MITECO. (1929). Estadística General de la Producción de los Montes Públicos - 1927. Dirección General de Montes, Pesca e Caza. Recuperado de https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/biodiversidad/estadisticas/ano1927_tcm30-132140.pdf
- MITECO. (1930). Estadística General de la Producción de los Montes Públicos - 1928. Dirección General de Montes, Pesca e Caza. Recuperado de https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/estadisticas/ano1928_tcm30-132142.pdf
- MITECO. (1931). Estadística General de la Producción de los Montes Públicos - 1929. Dirección General de Montes, Pesca e Caza. Recuperado de https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/biodiversidad/estadisticas/ano1929_tcm30-132113.pdf
- MITECO. (1932). Estadística General de la Producción de los Montes Públicos - 1930. Dirección General de Montes, Pesca e Caza. Recuperado de https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/estadisticas/ano1930_tcm30-132116.pdf
- MITECO. (1933). Estadística General de la Producción de los Montes Públicos - 1931. Dirección General de Montes, Pesca e Caza. Recuperado de https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/estadisticas/ano1931_tcm30-132103.pdf
- MITECO. (1934). Estadística General de la Producción de los Montes Públicos - 1932. Dirección General de Montes, Pesca e Caza. Recuperado de https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/estadisticas/ano1932_tcm30-132114.pdf
- MITECO. (1935). Estadística General de la Producción de los Montes Públicos - 1933. Dirección General de Montes, Pesca e Caza. Recuperado de https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/estadisticas/ano1933_tcm30-132100.pdf
- MITECO. (1941). Estadística Forestal de España - 1940. Ministerio de Agricultura. Recuperado de https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/estadisticas/efe_ano1940_tcm30-132126.pdf
- MITECO. (1941). Estadística Forestal de España - 1940. Ministerio de Agricultura. Recuperado de https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/estadisticas/efe_ano1940_tcm30-132126.pdf
- MITECO. (1946). Estadística General de la Producción de los Montes Públicos - 1934. Recuperado de https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/estadisticas/ano1934_tcm30-132139.pdf
- MITECO. (1948). Estadística Forestal de España - 1945 - 46. Ministerio de Agricultura. Recuperado de https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/estadisticas/efe_ano1945-46_tcm30-132134.pdf

- MITECO. (1949). Estadística Forestal de España - 1946 - 47. Ministerio de Agricultura. Recuperado de https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/estadisticas/efe_ano1946-47_tcm30-132118.pdf
- MITECO. (1950). Estadística Forestal de España - 1947 - 48. Ministerio de Agricultura. Recuperado de https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/estadisticas/efe_ano1947-48_tcm30-132127.pdf
- MITECO. (1951). Estadística Forestal de España - 1948 - 49. Ministerio de Agricultura. Recuperado de https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/estadisticas/efe_ano1948-49_tcm30-132122.pdf
- MITECO. (1952). Estadística Forestal de España - 1949 - 50. Ministerio de Agricultura. Recuperado de https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/estadisticas/efe_ano1949-50_tcm30-132099.pdf
- MITECO. (1953). Estadística Forestal de España - 1950 - 51. Ministerio de Agricultura. Recuperado de https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/estadisticas/efe_ano1950-51_tcm30-132104.pdf
- MITECO. (1954). Estadística Forestal de España - 1951 - 52. Ministerio de Agricultura. Recuperado de https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/estadisticas/efe_ano1951-52_tcm30-132120.pdf
- MITECO. (1955). Estadística Forestal de España - 1953 - 54. Ministerio de Agricultura. Recuperado de https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/estadisticas/efe_ano1953-54_tcm30-132124.pdf
- MITECO. (1955). Estadística Forestal de España - 1955. Ministerio de Agricultura. Recuperado de https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/estadisticas/efe_ano1955_tcm30-132136.pdf
- MITECO. (1958). Estadística Forestal de España - 1956. Ministerio de Agricultura. Recuperado de https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/estadisticas/efe_ano1956_tcm30-132105.pdf
- MITECO. (1959). Estadística Forestal de España - 1957. Ministerio de Agricultura. Recuperado de https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/estadisticas/efe_ano1957_tcm30-132129.pdf
- MITECO. (1959). Estadística Forestal de España - 1959. Ministerio de Agricultura. Recuperado de https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/estadisticas/efe_ano1959_tcm30-132131.pdf
- MITECO. (1960). Estadística Forestal de España - 1958. Ministerio de Agricultura. Recuperado de https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/estadisticas/efe_ano1958_tcm30-132097.pdf

- MITECO. (1960). Estadística Forestal de España - 1960. Ministerio de Agricultura. Recuperado de https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/estadisticas/efe_ano1960_tcm30-132106.pdf
- MITECO. (2005). Anuario de Estadística Forestal 2005. Recuperado de https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/estadisticas/forestal_anuario_2005.aspx
- MITECO. (2022). Anuario de Estadística Forestal 2020. Recuperado de https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/estadisticas/anuario_ef2020_tcm30-559705.pdf
- Mota, M.M., Braasch, H., Bravo, M.A., Penas, A.C., Burgermeister, W., Metge, K., Sousa, E. (1999). First report of *Bursaphelenchus xylophilus* in Portugal and in Europe. *Nematology*, 1(7–8), 727–734. <https://doi.org/10.1163/156854199508757>
- Myers, R. (1986). *Classical and Modern Regression with Applications*. Duxbury Press, Boston, MA, 359 pp.
- Nanos, N., Tadesse, W., Montero, G., Gil, L., Alia, R. (2001). Spatial stochastic modeling of resin yield from pine stands. *Canadian Journal of Forest Research*, 31(7), 1140–1147. <https://doi.org/10.1139/cjfr-31-7-1140>
- Palma, A., Pereira, J.M., Soares, P. (2016). Resin tapping activity as a contribution to the management of maritime pine forest. *Forest Systems*, 25(2), 11. <https://doi.org/10.5424/fs/2016252-08925>
- Patterson, H.D., Thompson, R. (1971). Recovery of Inter-Block Information when Block Sizes are Unequal. *Biometrika*, 58(3), 545. <https://doi.org/10.2307/2334389>
- Pedrico, R.N. (2019). *Efeito do compasso à plantação no desenvolvimento de povoamentos de pinheiro bravo*. [Dissertação de Mestrado, Instituto Superior de Agronomia].
- Perry, D.H., Hopkins, E.R. (1967). *Importation of breeding material of Pinus pinaster Ait. from Portugal*. For. Dep. W.A. Bulletin No. 75.
- Pessoa, F. (1966). *Direção Geral dos Serviços Florestais e Aquícolas - Publicações VOL. 33 a 36* (p. 85). Direção Geral dos Serviços Florestais e Aquícolas.
- Radich, M.C. (1995). O Saber da Resinagem em Portugal. *Ler História*, 27–28, 177–199.
- República Portuguesa | Ministério do Planeamento. (2021). Recuperar Portugal, Construindo o futuro - Plano de Recuperação e Resiliência - XXII Governo - República Portuguesa. Recuperado de <https://recuperarportugal.gov.pt/wp-content/uploads/2021/10/PRR.pdf>
- Resipinus. (2018). *Resina e Resinagem-Manual Técnico*. Recuperado de <https://www.resipinus.pt>
- Roberds, J.H., Strom, B.L., Hain, F.P., Gwaze, D.P., McKeand, S.E., Lott, L.H. (2003). Estimates of genetic parameters for oleoresin and growth traits in juvenile loblolly pine. *Canadian Journal of Forest Research*, 33(12), 2469–2476. <https://doi.org/10.1139/x03-186>
- Rodríguez-García, A., López, R., Martín, J.A., Pinillos, F., Gil, L. (2014). Resin yield in *Pinus pinaster* is related to tree dendrometry, stand density and tapping-induced systemic changes in xylem anatomy. *Forest Ecology and Management*, 313, 47–54. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.10.038>

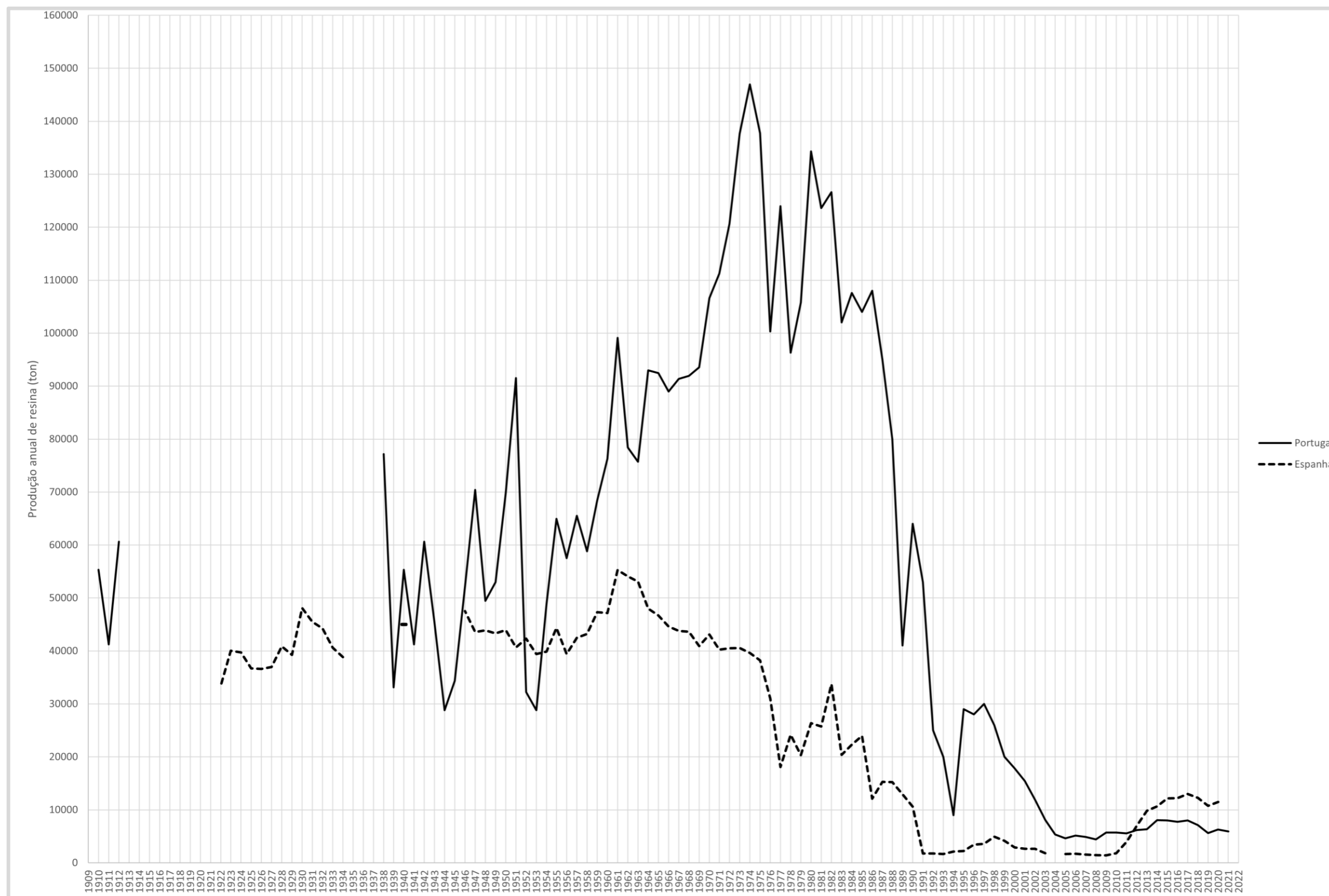
- Romanelli, R.C. (1988). *Variabilidade genética para produção de resina associada às características de crescimento em uma população de Pinus elliottii var. elliottii Engelmann na região de Itapetininga – SP*. [Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo].
- SAS Institute Inc. (2016). *SAS/STAT® 9.4 User's Guide*. SAS Institute Inc.
- Searle, S.R., Casella, G., McCulloch, C.E. (1992). *Variance Components*. Wiley. <https://doi.org/10.1002/9780470316856>
- Sheikh, M.I. (1984). Face positions yield different quantities of resin from Pinus roxburghii. *Pakistan Journal of Forestry*, 34, 97–100.
- Shimizu, J. Y., Spir, I.H.Z. (1999). Seleção de Pinus elliottii pelo valor genético para alta produção de resina. *Boletim de Pesquisa Florestal*, 38, 103–117.
- Shmulsky, R., Jones, P.D. (2011). *Forest Products and Wood Science An Introduction: Sixth Edition*. Wiley. <https://doi.org/10.1002/9780470960035>
- Silva, J. (Coord.). (2007). *Árvores e Florestas de Portugal – Pinhais e Eucaliptais*. Lisboa: Público, Comunicação Social, SA e Fundação Luso-Americana para o Desenvolvimento.
- Silva, M.E., Gaspar, M.J., Pires, J., Ribeiro, M., Loureiro, C., Coutinho, J., Santos, E., Carvalho, A., Brito, J., Salgueiro, A., Lousada, J. (2018). *Resimprove - Contribuição para a melhoria da eficiência, racionalização e expansão da atividade de resinagem*. UTAD - Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real, Portugal.
- SNIRH (2022). Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos. Recuperado de <https://snirh.apambiente.pt/index.php?idMain=>
- Sood, Y. (2019). Correlation and Regression Studies on Estimation of Resin Yield in Pinus roxburghii. *Indian Journal of Pure & Applied Biosciences*, 7(6), 63–66. <https://doi.org/10.18782/2582-2845.7438>
- Stroup, W.W. (2013). *Generalized Linear Mixed Models*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b13151>
- Tadesse, W., Nanos, N., Auñon, F.J., Alía, R., Gil, L. (2002). Evaluation of high resin yielders of Pinus pinaster Ait. *Forest Genetics*, 8(4), 271–278.
- Themudo, J., Carneiro, A. (1958). *A resinagem: suas vantagens e inconvenientes. Aspectos técnicos e económicos*. Lisboa. Junta Nacional dos Resinosos, Ministério da Economia.
- Themudo, J.C.F. (1953). *Considerações sobre contratos Coletivos de Resinagem*. Junta Nacional dos Resinosos.
- Zas, R., Quiroga, R., Touza, R., Vázquez-González, C., Sampedro, L., Lema, M. (2020a). Resin tapping potential of Atlantic maritime pine forests depends on tree age and timing of tapping. *Industrial Crops and Products*, 157(April), 112940. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112940>
- Zas, R., Touza, R., Sampedro, L., Lario, F.J., Bustingorri, G., Lema, M. (2020b). Variation in resin flow among Maritime pine populations: Relationship with growth potential and climatic responses. *Forest Ecology and Management*, 474, 118351. <https://doi.org/10.1016/J.FORECO.2020.118351>

Anexos

Anexo I – Quadro dos clones presentes em cada Área do Pomar Clonal da MNE

Área I		Área II	
Clone nº	resinados/não resinados (R/NR)	Clone nº	resinados/não resinados (R/NR)
4	NR	4	Ausente
5	NR	5	R
7	R	7	R
8	R	8	R
9	NR	9	R
10	R	10	R
11	NR	11	Ausente
12	NR	12	R
13	R	13	R
14	R	14	R
15	R	15	R
16	NR	16	R
17	R	17	R
18	R	18	R
19	R	19	NR
20	R	20	R
21	NR	21	Ausente
22	NR	22	NR
23	R	23	R
24	R	24	NR
25	NR	25	R
29	R	29	NR
30	R	30	R
31	R	31	R
32	R	32	R
33	R	33	R
34	R	34	NR
35	R	35	R
39	R	39	R
40	R	40	R
41	R	41	NR
42	NR	42	Ausente
44	NR	44	Ausente
45	R	45	R
46	R	46	Ausente
47	NR	47	Ausente
48	R	48	R
49	R	49	NR
50	R	50	NR
51	R	51	R
53	NR	53	Ausente
54	R	54	R
55	NR	55	R
56	R	56	NR
58	R	58	NR
59	R	59	R
60	R	60	R
61	R	61	NR
63	R	63	Ausente
64	NR	64	Ausente
65	NR	65	NR
68	R	68	R
73	R	73	R
75	R	75	Ausente
76	R	76	R
78	R	78	R
79	NR	79	R
80	R	80	R
81	R	81	NR
82	R	82	R

Anexo IV – Produção anual de resina em Portugal e Espanha



(Fonte: INE, MITECO (2020-1990,1960-1922), MAPA(1989-1961)³)

³ As faltas de dados entre 1935 e 1939 e 1941 e 1945, correspondem aos períodos da guerra civil espanhola (1936-1939) e da segunda guerra mundial (1939-1945).