

MESTRADO EM RECURSOS FLORESTAIS

João Pedro Fialho da Silva

Avaliação dos diferentes tipos de mobilização do
solo e tratamento de sobrantes, aplicados em ensaio
de *Eucalyptus globulus* Labill., instalado em
Mortágua

Orientadora Principal: Professora Doutora Maria Filomena Figueiredo Nazaré Gomes

Orientadora: Mestre Rosinda Leonor dos Santos Pato

Coimbra, 2024

MESTRADO EM RECURSOS FLORESTAIS

João Pedro Fialho da Silva

Avaliação dos diferentes tipos de mobilização do solo e tratamento de sobrantes, aplicados em ensaio de *Eucalyptus globulus* Labill., instalado em Mortágua

Relatório de estágio apresentado à Escola Superior Agrária de Coimbra para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de mestre em RECURSOS FLORESTAIS

Orientadora Principal: Professora Doutora Maria Filomena Figueiredo Nazaré Gomes
Orientadora: Mestre Rosinda Leonor dos Santos Pato

Coimbra, 2024

JÚRI:

Presidente: Professor Doutor David José de Carvalho Rodrigues

Arguente: Professor Doutor Joaquim Manuel Sande da Silva

Orientadora: Professora Doutora Maria Filomena Figueiredo Nazaré Gomes

AGRADECIMENTOS

Quero em primeiro lugar deixar um agradecimento muito especial à minha orientadora, digníssima Professora Doutora Filomena Gomes, pela disponibilidade, preocupação, partilha de conhecimento e pela preciosa ajuda na realização deste trabalho de estágio. Agradecer também à minha orientadora digníssima Engenheira Leonor Pato, pela disponibilidade, ajuda e por todo apoio dado nos trabalhos de campo e laboratório.

À Dona Maria Amélia e ao Engenheiro Humberto Lucas, que sem saberem qual iria ser o desfecho do meu pedido (à data), prontamente cederam a sua propriedade para instalação deste ensaio, bem hajam!

Ao Joaquim, à Carla, à Ana e ao José Borralho um agradecimento por todos os trabalhos de campo realizados, alguns em pleno verão. Sem o vosso trabalho, esforço e dedicação não seria possível concluir este ciclo.

Ao Engenheiro António Oliveira agradeço o acolhimento e a disponibilidade para a realização deste estágio e na sua pessoa agradecer à OFA - Organização Florestal Atlantis.

Quero também deixar um agradecimento ao Tiago Santos, pela ajuda e esclarecimentos nas dúvidas que foram surgindo.

Um agradecimento aos professores da Escola Superior Agrária de Coimbra, foi um privilégio poder receber os vossos ensinamentos.

Sem particularizar ninguém, quero agradecer a todas e todos os colegas de curso pelos muitos momentos de partilha de experiências e vivências. Fomos um bom grupo!

Aos meus amigos, não preciso de agradecer, pois eles sabem que estou eternamente grato por se terem cruzado na minha vida e de serem meus amigos.

Por fim, o agradecimento mais importante à minha família, em particular à minha mãe, à minha esposa Sílvia e aos meus filhotes Pedro e Matilde, por todo o vosso amor, incentivo e apoio incondicional em todas as fases deste percurso. Ao meu irmão, às minhas cunhadas e cunhados, às minhas sobrinhas e sobrinhos, às tias e tios, primas, primos e sogros, obrigado por estarem comigo nas ausências.

Obrigado pai, por todos os valores, a educação e ensinamentos que me transmitiu. Sei que ficaria orgulhoso...

Financiamento

Este trabalho foi realizado no âmbito do projeto “IEPE - Instalação Eficiente de Povoamentos de Eucalipto”, com o código de operação PDR2020-101-001, Ref.^a 031985, do Instituto Politécnico de Coimbra, no âmbito da Operação - 1.0.1 - Grupos Operacionais, Parceria N.º 37 / Iniciativa N.º 57, cofinanciado pelo FEADER - Fundo Europeu Agrícola de Desenvolvimento Rural, através do Acordo de Parceria Portugal 2020, Programa PDR2020.

O trabalho foi desenvolvido sob a coordenação da Entidade Proponente, OFA - Organização Florestal Atlantis em estreita colaboração com o RAIZ - Instituto de Investigação da Floresta e do Papel e o IPC - Instituto Politécnico de Coimbra (ESAC - Escola Superior Agrária de Coimbra / CERNAS - Centro de Estudos em Recursos Naturais, Ambiente e Sociedade).

RESUMO

A adoção de técnicas de mobilização do solo adequadas às condições da estação, na instalação de povoamentos de *Eucalyptus globulus* Labill., é fundamental para garantir um bom desenvolvimento das jovens plantas. A escassa disponibilidade de máquinas e operadores qualificados obriga a um planeamento rigoroso, para que, quando reunidas as condições de início dos trabalhos, se usem os equipamentos certos. Este projeto permitiu ensaiar diferentes técnicas de mobilização do solo e avaliar o seu impacto no solo e no desenvolvimento e crescimento das plantas.

Foi instalado um ensaio em Mortágua, em fevereiro de 2020, com o objetivo de comparar técnicas de mobilização do solo usadas em latifúndio (tratamento Operacional, com gradagem e ripagem) e com alguma recorrência na região, com técnicas alternativas, menos intrusivas e dispendiosas, passíveis de serem utilizadas no minifúndio (tratamento Teste). Testou-se a aplicação destas técnicas sem vs. com remoção dos sobranes (respetivamente A vs. B), sendo que em todos os tratamentos houve destroçamento de cepos com enxó. Estes tratamentos foram comparados com a construção de terraços, por ser uma técnica vulgarmente usada na região, em zonas cuja orografia apresenta declives acentuados (superiores a 30-35%).

Em junho de 2021, realizaram-se as primeiras avaliações, onde se verificou que um dos tratamentos alternativos (TA2 - sem remoção de sobranes e coveamento com enxó na linha) obteve um crescimento médio em altura de $2,64 \pm 0,05$ m, valor significativamente superior ao do tratamento Operacional ($2,24 \pm 0,05$ m), o que indicava que, além desta operação ter um custo mais reduzido, oferecia uma maior proteção ao solo contra a erosão, fomentava o aumento de matéria orgânica do solo e a redução da competição com infestantes. A taxa de sobrevivência foi elevada, não se verificando diferenças significativas entre os tratamentos (Teste vs. Operacional).

Aos 4 anos de idade (2024), os tratamentos Teste A1 e A2 (ambos sem remoção de sobranes e com ripagem na linha vs. coveamento, respetivamente) apresentaram valores superiores (H, DAP, volume) ao tratamento Operacional ($P > 5\%$). Considerando a boa correlação entre o estado juvenil e o adulto a partir dos 4 anos, pode-se recomendar para as áreas de minifúndio (com declives inferiores a 35%) a não remoção de sobranes (A1 e A2). Para uma validação do tratamento A2 (coveamento com enxó; 1 máquina, 1 equipamento e 1 passagem no terreno), caracterizado pela menor intervenção no solo comparativamente a A1 (ripagem), será aconselhável realizar uma avaliação dos parâmetros dendrométricos aos 5 anos, bem como, uma análise do contributo da folhada no teor em matéria orgânica do solo e na reciclagem de nutrientes, que tenderá a ser cada vez mais relevante.

PALAVRAS-CHAVE: erosão; minifúndio; resiliência; sobrevivência e crescimento; sustentabilidade.

ABSTRACT

The adoption of soil mobilization techniques suitable for the site conditions, in the establishment of *Eucalyptus globulus* Labill. plantations, is crucial to ensure the good development of young plants. The limited availability of machines and qualified operators requires rigorous planning so that, when the conditions for starting work are met, the right equipment is used. This project allowed testing different soil mobilization techniques and evaluating their impact on the soil and on plant development and growth.

An experiment was set up in Mortágua in February 2020 to compare soil mobilization techniques used in large estates (Operational treatment, with grading and ripping) that are somewhat common in the region, with alternative techniques that are less intrusive and expensive, which can be used in smallholdings (Test treatment). The application of these techniques was tested both without and with residue removal (respectively A vs. B), with stump grinding performed in all treatments using a hoe. These treatments were compared to the construction of terraces, as it is a technique commonly used in the region in areas with steep slopes (greater than 30-35%).

In June 2021, the first evaluations were carried out, revealing that one of the alternative treatments (TA2 - without residue removal and mounding with a hoe along the line) achieved an average height growth of 2.64 ± 0.05 m, significantly higher than the Operational treatment (2.24 ± 0.05 m), indicating that, besides having a lower cost, this operation offered greater soil protection against erosion, increased soil organic matter, and reduced competition with weeds. The survival rate was high, with no significant differences between the treatments (Test vs. Operational).

At 4 years of age (2024), Test treatments A1 and A2 (both without residue removal and with ripping along the line vs. mounding, respectively) showed superior values (H, DBH, volume) compared to the Operational treatment ($P > 5\%$). Considering the good correlation between juvenile and adult stages from 4 years onwards, it is recommended for smallholdings (with slopes less than 35%) not to remove residues (A1 and A2). For validating treatment A2 (mounding with a hoe; 1 machine, 1 equipment, and 1 pass on the ground), characterized by less soil disturbance compared to A1 (ripping), it is advisable to carry out an assessment of dendrometric parameters at 5 years, as well as an analysis of the contribution of leaf litter to organic soil content and nutrient recycling, which will become increasingly relevant.

KEYWORDS: erosion; resilience; smallholding; survival and growth; sustainability

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS	I
Financiamento	II
RESUMO	III
ABSTRACT	IV
ÍNDICE	V
ÍNDICE DE TABELAS	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
Lista de Acrónimos	IX
1. Introdução.....	1
1.1. A floresta portuguesa	2
1.2. O eucalipto-comum <i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	6
1.3. A floresta cultivada de eucalipto	8
1.4. Técnicas de mobilização do solo para instalação de povoamentos de eucalipto	10
1.4.1. Abertura mecanizada de covas	11
1.4.2. Ripagem e subsolagem.....	11
1.4.3. Terraços	12
1.5. Objetivos	13
2. Material e Métodos.....	14
2.1. Enquadramento geográfico	14
2.2. Caraterização da área de estudo	15
2.2.1. Clima e Solos	15
2.2.2. Exposições e Orografia	17
2.3. Caraterização do Ensaio	17
2.3.1. Instalação e Tratamentos aplicados.....	17
2.3.2. Fertilidade do Solo - Metodologia Laboratorial.....	21
2.3.2.1. Colheita de Amostras de Solo	21
2.3.2.2. Colheita de Material Vegetal.....	22
2.4. Monitorização.....	23
2.5. Análise estatística	24
3. Resultados e Discussão	25

3.1.	Resultados das análises de solos e de material vegetal	25
3.2.	Taxa de sobrevivência.....	27
3.3.	Resultados das avaliações dendrométricas.....	28
4.	Considerações Finais.....	32
5.	Bibliografia.....	33
ANEXOS.....		38
ANEXO I - Classificação do Potencial Produtivo por combinações de solo e clima.....		39
ANEXO II - Regiões preferenciais de utilização de eucalipto clonal GOES		41
ANEXO III - Boletim de Análise de Solos - Ar Livre.....		42
ANEXO IV - Classificação parâmetros físico-químicos do solo e metodologia utilizada		44
ANEXO V - Resultados da análise estatística do inventário florestal de 2022		45
ANEXO VI - Resultados da análise estatística do inventário florestal de 2024		47

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Volume de eucalipto produzido (Mm^3) e sua representatividade nas regiões Centro e Norte	10
Tabela 2 - Parâmetros climáticos da região de Mortágua	15
Tabela 3 - Descrição dos tratamentos, operações realizadas e máquinas e equipamentos	18
Tabela 4 - Número de plantas por tratamento e área disponível por planta.....	20
Tabela 5 - Metodologia laboratorial utilizada nas análises de solo.....	21
Tabela 6 - Metodologias laboratoriais utilizadas nas análises de material vegetal	22
Tabela 7 - Caracterização do solo em: (a) 2020 - antes da instalação do ensaio e (b) 2022 - após preparação do terreno (de acordo com os tratamentos testados) e com plantas com 2 anos de idade	25
Tabela 8 - Resultados das análises das amostras ⁽¹⁾ de folhas de eucalipto, expressos em matéria seca.....	26
Tabela 9 - Taxa de sobrevivência, após 1 ano da instalação do ensaio.....	27
Tabela 10 - Valores médios de altura (m), após 1 ano da instalação do ensaio	28
Tabela 11 - Valores médios de altura (m), DAP (cm) e volume c/ casca e c/ cepo ($m^3/árv$), após 2 e 4 anos.....	29

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Usos do solo	3
Figura 2 - Principais formações florestais.....	4
Figura 3 - Evolução das áreas florestais por formações florestais (IFN5 e IFN6).....	4
Figura 4 - Distribuição das áreas totais (%) por espécie ou grupo de espécies.....	5
Figura 5 - (A) Zonagem do Eucalipto-comum; (B) Distribuição do Eucalipto-comum (COS2018)	6
Figura 6 - Produção média do Eucalipto-comum em Portugal Continental (m ³ /ha/ano).....	7
Figura 7 - Localização das principais indústrias de celulose portuguesas	9
Figura 8 - Destruição das toijas com enxó e coveamento	11
Figura 9 - Ripagem.....	12
Figura 10 - Reconstrução de terraços	13
Figura 11 - Localização da área de estudo	14
Figura 12 - Classificação Climática de Köppen (1971-2000).....	16
Figura 13 - Perfil do solo do local do ensaio.....	16
Figura 14 - Povoamento anterior pós-fogo (fevereiro de 2019).....	17
Figura 15 - Plantação com tubo plantador	19
Figura 16 - Esquema dos ensaios instalados em Mortágua.....	20
Figura 17 - Esquema para recolha de amostra foliar.....	22
Figura 18 - Inventário florestal (abril de 2024).....	23
Figura 19 - Recolha de material vegetal (julho de 2022).....	23
Figura 20 - Valores médios de altura (m), DAP (cm) e volume c/ casca e c/ cepo (m ³ /árv), após 2 e 4 anos, em função dos diferentes tratamentos testados	30

Lista de Acrónimos

CAOP - Carta Administrativa Oficial de Portugal
CERNAS - Centro de Estudos em Recursos Naturais, Ambiente e Sociedade
COS - Carta de Ocupação do Solo
DAP - Diâmetro à altura do peito
DGT - Direção-geral do Território
ESAC - Escola Superior Agrária de Coimbra
FAO - Organização para a Alimentação e Agricultura
FEADER - Fundo Europeu Agrícola de Desenvolvimento Rural
FSC[®] - *Forest Stewardship Council*
GO-IEPE - Grupo Operacional - Instalação Eficiente de Povoamentos de Eucalipto
ICNF - Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas
IFN5 - 5.º Inventário Florestal Nacional (2005)
IFN6 - 6.º Inventário Florestal Nacional (2015)
IPC - Instituto Politécnico de Coimbra
NUT - Nomenclatura das Unidades Territoriais para Fins Estatísticos
OFA - Organização Florestal Atlantis - Associação de Desenvolvimento Florestal
PDR2020 - Programa de Desenvolvimento Rural 2014-2020
PEFC - *Programme for the Endorsement of Forest Certification*
PROF - Programa Regional de Ordenamento Florestal
RAIZ - Instituto de Investigação da Floresta e do Papel
RJAAR - Regime Jurídico aplicável a Ações de Arborização e Rearborização
SNIG - Sistema Nacional de Informação Geográfica

1. Introdução

Com a entrada em vigor do Decreto-Lei n.º 96/2013, de 19 de julho, estabeleceu-se para o território continental português, o Regime Jurídico aplicável a Ações de Arborização e Rearborização (RJAAR), com recurso a espécies florestais, concentrando num único diploma legal a atualização e simplificação do quadro legislativo relativo a arborizações e rearborizações de cariz florestal.

Posteriormente foram regulamentadas, em portaria (Portaria n.º 15-A/2018, de 12 de outubro), as normas técnicas de instalação de povoamentos florestais, que permitem preconizar as operações adequadas de preparação de terreno, por forma a salvaguardar o recurso solo.

O solo é o meio onde se desenvolve todo o sistema radicular das plantas e onde as raízes executam todas as suas funções, fornecendo-lhes um suporte físico suficientemente firme e resistente, e onde são armazenados os nutrientes tão necessários ao crescimento vegetal e à vida (Cerqueira, 2001). Partindo do princípio de que se trata de um recurso não renovável e que serve de base a toda a produção agrícola e florestal (Soares *et al.*, 2007), é fundamental que se usem técnicas e boas práticas que o preservem.

Na região Centro e Norte de Portugal Continental foi prática recorrente o uso de técnicas potenciadoras de erosão e degradação dos solos e, até à entrada em vigor do RJAAR, era comum verificar-se o uso da “cava” com balde de escavadora giratória como técnica de mobilização do solo, para posterior instalação de povoamentos florestais. Importa por isso referir que, a partir do ano de 2018, não é legalmente permitida a utilização do balde de escavadora giratória nem de retroescavadora na mobilização do solo para instalação de povoamentos florestais de quaisquer espécies, no entanto, esta técnica ainda é esporadicamente utilizada.

O investimento na produção florestal requer uma gestão correta dos recursos, que permita uma produção sustentada e que não potencie a degradação do meio ambiente onde se insere (Correia & Oliveira, 2003).

A floresta cultivada, necessita de um conjunto de operações silvícolas, que devem ser devidamente planeadas de acordo com as condições edafoclimáticas e a fisiografia da estação (Correia & Oliveira, 2003) e atender aos requisitos legais para a cultura florestal que se pretenda instalar.

A preparação do terreno pode dividir-se em duas fases: o controlo da vegetação espontânea, que compete com as jovens plantas que se pretendem instalar e a mobilização do solo, com a qual se pretende criar ou melhorar as condições para o seu desenvolvimento (Correia & Oliveira, 2003).

Assim, a preparação do terreno tem como principal objetivo criar ou melhorar as condições necessárias à instalação de espécies florestais e de potenciar o seu crescimento (Portugal & Louro, 2003), eliminando a competição da restante vegetação e melhorando as características do solo (Correia & Oliveira, 2003). Esta operação florestal é, sem dúvida, a que envolve maiores custos na instalação de povoamentos florestais, pelo que, é cada vez mais necessário estudar

técnicas de preparação de terreno que acarretem menores custos, sem comprometer o sucesso da produção florestal.

O projeto IEPE - Instalação Eficiente de Povoamento de Eucaliptos, iniciou-se em 2018 e teve por base a instalação de ensaios de campo, em localizações distintas (Cantanhede e Mortágua), de forma a abranger a realidade da região, com demonstração de técnicas de preparação de terreno menos intensivas, de menor custo e com reduzido impacto ambiental, com o principal objetivo de criar e desenvolver uma ferramenta de apoio à decisão na instalação de povoamentos de eucalipto (OFA, 2022).

Este estágio, realizado em Mortágua, é um trabalho que procura dar continuidade iniciado no âmbito do projeto IEPE, pretendendo-se, neste caso, avaliar o tratamento mais eficaz (produtividade e menor impacto ambiental), para a instalação da espécie, com base na relação entre o estado juvenil (à data da avaliação) e o estado adulto (idade de corte) (White *et al*, 2007).

1.1. A floresta portuguesa

Portugal é, a nível europeu, um dos países com maior área florestal, relativamente à totalidade da sua área territorial (Pereira, 2014), no entanto, contrariamente aos países do Norte da Europa, onde a floresta é toda gerida de acordo com planos de gestão florestal e está na sua grande maioria certificada, nos países do Sul, onde se inclui o nosso país, as áreas florestais geridas de acordo com um plano de gestão florestal é mais reduzida e ainda menos certificada (Fidalgo & Páscoa, 2007). Em relação à área certificada em Portugal, a evolução dos últimos anos tem sido muito positiva, correspondendo atualmente, a área florestal com gestão certificada a 936 mil hectares, isto é, 28,3% da floresta nacional, nos dois principais sistemas de certificação de gestão florestal, dos quais 329 mil hectares (35,3%) tem a sua gestão certificada pelo PEFC (PEFC Portugal, 2023) e 607 mil hectares (64,7%) pelo FSC (FSC Portugal, 2024).

O regime de propriedade, em particular, da propriedade florestal em Portugal é essencialmente privado, em que cerca de 97,1% da área total está na posse de proprietários privados e áreas comunitárias, correspondendo apenas 2,9% da área total ao domínio público do Estado (FAO, 2020).

De acordo com o 6.º Inventário Florestal Nacional - IFN6 (ICNF, 2019), reportado ao ano de referência de 2015, aos espaços florestais, que acomodam o conjunto de usos do solo *floresta, matos e terrenos improdutivos*, correspondem a 69,4% do território continental português, ocupando uma área de 6,182 milhões de hectares.

A floresta é o principal uso do solo (Figura 1) e corresponde a 36,2% das ocupações do solo (3,223 milhões de hectares), onde se incluem todos os terrenos arborizados e temporariamente desarborizados (áreas ardidas, cortadas e em regeneração).

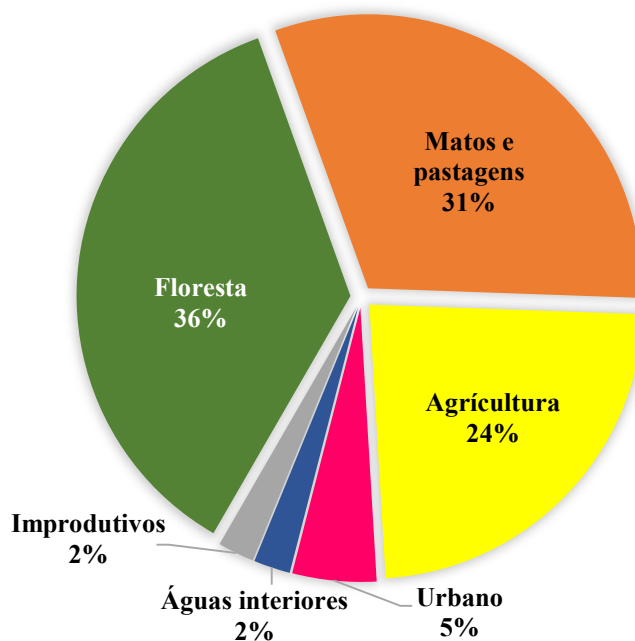


Figura 1 - Usos do solo

Fonte: (ICNF, 2019)

A floresta portuguesa é organizada em termos estruturais, funcionais e paisagísticos em quatro grandes grupos ou formações florestais (Figura 2): as *folhosas perenifólias*, os *pinhais*, as *folhosas silvo-industriais* e as *folhosas caducifólias*.

Ao primeiro grande grupo - *folhosas perenifólias* - pertencem os montados, os azinhais e os sobreirais e são a principal ocupação florestal do país, representando cerca de 1,069 milhões de hectares e 1/3 da floresta.

O segundo grande grupo - *pinhais* - corresponde aos povoamentos de pinheiro-bravo e pinheiro-manso, que ocupam uma área aproximada de 907 mil de hectares e são a segunda maior formação florestal, correspondendo a 28% das formações florestais.

O terceiro grande grupo - *folhosas silvo-industriais* - representa os eucaliptais, que ao longo dos últimos 50 anos têm apresentado um sistemático crescimento, perfazendo uma área de 844 mil hectares, a que correspondem 26% da floresta e 9% do território nacional.

O quarto e último grande grupo - *folhosas caducifólias* - é o menos representativo em área ocupada, sendo composto por carvalhos, castanheiros e outras folhosas, e representa 10% da floresta nacional, com cerca de 320 mil hectares (ICNF, 2019).

Algumas destas formações florestais têm um alto valor de conservação e biodiversidade, estando, por isso, integradas na rede nacional de áreas protegidas. Uma percentagem bastante significativa da área florestal nacional (23%) está inserida na Rede Natura 2000 (Pereira, 2014).

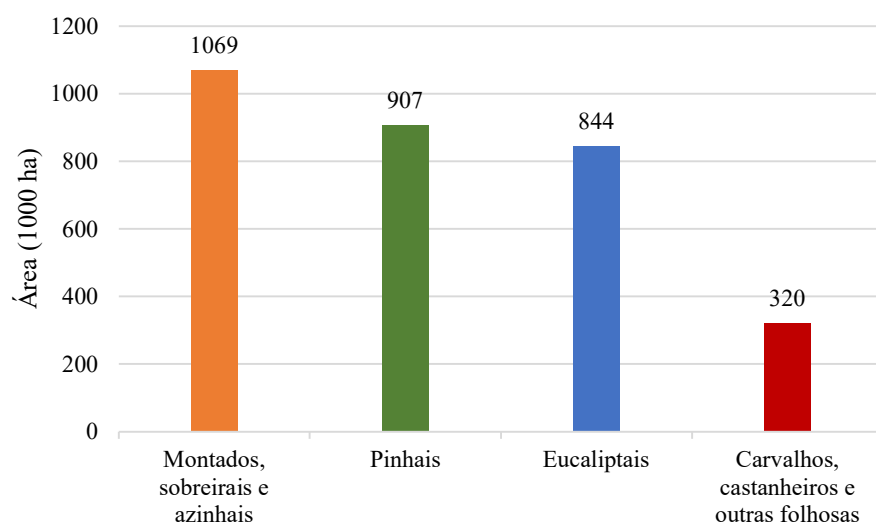


Figura 2 - Principais formações florestais

Fonte: (ICNF, 2019)

Das principais formações florestais (no período entre os dois últimos inventários IFN5 e IFN6), com exceção dos pinhais, onde houve uma redução muito significativa da área ocupada, observou-se uma tendência de aumento nas restantes formações (Figura 3). No entanto, não deixa de ser curioso que, embora, a área de eucaliptais tenha sido a que mais aumentou neste período, a disponibilidade de madeira não acompanhou essa tendência, mantendo-se nos 44 milhões de m³, apesar da área ter aumentado em 58 mil hectares (ICNF, 2019).

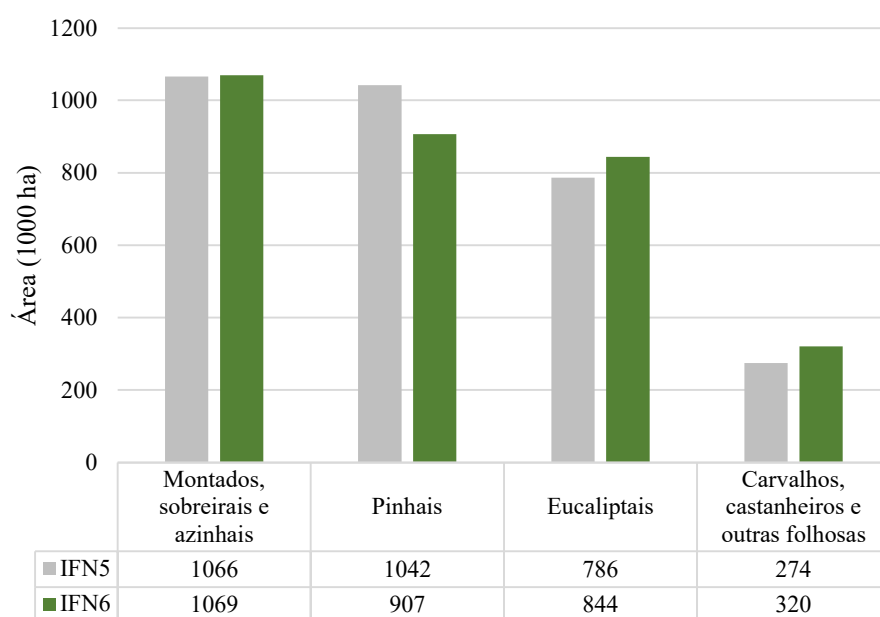


Figura 3 - Evolução das áreas florestais por formações florestais (IFN5 e IFN6)

Fonte: (ICNF, 2019)

A redução da área de pinhais deve-se principalmente ao decréscimo da área de pinheiro-bravo no nosso país, essencialmente, pelo facto desta espécie ser muito afetada pelos incêndios rurais e pelas pragas, em que se destaca a grande incidência do nemátodo da madeira do pinheiro.

O eucalipto é a espécie florestal mais representativa em termos de área ocupada, a que se seguem o sobreiro e o pinheiro-bravo (Figura 4).

No entanto, apesar das diversas perturbações ocorridas, há uma estabilização do volume de madeira entre o IFN5 e o IFN6 (sendo os dois valores cerca de 172 milhões de m³), indicando a sustentabilidade dos ecossistemas florestais portugueses, em termos de produção florestal, uma vez que os cortes de madeira, as perdas por incêndios rurais e pragas estiveram em equilíbrio com o crescimento da floresta.

Assim, as espécies folhosas são as que ocupam maior área da floresta nacional e representam 70% das espécies florestais, já as espécies resinosas tem um peso de 30% da área que ocupam (ICNF, 2019).

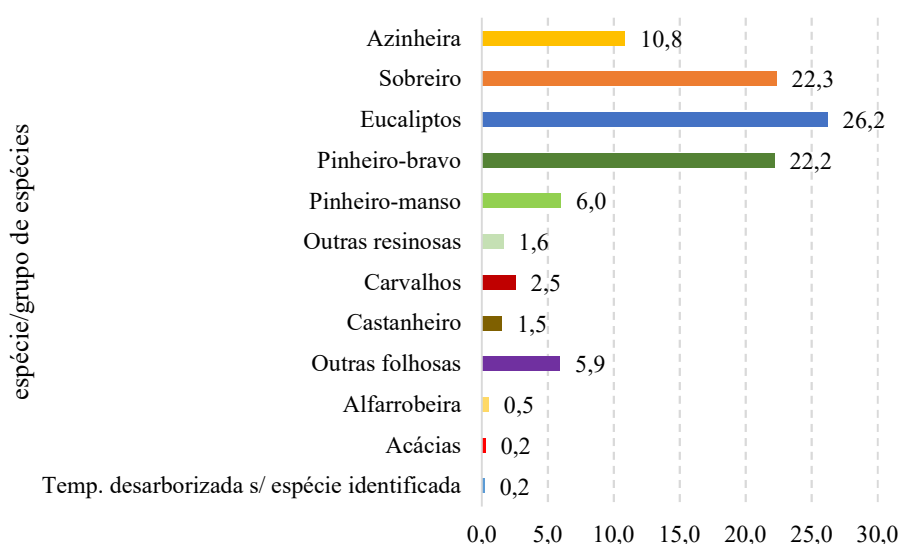


Figura 4 - Distribuição das áreas totais (%) por espécie ou grupo de espécies

Fonte: (ICNF, 2019)

Dados do IFN6 indicam que floresta portuguesa é maioritariamente composta por espécies autóctones, que representam 72% das áreas dos usos e ocupações florestais do solo.

A dinâmica própria dos ecossistemas florestais, onde se destacam a exploração de recursos naturais, as ações de arborização e rearborização e os incêndios rurais, fazem com que a realidade atual seja diferente de 2015, quando foi realizado o IFN6. Estima-se que os incêndios rurais de 2017 e 2018 possam ter afetado uma área arborizada de 274 mil hectares da floresta nacional (ICNF, 2019).

1.2. O eucalipto-comum | *Eucalyptus globulus* Labill.

O eucalipto (*Eucalyptus globulus* Labill.) é uma espécie originária da ilha da Tasmânia e do sudeste da Austrália (Correia & Oliveira, 2003) e foi introduzido em Portugal em meados do século XIX (Pimentel, 1884 in Alves *et al.*, 2007).

A primeira exploração florestal desta espécie no nosso país, com fins comerciais, foi para produzir travessas de caminho de ferro, cujas plantações foram realizadas pela Companhia Real dos Caminhos de Ferro Portugueses, em 1870 (Pimentel, 1884 in Alves *et al.*, 2007).

É considerada uma espécie de rápido crescimento (Soares *et al.*, 2007), que encontra condições ótimas para o seu desenvolvimento nas regiões litorais do centro e norte e na região oeste de Portugal e que, vão sendo mais desfavoráveis à medida que nos aproximamos das regiões do interior, uma vez que apresentam maiores limitações ao seu desenvolvimento (Correia & Oliveira, 2003), estando distribuído por todas as regiões do país (Figura 5B).

Tomé *et al.* (2001) apresentou a zonagem do *Eucalyptus globulus* (Figura 5A), onde estabeleceu oito zonas homogêneas, tendo em conta os fatores climáticos que mais condicionam o crescimento do eucalipto (temperatura média, número de dias de geada e precipitação), e implementou uma zonagem hierarquizada das condições climáticas, por concelho, em que 1 é a zona com melhores condições e 8 a pior.

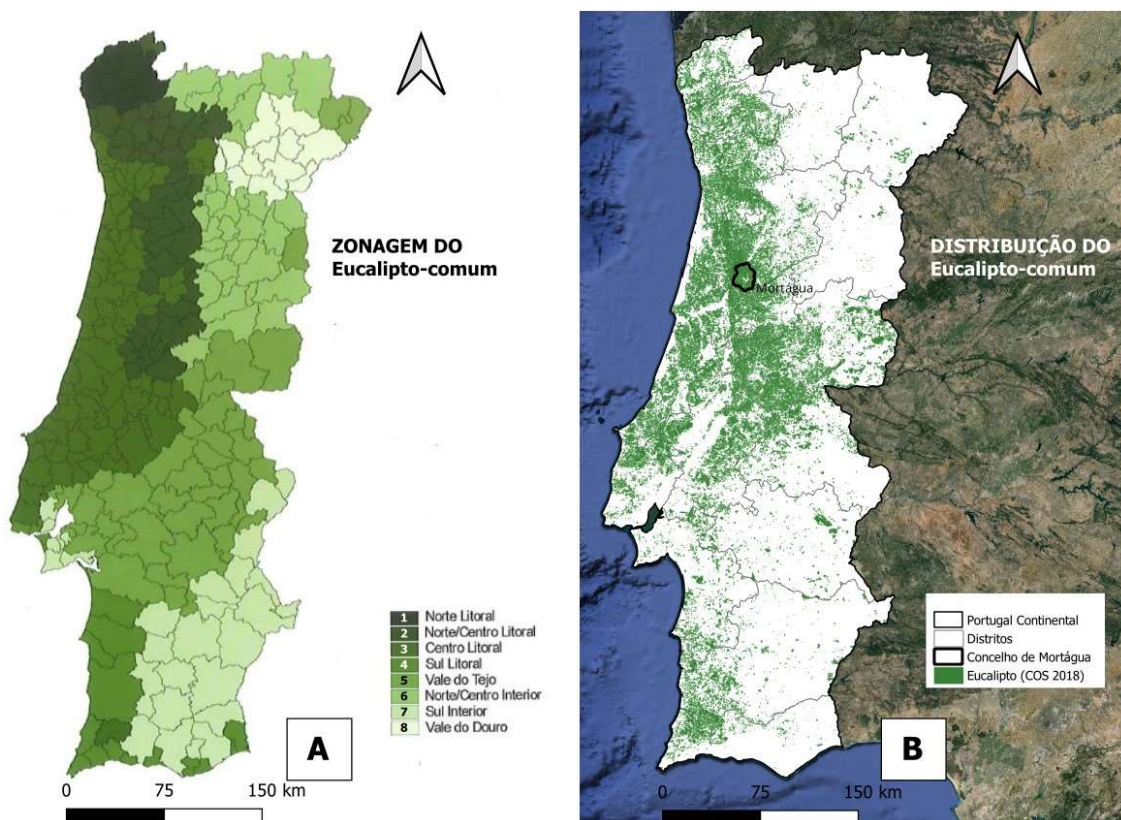


Figura 5 - (A) Zonagem do Eucalipto-comum; (B) Distribuição do Eucalipto-comum (COS2018)

Fontes: (A) Adaptado de Tomé *et al.* (2001) in Correia & Oliveira (2003); (B) (DGT/SNIG, 2018, 2023)

Para além desta, existe a zonagem edafoclimática de aptidão para o eucalipto desenvolvida pelo RAIZ que faz a classificação do potencial produtivo e resulta da categorização numa escala crescente de 0 a 10, em que 0 são as zonas que apresentam pior potencial de solo e clima e 10 as zonas com melhor potencial de solo e clima (Projeto iPLANT, 2019).

Em termos de condições de clima, favoráveis ao seu desenvolvimento, o *E. globulus* elege as regiões com temperatura média anual de 12°C (10 - 15,5°C), mais húmidas, com precipitação média anual superior a 700 mm (600 - 1500 mm) com distribuição uniforme ao longo do ano, sendo muito sensível às geadas fortes e contínuas (Machado, 1999; Correia & Oliveira, 2003).

No entanto, é uma espécie pouco exigente em relação ao tipo de solo, mas muito sensível ao encharcamento ou à má drenagem (Correia & Oliveira, 2003).

Em Portugal, esta espécie é maioritariamente plantada para produção de madeira para transformação industrial (Machado, 1999), sendo explorada em revoluções curtas de 10-12 anos com condução dos povoamentos em regime de talhadia depois do primeiro corte (Quintela *et al.*, 2019).

Quando instalado em estações com condições edafoclimáticas favoráveis, apresenta valores de produção muito interessantes, que podem variar, em média, entre os 10 e os 30 m³/ha/ano (Figura 6) (Machado, 1999).

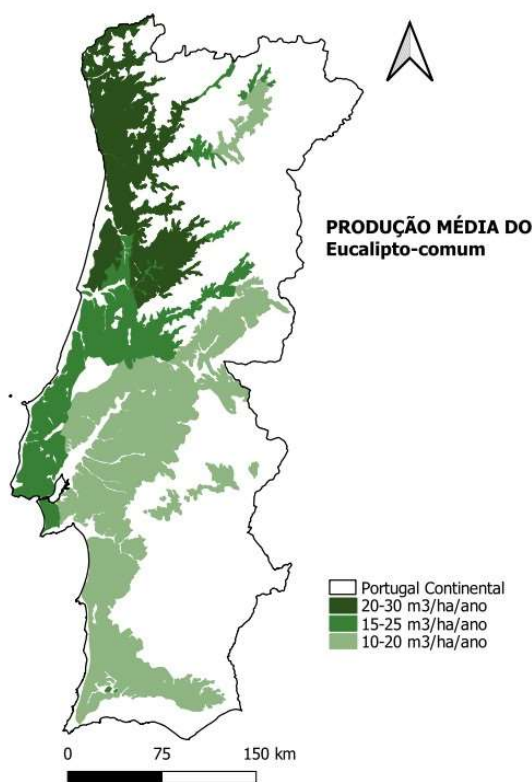


Figura 6 - Produção média do Eucalipto-comum em Portugal Continental (m³/ha/ano)

Fonte: Adaptado de Machado (1999)

Sendo uma espécie alóctone, beneficiou durante vários anos de uma quase ausência de pragas e doenças nos locais onde foi introduzida. Em 2016, existiam 42 insetos australianos registados fora da sua área de distribuição nativa que afetam o eucalipto, dos quais 13 estão presentes no nosso país (Valente *et al.*, 2022).

As principais pragas que afetam o eucalipto em Portugal são: o percevejo-do-bronzeamento (*Thaumastocoris peregrinus*), que se alimenta da superfície das folhas, secando-as e provocando a sua queda, ficando as copas com um aspeto descolorado; o gorgulho-do-eucalipto (*Gonipterus platensis*) que se alimenta dos rebentos e folhas, provocando a desfolha no ápice das árvores; a broca-do-eucalipto (*Phoracantha* spp.) cujas larvas se alimentam no tronco e escavam galerias, provocando a desvalorização da madeira e podendo originar a morte das árvores (RAIZ, 2018).

Mais recentemente foi detetada a presença de outra praga no nosso país. A Traquimela (*Trachymela sloanei*), que é um inseto desfolhador, que nas fases larvar e adulta se alimenta de folhas e caules jovens de eucalipto (ICNF, 2022b).

A principal doença é a doença-das-manchas (*Teratosphaeria* spp.), que é provocada por um fungo que se desenvolve nas folhas, podendo causar a seca e queda das folhas. Esta doença afeta principalmente povoamentos jovens, até dois anos de idade (RAIZ, 2018).

1.3. A floresta cultivada de eucalipto

A população mundial tem vindo a crescer de forma muito acelerada, tendo duplicado nas últimas cinco décadas, existindo atualmente no planeta mais de 8 mil milhões de pessoas (Ritchie *et al.*, 2023). Estima-se que esta tendência de crescimento continue prevendo-se que atinja os 9,7 mil milhões de indivíduos em 2050 (Roser & Ritchie, 2023).

Com este cenário de crescimento da população mundial, aumenta também a procura por bens alimentares e outros produtos de origem vegetal, de forma a satisfazer as necessidades da população e, consequentemente, aumenta a pressão sobre as florestas naturais (Evans, 2009 *in* CELPA, 2016), principalmente para conversão em áreas agrícolas e agropecuárias.

A nível mundial, a regeneração natural das florestas e as plantações têm, nos últimos anos, vindo a atenuar as áreas perdidas pela desflorestação das florestas primárias (Ritchie, 2021).

As florestas naturais ou as que são exploradas em ciclos mais longos têm um maior efeito protetor sobre o solo contra os processos de degradação, no entanto, as florestas plantadas de ciclos mais curtos, quando geridas de acordo com boas práticas florestais e respeito pelas condições edafoclimáticas da estação, podem desempenhar um papel muito semelhante (Fabres *et al.*, 2022).

Para além deste facto, as florestas plantadas são, não só importantes fornecedoras de produtos florestais, mas também de produtos não florestais e ambientais, quando produzidas num contexto de gestão florestal sustentada (CELP, 2016).

As plantações de eucalipto em Portugal, para fins comerciais, têm mais de 150 anos, tendo sido iniciadas, em 1870, pela Companhia Real dos Caminhos de Ferro Portugueses. Daí, até à década de 1950, houve uma estagnação da área dedicada à produção de eucalipto (Alves *et al.*, 2007), a partir de então, passou a conhecer um crescimento contínuo da sua área de produção, representando de acordo com o IFN6 cerca de 844 mil hectares (ICNF, 2019).

Este crescimento foi fortemente impulsionado pela indústria da pasta para papel, que inicialmente usava como matéria-prima a madeira de pinheiro-bravo e que por dificuldades de abastecimento a ritmo adequado, passou a recorrer ao eucalipto (Radich, 2007).

Atualmente, mais de 70% dos eucaliptais em Portugal estão localizados nas regiões Centro e Norte (ICNF, 2019), por serem as regiões do país com condições edafoclimáticas mais favoráveis ao crescimento do eucalipto e onde houve maior desenvolvimento industrial ligado ao setor da pasta de papel, sendo nestas regiões que se localizam as principais indústrias (Figura 7).

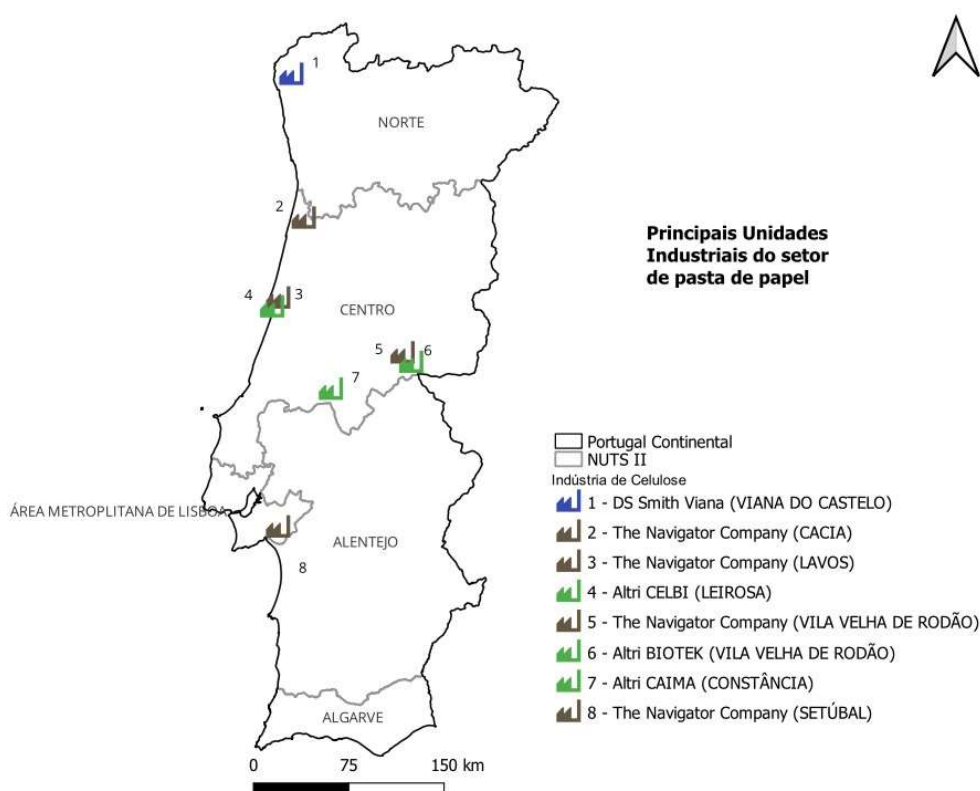


Figura 7 - Localização das principais indústrias de celulose portuguesas

Fonte: (CAOP, 2022)

Estas regiões são marcadamente dominadas pelo minifúndio e pela ausência de cadastro predial, duas situações que dificultam, em certa medida, a gestão florestal, no entanto, são responsáveis por mais de 80% do volume de eucalipto produzido a nível nacional (Tabela 1).

Tabela 1 - Volume de eucalipto produzido (Mm³) e sua representatividade nas regiões Centro e Norte

	PORTUGAL	CENTRO	NORTE	REGIONAL
<i>Volume (Mm³)</i>	43,8	24,4	10,7	35,1
%	100	55,7	24,4	80,1

Fonte: (ICNF, 2015)

No sul do país, o Alentejo representa 16,5% (7,22 Mm³) do volume de eucalipto e corresponde a uma área de 199,6 mil de hectares. O Algarve acomoda 1,7% (0,75 Mm³) do volume de eucalipto numa área de 29 mil hectares (ICNF, 2015). Com predominância do latifúndio, a estrutura fundiária destas regiões do Sul contrasta com as anteriormente descritas.

O género *Eucalyptus* spp. é o mais plantado no nosso país, ainda que com as alterações legislativas recentemente introduzidas no RJAAR, as áreas plantadas correspondem a rearborizações, uma vez que não são autorizadas arborizações (DGFC/DGVF, 2022).

Para o período entre outubro de 2013 e junho de 2022, foram requeridas e aprovadas autorizações/comunicações para ações de rearborização para género *Eucalyptus* spp. em mais de 193 mil hectares (ICNF, 2022a).

1.4. Técnicas de mobilização do solo para instalação de povoamentos de eucalipto

A mobilização do solo visa melhorar as condições para o desenvolvimento das jovens plantas, aumentando a infiltração e capacidade de retenção de água e de arejamento (Correia & Oliveira, 2003).

As técnicas a preconizar devem ter sempre em conta o risco de erosão, pelo que é boa prática a adoção de técnicas que mitiguem esse risco (Correia & Oliveira, 2003).

A mobilização do solo pode ainda ser distinguida quanto à forma como é executada (podendo estas operações ser manuais ou mecanizadas) e quanto à forma em que é afetada a camada de solo mobilizada (sem alteração significativa da disposição dos horizontes do solo ou com inversão dos horizontes do solo) (Portugal & Louro, 2003).

A disponibilidade de maquinaria e operadores de máquinas qualificados, para realizar operações de mobilização do solo, leva a que muitas vezes os produtores/proprietários florestais recorram a mão-de-obra e equipamentos não adequados a estes trabalhos, tornando muito onerosa esta operação.

Estas operações requerem planeamento, de forma a antecipar constrangimentos de disponibilidade de mão-de-obra e maquinaria e garantir que as intervenções tenham o mais baixo custo e causem o menor impacto ambiental possível.

Neste capítulo, serão apenas abordadas as técnicas de mobilização do solo de operações mecanizadas e sem inversão dos horizontes do solo.

1.4.1. Abertura mecanizada de covas

A abertura de covas mecanizada é uma operação de mobilização do solo localizada, que pode ser realizada com recurso a uma broca mecânica acoplada à tomada de força do trator, com uma perfuradora motomanual com broca escavadora ou com pá retroescavadora (Louro *et al.*, 2002; Correia & Oliveira, 2003; Portugal & Louro, 2003). Este tipo de operação e equipamentos podem ser usados em quase todas as situações, nomeadamente em adensamentos ou rearborizações com presença afloramentos rochosos, que não permitem mobilizações contínuas ou em faixas (Portugal & Louro, 2003).

Esta técnica tem a vantagem de poder ser realizada em áreas com declives muito acentuados, sem impactos negativos no ambiente (Louro *et al.*, 2002). Não deve ser aplicada em solos muito argilosos ou de areias soltas (Correia & Oliveira, 2003), estando também limitada a sua utilização em solos pouco profundos e com muita pedregosidade (Louro *et al.*, 2002).

Uma variante desta técnica pode ser realizada com recurso a máquina giratória de rastros com enxó acoplada ao braço articulado (Figura 8), em que se conseguem realizar duas operações, praticamente em simultâneo, em que se faz a destruição da toixa e a abertura da cova para plantação.



Figura 8 - Destruição das toixas com enxó e coveamento

Local e Ano: Mortágua, 2020

Fonte: (OFA, 2022)

1.4.2. Ripagem e subsolagem

Estas duas técnicas são abordadas conjuntamente, por em termos operacionais serem muito semelhantes. A subsolagem é uma variante da ripagem (Figura 9) em que a principal distinção

entre elas é o facto de na subsolagem, os dentes exteriores do *ripper* estarem equipados com aivecas laterais, provocando o rompimento do solo em profundidade e ao mesmo tempo realizar uma ligeira armação do solo, pela formação de um pequeno cômodo (Correia & Oliveira, 2003).

Trata-se de técnicas de mobilização do solo que consistem na rutura dos horizontes verticais do solo, sem inverter a sua disposição, com o objetivo de aumentar a camada arável, favorecer a infiltração e retenção de água e melhorar a propagação das raízes das plantas em profundidade (Louro *et al.*, 2002; Correia & Oliveira, 2003).

Conforme referido por Correia e Oliveira (2003) é particularmente recomendada e adequada “em solos com uma camada compacta em profundidade (...), ou com horizontes subsuperficiais de elevada dureza (caso dos solos esqueléticos derivados de xisto) ou impermeáveis (caso dos podzóis com surraipa)” (p. 23).



Figura 9 - Ripagem

Fonte: (OFA, 2022)

Esta técnica não tem qualquer interesse em solos arenosos profundos ou com elevado teor de argila, pois acentua o défice hídrico por promover a perda de água do solo, no período mais seco da época estival (Louro *et al.*, 2002).

Estas operações são realizadas a uma profundidade de 50/60 cm, à curva de nível, e em estações com declives até 30-35% (Louro *et al.*, 2002; Portugal & Louro, 2003).

1.4.3. Terraços

A construção de terraços (Figura 10) é uma técnica de preparação do solo que se aplica normalmente a terrenos com declives muito elevados (>35%) (Correia & Oliveira, 2003).

Consiste na execução de plataformas horizontais (Figura 10), com largura mínima de 3,5 metros, construídas paralelamente à curva de nível e com uma ligeira inclinação para o interior, de forma a evitar que haja escorrimento das águas pluviais pelo talude. Posteriormente, estes patamares são ripados em toda a sua extensão (Louro *et al.*, 2002; Correia & Oliveira, 2003).

É uma técnica que provoca alterações muito profundas e irreversíveis no perfil natural do solo, com impactos ambientais e visuais negativos, podendo muitas vezes potenciar o risco de erosão e a consequente degradação do solo (Correia & Oliveira, 2003).



Figura 10 - Reconstrução de terraços

Local e Ano: Mortágua, 2020

Fonte: (OFA, 2022)

1.5. Objetivos

A realização deste estágio teve como objetivo avaliar diferentes tipos de mobilização do solo e tratamento de sobranes, num ensaio de eucalipto-comum (*Eucalyptus globulus* Labill.), no concelho de Mortágua, por comparação das diferentes técnicas adotadas e a sua influência no desenvolvimento dos povoamentos e contribuir para uma escolha fundamentada, da técnica de mobilização do solo a adotar e do tratamento a dar aos sobranes.

Para concretizar o objetivo deste trabalho, foi instalado um ensaio em campo, no âmbito do projeto IEPE - Instalação Eficiente de Povoamentos de Eucalipto e foram realizadas medições nas diferentes parcelas/tratamentos.

Para cumprir o objetivo proposto, efetuou-se a recolha de dados no ensaio em campo e posteriormente procedeu-se ao seu tratamento estatístico e análise.

2. Material e Métodos

2.1. Enquadramento geográfico

A área de estudo localiza-se na região Centro de Portugal, distrito de Viseu, concelho de Mortágua, freguesia do Sobral, numa propriedade denominada de Cabrieira (Figura 11). Trata-se de uma propriedade privada, com uma área total de 13,20 hectares, inserida na bacia hidrográfica do Mondego e subordinada ao Programa Regional de Ordenamento Florestal do Centro Litoral (PROF-CL), na sub-região homogénea entre Vouga e Mondego.

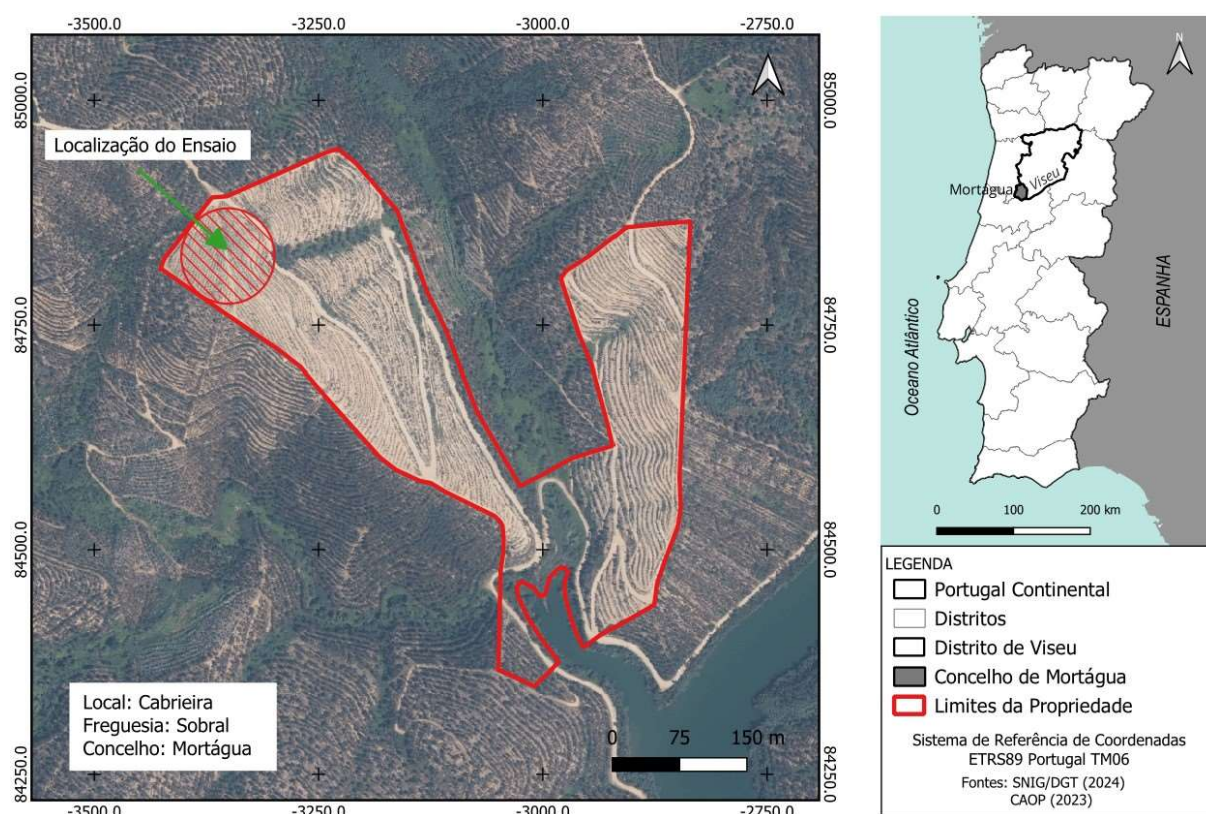


Figura 11 - Localização da área de estudo

A propriedade é limitada a sudeste pelo Rio Criz e está inserida na Serra do Zebro.

2.2. Caraterização da área de estudo

Esta propriedade esteve sob gestão duma empresa privada, que a geriu com fins industriais, durante um período de 25 anos, até 2014. O primeiro povoamento de eucalipto foi instalado nos finais da década de 80 do séc. XX (1989), até então era uma área de pinhal disperso e matos. A espécie cultivada foi *Eucalyptus globulus* e foi a que se manteve na atual rearborização.

Nas áreas circundantes à área de estudo, existe uma forte atividade florestal em que predomina a cultura do eucalipto, que tradicionalmente é explorado em talhadia de ciclos curtos (10-12 anos). É uma zona de minifúndio, com gestão da propriedade florestal, boas infraestruturas de defesa da floresta contra incêndios e muito boa rede viária florestal.

Nas últimas cinco décadas, ocorreram três grandes incêndios rurais (1975, 1986 e 2017), com área ardida superior a 1000 hectares, que afetaram a área de estudo. Para o mesmo período não houve registo de outros incêndios (ICNF, 2024).

Após o incêndio de 15 de outubro de 2017, que ocorreu quando o povoamento tinha 3 anos de crescimento na 3.^a rotação, decidiu-se rearborizar a propriedade.

2.2.1. Clima e Solos

De acordo com a classificação climática de Köppen (*Köppen-Geiger*), para Portugal Continental (Figura 12), a que corresponde a última revisão de Köppen em 1936, a área de estudo é caracterizada por um clima Csb, que se traduz num clima mediterrânico, temperado com verão seco e suave, com ocorrência de precipitação na estação fria e com inverno moderado (Feio, 1991; IPMA; Oliveira *et al.*, 2024).

Os parâmetros climáticos para a região de Mortágua (Tabela 2) resultam das Normais Climatológicas (1971-2000) referentes à estação de Viseu (Oliveira *et al.*, 2024).

Tabela 2 - Parâmetros climáticos da região de Mortágua

Parâmetros Climáticos	Valor	Unidade
Precipitação média mensal	1200	mm
N.º de dias com precipitação > a 1 mm	120	dias
Precipitação média dos meses junho a agosto	84	mm
Média da temperatura máxima do mês mais quente	29	°C
N.º de dias com temperatura > a 25 °C	75	dias
Média da temperatura mínima do mês mais frio	3,8	°C
N.º de dias com temperatura < a 0 °C	9	dias

Fonte: (Oliveira *et al.*, 2024)

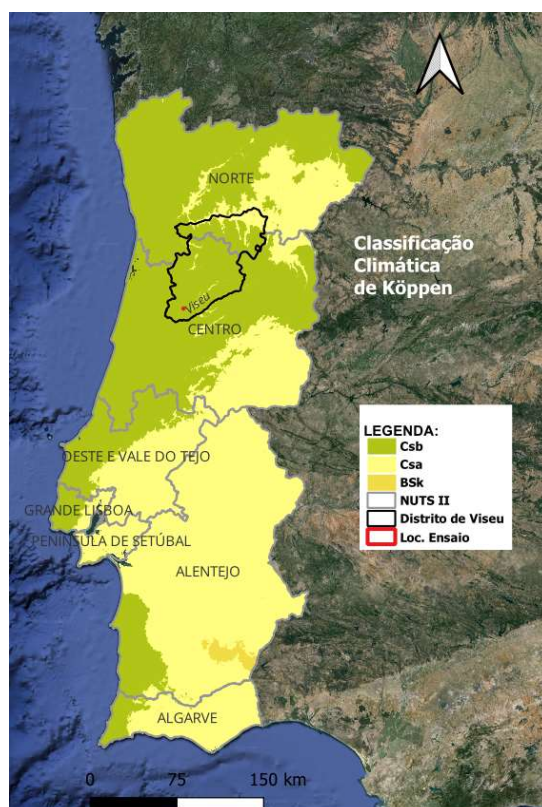


Figura 12 - Classificação Climática de Köppen (1971-2000)

Fonte: (IPMA, 2009; CAOP, 2023)

A área de estudo está inserida no Maciço Antigo ou Maciço Hespérico (Gomes, 2011) e caracteriza-se pela presença de formações litológicas de xistos, grauvaques e quartzitos. Os solos são delgados e pouco desenvolvidos (Figura 13), cuja tipologia de acordo com a classificação da FAO (2014) designa-se por *leptosolos esqueléticos húmicos* (Oliveira *et al.*, 2024).

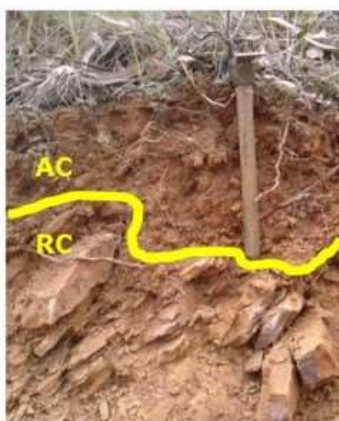


Figura 13 - Perfil do solo do local do ensaio

Fonte: (Oliveira *et al.*, 2024)

Da combinação destes elementos (clima e solo) resulta uma zonagem edafoclimática de aptidão para o eucalipto, estabelecida pelo RAIZ (ANEXO I), que classifica o clima com um potencial produtivo de valor 7 e o solo com uma produtividade potencial de valor de 2 a 3 (Mendes, 2022; Oliveira *et al.*, 2024).

2.2.2. Exposições e Orografia

O ensaio situa-se na zona mais elevada da propriedade entre a cota 241 m e a cota 229 m, tornando-se mais acidentado a nascente.

Apresenta orografia pouco acentuada a plana (Tratamentos A1, A2, A3, B1 e B2) e acentuada a muito acentuada (Tratamento C). A exposição dominante é de Este.

2.3. Caraterização do Ensaio

2.3.1. Instalação e Tratamentos aplicados

Antes da instalação do ensaio, existiam toiças com varas lenhosas, que tinham sido afetadas pelo incêndio de 2017 e apresentavam uma rebentação bastante vigorosa (Figura 14). Antevia-se que a sua eliminação iria originar uma grande quantidade de sobrantes, pelo que a sua gestão precisava ser equacionada. O destroçamento das toiças com enxó foi a solução adotada e ocorreu em todos os tratamentos (Oliveira *et al.*, 2024).



Figura 14 - Povoamento anterior pós-fogo (fevereiro de 2019)

Fonte: (Oliveira *et al.*, 2024)

Os tratamentos testados pretenderam avaliar a preparação do terreno e a gestão de sobrantes. Compararam-se os tratamentos Teste em duas modalidades de gestão de sobrantes: **A - sem remoção de sobrantes** vs. **B - com remoção de sobrantes**, com o tratamento

Operacional. Dada a orografia do terreno, com declives de encosta elevados (> a 25%) a nascente da área de estudo e por ser uma técnica usual na região, testou-se um tratamento C (reconstrução de terraços), avaliando-se o seu efeito na taxa de sobrevivência e no crescimento das plantas (Oliveira *et al.*, 2024).

As máquinas e equipamentos usados no ensaio foram: uma giratória de lagartas com enxó acoplada, um trator de lagartas com pá frontal (*bulldozer*), *ripper* e grade de discos florestal. A Tabela 3 descreve os tratamentos aplicados no ensaio.

Tabela 3 - Descrição dos tratamentos, operações realizadas e máquinas e equipamentos

Tratamento	Gestão de Sobranes	Operações	Equipamento	Máquina
A1 Ripado	(a)	Dest. cepos ¹ Alinha sobranes	Enxó	Giratória
		Ripagem ²	<i>Ripper</i>	Trator de lagartas
A2 Coveado	(a)	Dest. cepos ¹ Alinha sobranes Coveamento ³	Enxó	Giratória
A3 Operacional	(b)	Dest. cepos ¹	Enxó	Giratória
		Gradagem Ripagem ²	Grade <i>Ripper</i>	Trator de lagartas
B1 Ripado	(c)	Dest. cepos ¹ Ripagem ²	Enxó <i>Ripper</i>	Giratória Trator de lagartas
B2 Coveado	(c)	Dest. cepos ¹ Coveamento ³	Enxó	Giratória
C Terraços	(d)	Dest. cepos ¹ Reconstrução de Terraços ⁴	Enxó Lâmina e <i>Ripper</i>	Giratória Trator de lagartas

Nota:

(a) Sem remoção de sobranes, com alinhamento na entrelinha

(b) Sem remoção de sobranes

(c) Com remoção de sobranes

(d) Com incorporação de sobranes

¹ Destroçamento de cepos com enxó acoplada numa giratória de lagartas;

² Ripagem com 1 dente na linha de plantação;

³ Coveamento com enxó na linha, entre os antigos cepos, para posterior plantação;

⁴ Trator de lagartas com lâmina frontal e ripagem com 2 dentes na plataforma do terraço.

Fonte: Adaptado de Oliveira *et al.* (2024)

Os tratamentos Teste (A1, A2, B1 e B2) foram aplicados enquanto alternativa ao tratamento Operacional (mais convencional em parcelas de maior dimensão). Nos tratamentos Teste A (sem remoção de sobranes) houve derrube e alinhamento das varas na entrelinha com enxó acoplada no braço da giratória de lagartas. No tratamento A1, foi aplicada ripagem com 1

dente de *ripper* na linha de plantação (trator de lagartas); no tratamento A2, foi realizado coveamento com enxó na linha, entre os antigos cepos, para posterior plantação.

Nos tratamentos Teste B (com remoção de sobrantes), foi realizado o corte de varas com motosserra e os sobrantes foram rechegados. No tratamento B1, à semelhança do tratamento A1, foi efetuada ripagem com 1 dente de *ripper* na linha de plantação; no tratamento B2 realizou-se o coveamento com enxó na linha, entre os antigos cepos ($\approx$ A2).

O tratamento Operacional (A3) consistiu em destroçar os cepos com enxó (giratória de lagartas), a que se seguiu uma gradagem contínua seguida de ripagem com 1 dente de *ripper* (trator de lagartas), com a incorporação de sobrantes durante a gradagem.

No tratamento C, os terraços existentes foram reconstruídos com alargamento da plataforma do terraço e incorporação dos sobrantes, foi realizada ripagem com 2 dentes de *ripper* e plantação na linha ripada exterior.

O material vegetal usado foram plantas clonais (GOES), com o objetivo de mitigar o efeito do genótipo na resposta aos tratamentos testados. As plantas clonais foram provenientes dos Viveiros de Espirra, em Pegões (ANEXO II). A plantação (Figura 15) foi realizada ao compasso de 4 x 2 m (1250 plantas/ha) em todos os tratamentos com exceção dos terraços em que se usou o compasso de 5 x 2 m (1000 plantas/ha). O número de plantas por tratamento dependeu da área disponível e resume-se na Tabela 4.



Figura 15 - Plantação com tubo plantador

Fonte: (OFA, 2022)

Foi realizada fertilização à plantação à razão de 30 g/planta, no fundo da cova, de um adubo de libertação controlada (14:12:9) e 60 g/planta de superfosfato 42% P_2O_5 , aplicado em filete a 30 cm para cada lado da planta, duas semanas após a plantação (Oliveira *et al.*, 2024).

Tabela 4 - Número de plantas por tratamento e área disponível por planta

Tratamento	Gestão de Sobranes	N	Área disponível (m ² /planta)	Área parcela (m ²)
A1 Ripado	A - Sem remoção de sobranes (sobranes alinhados na entrelinha)	28	8	224
A2 Coveado		35	8	280
A3 Operacional	Sem remoção de sobranes	60	8	480
B1 Ripado	B - Com remoção de sobranes	39	8	312
B2 Coveado		32	8	256
C Terraços	Incorporação dos sobranes	76	10	608
Total geral		270		2160

Fonte: (Oliveira et al., 2024)

O ensaio foi instalado em fevereiro de 2020 com o início da preparação do terreno, tendo a plantação ocorrido em março de 2020 (Santos, 2021; Oliveira et al., 2024) em seis parcelas/tratamentos (Figura 16).



Figura 16 - Esquema dos ensaios instalados em Mortágua

2.3.2. Fertilidade do Solo - Metodologia Laboratorial

2.3.2.1. Colheita de Amostras de Solo

De forma a analisar a fertilidade do solo foram inicialmente (janeiro de 2020) recolhidas amostras (compósitas), à profundidade de 0-25 cm. De referir que a pouca profundidade da colheita esteve relacionada com a profundidade efetiva do solo (*Leptosols*). Na segunda colheita de amostras de solo (julho de 2022) a profundidade foi 0-40 cm (solo mobilizado), em cada local de colheita de folhada, de acordo com as normas de recolha para culturas perenes já instaladas.

Foi realizada a caracterização físico-química no Laboratório de Solos e Fertilidade da Escola Superior Agrária de Coimbra (LSF-ESAC), de acordo com a metodologia referida na Tabela 5.

Tabela 5 - Metodologia laboratorial utilizada nas análises de solo

Metodologia Laboratorial (LSF-ESAC)
Secagem em estufa de ventilação forçada de ar, a 38°C e preparação em moinho específico para solos, com crivagem através de malha de $\varnothing < 2$ mm (LQARS, 1977).
Na terra fina ($\varnothing < 2$ mm) foram efetuadas as seguintes determinações:
Textura de campo (LQARS, 1977);
pH (H ₂ O) eletrometria, na relação solo: água 1:5 (v/v) (ISO 10390:2005);
Carbono orgânico/matéria orgânica , combustão seca e deteção por infravermelhos (ISO 10694:1995) e a matéria orgânica foi calculada multiplicando o carbono orgânico pelo fator 1,724 (fator de van Bemmelen);
Fósforo (P₂O₅) e potássio (K₂O) extraíveis , método Egnér-Riehm, utilizando uma solução de lactato de amónio e ácido acético a pH 3,65-3,75 (1,20, p/v), com quantificação de P ₂ O ₅ , na mistura de extrato com molibdato de amónio em meio ácido e ácido ascórbico, por espectrofotometria de absorção molecular e o doseamento de potássio por espectrofotometria de absorção atómica com chama (Egnér <i>et al.</i> , 1960);
Catiões de troca Ca²⁺ e Mg²⁺ , extração com acetato de amónio 1N a pH 7 e doseamento por espectrofotometria de absorção atómica com chama (Chapman, 1965);
Micronutrientes extraíveis Cu, Zn, Fe Mn , extração simultânea com uma solução de acetato de amónio 0,5 N, ácido acético 0,5 N e EDTA 0,02 M, a pH 4,65 (Lakanen e Ervio, 1971);
Boro extraível , método da azometina-H, extração com uma solução de cloreto de cálcio 0,01M (1/2,5, p/v) a 100°C e doseamento por espectrofotometria de absorção molecular em analisador de fluxo segmentado (Skalar® 2004).

2.3.2.2. Colheita de Material Vegetal

Em julho de 2022, foram realizadas colheitas de material vegetal (folhas) para análise, de acordo com o procedimento seguinte e a metodologia referida na Tabela 6:

- amostras da parte exterior do terço médio da copa, no 2º ou 3º par de folhas (recém-formadas e completamente desenvolvidas), nos quatro quadrantes da árvore (Figura 17), colhidas na primavera/início do verão (Quintela *et al.*, 2019);

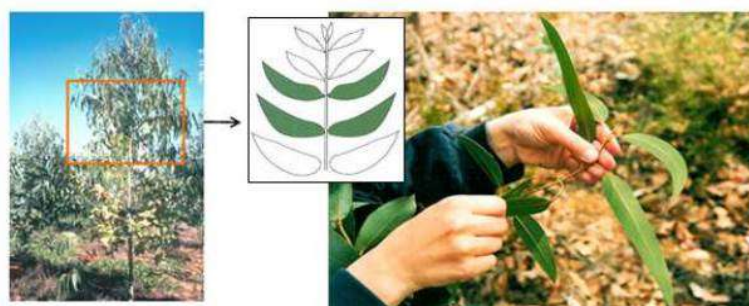


Figura 17 - Esquema para recolha de amostra foliar

Fonte: (Quintela *et al.*, 2019)

Tabela 6 - Metodologias laboratoriais utilizadas nas análises de material vegetal

Metodologia Laboratorial (LSF-ESAC)
Secagem a 60°C;
Azoto - Kjeldahl (Bremner, 1979);
Fósforo - digestão seca a 480-500°C com redissolução com ácido diluído e doseamento por EAM (Lucas & Sequeira, 1975);
Nutrientes: Ca, Mg, K, Cu, Zn, Fe, Mn - digestão seca a 480-500°C com redissolução com ácido diluído e doseamento por FAAS (Lucas & Sequeira, 1975);
Boro total - digestão seca a 480-500°C com redissolução com ácido diluído/azometina H, e doseamento por EAM com fluxo contínuo segmentado (Skalar®, 2004).

EAM - Espectrometria de absorção molecular

FAAS - Espectrometria de absorção atómica com chama

2.4. Monitorização

A monitorização do ensaio permitiu realizar uma avaliação regular (aos 1, 2 e 4 anos) para aferição da taxa de sobrevivência (percentagem de plantas vivas) e de variáveis dendrométricas (altura e DAP).

As alturas foram medidas com hipsómetro Vertex IV e o DAP com fita de diâmetros (Figura 18). A partir destas variáveis foi calculado o volume (com casca e com cepo) seguindo a equação de volume estabelecido por Tomé *et al.* (2007).



a - Medição do DAP com fita de diâmetros

b - Medição da altura com hipsómetro Vertex IV

Figura 18 - Inventário florestal (abril de 2024)

A avaliação da fertilidade do solo (segundo o procedimento e a metodologia atrás referida) foi efetuada antes da preparação do terreno e 2 anos e 4 meses depois (Figura 19).



Figura 19 - Recolha de material vegetal (julho de 2022)

2.5. Análise estatística

Para realizar o tratamento estatístico dos resultados obtidos, foi utilizado o programa STATISTICA versão 12.0 e o seguinte procedimento:

- 1) Avaliar se as variáveis (altura, DAP e volume/árvore) apresentavam uma distribuição normal;
- 2) No caso de as variáveis apresentarem uma distribuição normal (variáveis paramétricas), procedeu-se à análise de variância (ANOVA) para avaliar o efeito dos tratamentos testados nas variáveis dependentes (altura, DAP e volume/árvore). No caso de as variáveis explicarem parte significativa da variância observada (sobrevivência, altura e volume), procedeu-se à realização de um teste de comparação múltipla de médias, teste de TUKEY, para um nível de significância inferior a 5 %, com o objetivo de identificar os melhores tratamentos;
- 3) No caso de as variáveis não apresentarem uma distribuição normal (variável não paramétrica), as médias foram comparadas pelo teste KRUSKAL-WALLIS, para testar a existência de diferenças significativas devido aos tratamentos testados.

3. Resultados e Discussão

3.1. Resultados das análises de solos e de material vegetal

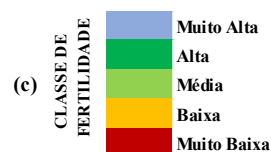
Na Tabela 7 apresentam-se os resultados das análises de solo (ver ANEXOS III e IV), antes da preparação do terreno (2020) e dois anos após a sua instalação (2022).

Tabela 7 - Caracterização do solo em: (a) 2020 - antes da instalação do ensaio e (b) 2022 - após preparação do terreno (de acordo com os tratamentos testados) e com plantas com 2 anos de idade

Tratamento	Terra fina (< 2mm) (%)	Textura campo	pH (H ₂ O)	M.O. (%)	P ₂ O ₅ mg kg ⁻¹	K ₂ O mg kg ⁻¹	Ca ²⁺ cmol(+) 100 g ⁻¹	Mg ²⁺ cmol(+) 100 g ⁻¹	Cu	Zn	Fe mg kg ⁻¹	Mn mg kg ⁻¹	B mg kg ⁻¹
A1 Ripado													
(a) (2020) 0-25 cm	56,10	Média	4,8	4,10	≤ 25	55	0,42	0,11	1,00	≤ 0,6	123	≤ 7	3,37
(b) (2022) 0-40 cm	56,13	Média	4,4	6,14	11	55	0,69	0,15	1,30	0,90	127	3,80	0,30
A2 Coveado													
(a) (2020) 0-25 cm	55,39	Média	4,8	7,50	≤ 25	94	0,94	0,17	0,80	≤ 0,6	207	≤ 7	3,62
(b) (2022) 0-40 cm	58,68	Média	4,4	7,14	15	62	0,69	0,12	1,20	1,00	135	3,30	0,24
A3 Operacional													
(a) (2020) 0-25 cm	61,80	Média	4,8	5,00	≤ 25	56	0,33	0,12	0,70	≤ 0,6	151	≤ 7	3,26
(b) (2022) 0-40 cm	59,81	Média	4,3	5,61	9	54	0,70	0,13	1,30	1,10	123	2,60	0,21
B1 Ripado													
(a) (2020) 0-25 cm	60,52	Média	4,8	5,00	≤ 25	≤ 25	0,19	0,10	0,70	≤ 0,6	143	≤ 7	3,08
(b) (2022) 0-40 cm	59,81	Média	4,4	3,91	7	38	0,71	0,09	1,30	0,60	77	2,3	<0,20
B2 Coveado													
(a) (2020) 0-25 cm	64,72	Média	4,8	5,70	≤ 25	65	0,17	0,09	0,60	≤ 0,6	137	≤ 7	2,93
(b) (2022) 0-40 cm	59,81	Média	4,3	4,22	6	42	0,56	0,06	1,00	0,60	90	1,6	<0,20
C Terraços													
(a) (2020) 0-25 cm	58,60	Média	4,8	5,70	≤ 25	67	0,20	0,14	0,70	0,70	115	≤ 7	2,71
(b) (2022) 0-40 cm	57,41	Média	5,4	3,71	44	29	0,78	0,15	0,50	0,30	44	3,50	<0,20
* Valores de referência				2,1-4,0	51-100	51-100	5,1-10,0	1,1-2,5	0,9-7,0	1,5-3,5	26-40	26-40	0,41-1,00

Nota: A - sem remoção de sobranes
B - com remoção de sobranes
C - com incorporação de sobranes na reconstrução de terraços
* para classe de fertilidade média (L.Q.A.R.S., 2006)

Fontes: (a) (Oliveira *et al.*, 2024); (c) (L.Q.A.R.S., 2006)



Estes resultados mostram que dois anos após a instalação do ensaio o solo mantém carácter ácido (com ligeiro aumento da acidez em todos os tratamentos com exceção do tratamento C). Nos tratamentos sem remoção de sobranes (tratamentos A1, A2 e A3) o teor de matéria orgânica corresponde às classes de fertilidade alta (tratamento Operacional) e muito alta (tratamentos Teste). Nos tratamentos com remoção de sobranes (tratamentos B1 e B2) o teor de matéria orgânica corresponde às classes de fertilidade média (tratamento B1) e alta (tratamento B2). No tratamento C (terraços) o teor de matéria orgânica corresponde às classes de fertilidade média. Observa-se claramente o efeito de remoção de sobranes na diminuição do teor de matéria orgânica, com perdas superiores a 20% nos tratamentos onde esta prática ocorreu.

O teor em fósforo extraível (P_2O_5) era inicialmente muito baixo. Manteve os valores muito baixos nos tratamentos Teste e no tratamento Operacional. São também muito baixos os teores em Ca^{2+} e Mg^{2+} de troca e o micronutriente manganês; o teor de zinco aumentou nos tratamentos sem remoção de sobranes, correspondendo às classes de fertilidade baixa (tratamentos A1, A2 e A3). Por outro lado, o teor de boro que apresentou valores muito altos nas primeiras análises, teve perdas muito acentuadas nos tratamentos com remoção de sobranes e nos terraços, apresentando valores muito baixos. Estes resultados sugerem a absorção deste micronutriente e a sua consequente redução, de forma acentuada, nos tratamentos com remoção de sobranes e, ainda, da necessidade de ser realizada uma fertilização de cobertura. Na fertilização, numa primeira análise, será conveniente aplicar, além do boro, superfosfato 18% (que incorpora 28% de óxido de cálcio) e se possível calcário dolomítico (para correção do pH e do teor muito baixo de Ca e Mg).

A Tabela 8 apresenta os resultados da análise química foliar expressos em matéria seca, com indicação cromática do estado nutricional das plantas para valores de referência de concentração dos principais nutrientes, segundo Quintela *et al.* (2019) e Ferreira e Morais (2021).

Tabela 8 - Resultados das análises das amostras ⁽¹⁾ de folhas de eucalipto, expressos em matéria seca

Tratamento	N, % (DM)	P, % (DM)	K, % (DM)	Ca, % (DM)	Mg, % (DM)	Cu, mg/kg (DM)	Zn, mg/kg (DM)	Fe, mg/kg (DM)	Mn, mg/kg (DM)	B, mg/kg (DM)
A1 Ripado	1,4	0,10	0,3	0,2	0,09	5,2	10,6	50	340	13
A2 Coveado	1,4	0,09	0,4	0,2	0,13	6,1	13,7	44	330	4
A3 Operacional	1,4	0,10	0,3	0,2	0,09	5,0	9,6	50	270	9
B1 Ripado	1,4	0,08	0,3	0,2	0,10	5,1	10,6	46	158	7
B2 Coveado	1,3	0,08	0,3	0,2	0,09	5,2	11,2	40	136	9
C Terraços	1,5	0,09	0,4	0,4	0,16	13,6	14,3	47	681	21
* Valores de referência	1,6-2,0	0,10-0,15	0,5-0,7	0,3-0,6	0,15-0,25	2,0-10,0	6,0-12,0	20-50	20-200	20-40

* para uma gama média em povoamentos florestais de eucalipto ≤ 4 anos (Quintela *et al.*, 2019; Ferreira & Morais, 2021).

⁽¹⁾ colheitas realizadas em julho de 2022 (plantas com 2 anos de idade).

Muito Alta
Alta
Média
Baixa
Muito Baixa

Os resultados observados indicam que o estado nutricional dos eucaliptos nos diferentes tratamentos do ensaio, no geral, para os macronutrientes N, P e K é deficiente, pois está abaixo dos valores de referência de concentração dos principais nutrientes em função da idade do povoamento (idade inferior ou igual a 4 anos). Nos tratamentos A1, A2, A3, B1 e B2 os teores em Ca e Mg são também inferiores aos valores de referência, observando-se o mesmo com o teor de boro, o que indica uma deficiência destes nutrientes nos tecidos das plantas. O tratamento C (terraços) apresenta níveis adequados destes nutrientes (Quintela *et al.* 2019; Ferreira & Morais, 2021).

Quando a concentração de nutrientes na planta é baixa ou muito baixa deve ser realizada adubação mineral (Ferreira & Morais, 2021) de forma a corrigir o déficit nutricional existente e melhorar o balanço geoquímico de nutrientes no ecossistema de produção florestal (Fabres *et al.*, 2022). Considerando globalmente os resultados das amostras de solo e do material vegetal, será conveniente a aplicação de adubos (simples ou composto) com os 3 macronutrientes principais (N:P:K), adicionados de B e calcário dolomítico (Ca e Mg). Outra solução possível, considerando o tipo de adubos compostos no mercado, seria a aplicação de um adubo libertação controlada, composto (N:P:K) com Mg e B. A adubação nesta fase de crescimento do povoamento é relevante para compensar o *deficit* nutritivo, tirar o máximo de vantagem do período de crescimento ativo (2 anos) e, também, porque a reciclagem de nutrientes associada à queda da folha ainda é reduzida (Fabres *et al.*, 2022).

3.2. Taxa de sobrevivência

Segundo Oliveira *et al.* (2024), os resultados da taxa de sobrevivência após 1 ano indicam que não houve diferenças significativas entre os diferentes tratamentos Teste, quando comparados com o tratamento Operacional, conforme se pode observar na Tabela 9.

Tabela 9 - Taxa de sobrevivência, após 1 ano da instalação do ensaio

Tratamento ¹	N ²	Sobrevivência (%) ³ média ± SE
A1 Ripado *	28	93,33 ± 4,79 ^a
A2 Coveado *	35	100,00 ± 0,00 ^a
A3 Operacional *	60	100,00 ± 0,00 ^a
B1 Ripado	39	97,50 ± 2,53 ^a
B2 Coveado	32	100,00 ± 0,00 ^a
C Terraços	76	98,65 ± 1,33 ^a
Total geral	270	98,52 ± 0,74

Nota:

¹ Destroçamento prévio de cepos com enxó, em todos os tratamentos;

² Número de plantas vivas;

³ Os valores representam a média ± SE; Letras diferentes mostram existência de diferenças significativas (P<0,05) Teste de Duncan.

* Sem remoção de sobranes

Fonte: (Oliveira *et al.*, 2024)

A avaliação da taxa de sobrevivência é importante numa fase precoce do povoamento, pois indica o sucesso da instalação e do investimento. Além disso, no caso de espécies de luz e de

rápido crescimento, como o eucalipto, influencia significativamente a produtividade média do povoamento no fim da rotação (Oliveira *et al.*, 2024).

Com base nos resultados apresentados, os tratamentos que envolveram mobilização mínima do solo não afetaram a sobrevivência das plantas, o que sugere que poderão ser adequados para utilização em parcelas de pequena dimensão, típicas das zonas de minifúndio. No entanto, uma informação mais assertiva, relativamente aos tratamentos testados, naquelas condições (meio ambiente), só será possível validar com a informação do crescimento (produtividade e homogeneidade) a uma idade em que se observe uma boa correlação entre o estado juvenil e o estado adulto (Eriksson *et al.*, 2006; White *et al.*, 2007).

3.3. Resultados das avaliações dendrométricas

Na Tabela 10 apresentam-se os resultados da altura média observados 1 ano após a instalação do ensaio (Oliveira *et al.*, 2024).

Tabela 10 - Valores médios de altura (m), após 1 ano da instalação do ensaio

Tratamento ¹	N ²	Altura média (m) (média ± SE) ³
A1 Ripado *	28	1,92 ± 0,08 ^d
A2 Coveado *	35	2,64 ± 0,05 ^{ab}
A3 Operacional *	60	2,24 ± 0,05 ^c
B1 Ripado	39	2,38 ± 0,08 ^{bc}
B2 Coveado	32	2,24 ± 0,04 ^{cd}
C Terraços	76	2,75 ± 0,06 ^a
Total geral	270	2,42 ± 0,03

Nota:

¹ Destroçamento prévio de cepos com enxó, em todos os tratamentos;

² Número de plantas vivas;

³ Os valores representam a média ± SE; letras diferentes mostram existência de diferenças significativas (P<0,05) Teste de Duncan.

* Sem remoção de sobranes.

Fonte: (Oliveira *et al.*, 2024)

No primeiro ano a altura média observada foi 2,42 ± 0,03 m. No tratamento C (terraços) observou-se um valor médio (2,75 ± 0,06 m) significativamente superior aos outros tratamentos, mas, sem diferenças significativas do tratamento A2 (2,64 ± 0,05 m). Este resultado observado para o tratamento A2 (coveamento entre cepos, sem remoção de sobranes), estará associado ao maior teor em matéria orgânica no solo (Tabela 7) e à não remoção de sobranes, que contribuem para uma menor perda de água por evapotranspiração e menor

germinação de sementes de infestantes. Fabres *et al.* (2022) referem que a não remoção de sobranes, para além dos fatores previamente mencionados, contribui para uma maior proteção do solo, menor erosão e a médio prazo para a melhoria da fertilidade do solo, através do aumento do teor em matéria orgânica e consequentemente da capacidade de retenção de água e nutrientes. No entanto, este resultado muito interessante, quer para a produtividade e conservação do solo, quer para o proprietário florestal (menor custo na instalação, associado a 1 máquina, 1 equipamento e a uma única passagem no terreno), terá de ser validado no mínimo aos 4 anos (para uma de rotação de 12 anos), considerando que se estima uma boa correlação entre o estado juvenil e o adulto a cerca de 1/3 da revolução ou rotação dos povoamentos (Eriksson *et al.*, 2022).

Decorridos 2 anos (2022) e conforme a análise estatística efetuada (ANEXO V), constatou-se que a variável DAP seguiu uma distribuição normal, enquanto as variáveis altura (H) e volume não apresentaram uma distribuição normal.

Após 4 anos (2024), verificou-se que a variável altura (H) seguiu uma distribuição normal, enquanto as variáveis DAP e volume não seguiram uma distribuição normal (ANEXO VI).

Assim, para avaliar a tendência de crescimento das plantas, apresentam-se na Tabela 11 os resultados com os valores médios para diferentes parâmetros dendrométricos (altura, DAP e volume/árvore com casca e com cepo) após 2 e 4 anos.

Tabela 11 - Valores médios de altura (m), DAP (cm) e volume c/ casca e c/ cepo (m³/árv), após 2 e 4 anos

Tratamento ¹	N ²	2 ANOS			N ²	4 ANOS		
		Altura média (m)	DAP (cm)	Vol. c/casca c/cepo (m ³ /árv)		Altura média (m)	DAP (cm)	Vol. c/casca c/cepo (m ³ /árv)
		(média ± SE) ⁴	(média ± SE) ³	(média ± SE) ⁴		(média ± SE) ⁴	(média ± SE) ³	(média ± SE) ⁴
A1 Ripado *	28	6,03 ± 0,22 ^{bc}	4,85 ± 0,26 ^{bc}	0,0068 ± 0,0009 ^{bc}	28	8,21 ± 0,27 ^b	6,61 ± 0,32 ^{ab}	0,0161 ± 0,0018 ^{ab}
A2 Coveado *	35	6,49 ± 0,19 ^b	5,25 ± 0,20 ^{ab}	0,0081 ± 0,0007 ^{ab}	35	8,49 ± 0,23 ^b	6,29 ± 0,22 ^{ab}	0,0147 ± 0,0012 ^{ab}
A3 Operacional *	60	6,24 ± 0,13 ^{bc}	4,94 ± 0,17 ^{bc}	0,0071 ± 0,0006 ^b	60	7,94 ± 0,16 ^b	5,77 ± 0,20 ^{bc}	0,0121 ± 0,0009 ^{bc}
B1 Ripado	39	5,97 ± 0,17 ^{bc}	4,74 ± 0,18 ^{bc}	0,0060 ± 0,0006 ^{bc}	39	7,69 ± 0,26 ^{bc}	5,72 ± 0,20 ^{bc}	0,0113 ± 0,0010 ^{bc}
B2 Coveado	32	5,52 ± 0,15 ^c	4,09 ± 0,14 ^c	0,0042 ± 0,0003 ^c	30	6,94 ± 0,18 ^c	4,95 ± 0,14 ^c	0,0074 ± 0,0005 ^c
C Terraços	76	7,63 ± 0,20 ^a	5,86 ± 0,21 ^a	0,0127 ± 0,0011 ^a	73	9,54 ± 0,19 ^a	7,53 ± 0,25 ^a	0,0243 ± 0,0019 ^a
Total geral	270	6,52 ± 0,09	5,10 ± 0,09	0,0083 ± 0,0004	265	8,33 ± 0,10	6,31 ± 0,11	0,0156 ± 0,0007

Nota:

¹ Destroçamento prévio de cepos com enxó, em todos os tratamentos;

² Número de plantas vivas;

³ Os valores representam a média ± SE; letras diferentes mostram a existência de diferenças significativas (P<0,05), Teste de Tukey;

⁴ e para variáveis não paramétricas, Teste de Kruskal-Wallis;

* Sem remoção de sobranes.

Ao segundo e quarto ano as alturas médias observadas no ensaio foram, respetivamente, de 6,52 ± 0,09 m e 8,33 ± 0,10 m; os DAP médios 5,10 ± 0,09 cm e 6,31 ± 0,11 cm e os volumes médios com casca e com cepo 0,0083 ± 0,0004 m³/árv e 0,0156 ± 0,0007 m³/árv.

Os resultados mostram que no tratamento C (terraços) foram observados resultados superiores para todos os parâmetros dendrométricos comparativamente aos restantes

tratamentos, no entanto, são só significativamente superiores para a altura. Aos 2 anos de idade não se observam diferenças significativas para o DAP e o volume, entre o melhor tratamento Terraços e A2 (sem remoção de sobranes, coveado) e aos 4 anos de idade junta-se ainda o tratamento A1 (sem remoção de sobranes, ripado). Estes resultados comprovam a relevância que a opção de não remoção de sobranes (A) apresenta na produtividade, proteção e conservação do solo.

Quando a comparação incide sobre os tratamentos Operacional vs. Teste, aos 4 anos de idade (operações alternativas que se aplicam a condições de declive inferior a 35%), não se verificam diferenças significativas para todos os parâmetros dendrométricos, exceto no tratamento B2, para a variável altura (Figura 20). Nestas condições (declive inferior a 35%) ambos os tratamentos sem remoção de sobranes (A1 e A2) apresentaram relativamente ao tratamento Operacional (A3) resultados superiores ($P > 5\%$), indicando que a não remoção de sobranes e, ainda, uma menor intervenção no solo (Tabela 3) contribuem para uma boa produtividade e menor impacte ambiental.

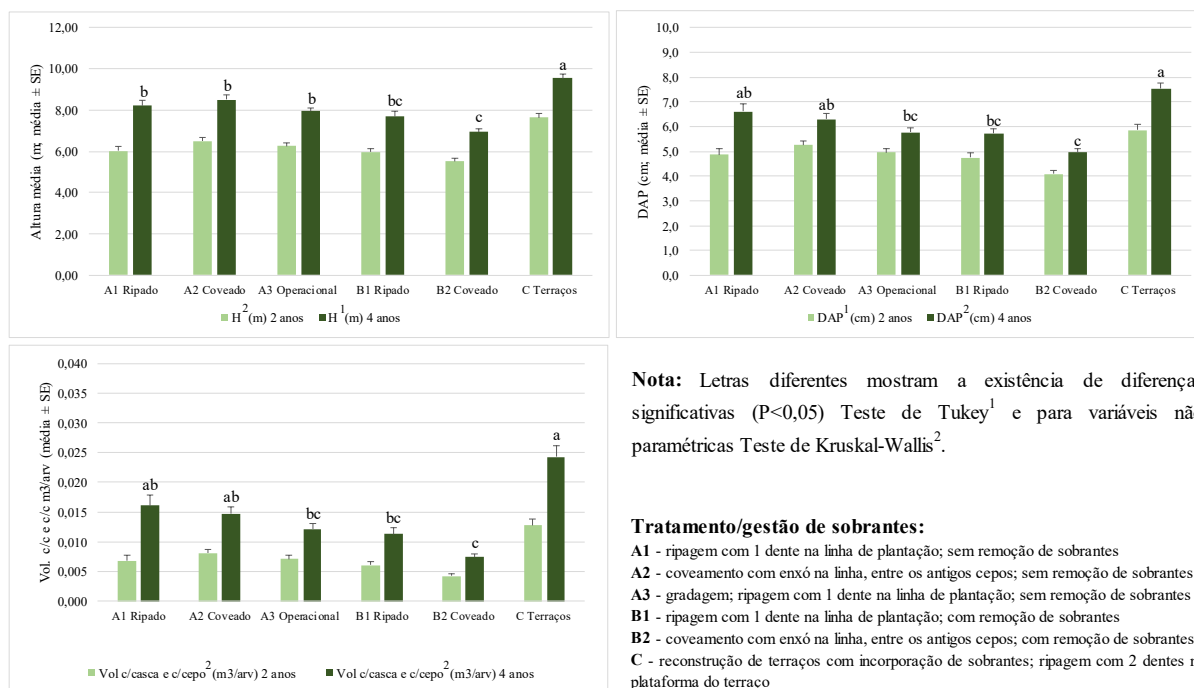


Figura 20 - Valores médios de altura (m), DAP (cm) e volume c/ casca e c/ cepo (m³/árv), após 2 e 4 anos, em função dos diferentes tratamentos testados

De acordo com Oliveira *et al.* (2024) o maior crescimento nos terraços pode estar relacionado com a ripagem na plataforma do terraço com 2 dentes de *ripper*, em que a planta foi posicionada na linha externa de passagem do dente do *ripper*. Esta mobilização profunda do solo (> 50 cm) nas linhas de passagem do *ripper* facilitou o desenvolvimento do sistema radicular, aumentando o volume do solo explorado, que resulta numa maior disponibilidade de água e nutrientes, promovendo o crescimento em altura das plantas.

Por outro lado, o tratamento Teste A2 (destroçamento de cepos, alinhamento de sobranes na entrelinha e coveamento entre cepos, utilizando enxó acoplada a giratória de lagartas, para plantação), apresentou no primeiro ano (Tabela 10) resultados significativamente superiores ao tratamento Operacional A3 (destroçamento de cepos com enxó acoplada a giratória de lagartas, gradagem e ripagem com trator de lagartas). No entanto, aos 4 anos (Figura 20) apresentou resultados superiores, para todos os parâmetros dendrométricos, mas, sem diferenças significativas.

No entanto, verifica-se que no tratamento A2, com uma única máquina e um equipamento (giratória e enxó) e com uma única passagem (menor efeito de compactação do solo), preparou-se o terreno para a plantação e conseguiu-se maior proteção do solo contra a erosão, devido ao alinhamento dos sobranes na entrelinha. Com esta operação, reduziu-se o escoamento superficial da água, promoveu-se o aumento da matéria orgânica do solo e diminuiu-se a competição com infestantes, uma vez que a cobertura do solo inibe a sua germinação. Para além de reduzir o impacto no solo, também reduz os custos de instalação por se usar apenas uma máquina e um equipamento (Oliveira *et al.*, 2024).

Em sentido oposto, o tratamento B2, em que houve remoção dos sobranes (corte e recarga das varas) apresentou resultados significativamente inferiores aos outros tratamentos (com exceção de B1, também com remoção de sobranes), provavelmente devido quer à remoção de sobranes, quer à menor profundidade de preparação do solo, favorável ao desenvolvimento das raízes, comparativamente ao tratamento B1 (com remoção de sobranes e ripagem com 1 dente na linha).

Segundo Oliveira *et al.* (2024) verifica-se, a um terço da rotação dos povoamentos, uma boa correlação entre a mesma característica expressa em duas idades diferentes (correlação entre o estado juvenil e o adulto), o que, no caso do eucalipto, corresponde aos 4 anos numa rotação de 12 anos. Assim, pode-se inferir a inexistência de diferenças significativas para o volume à idade de corte entre os tratamentos:

- Terraços e Teste A1 e A2, ambos sem remoção de sobranes, com ripagem e coveamento na linha, respetivamente;
- E, em particular, considerando que não haverá necessidade de armação do terreno em terraços, em terrenos com um declive inferior a 35%, comparando-se nessas condições o tratamento Operacional com os tratamentos de Teste, verifica-se a não existência de diferenças significativas, entre tratamento Operacional vs. Teste (exceto no tratamento B2, com remoção de sobranes e com coveamento). A referir ainda que os tratamentos A1 e A2 (sem remoção de sobranes) apresentam comparativamente ao tratamento Operacional, resultados superiores ($P > 5\%$), permitindo uma maior proteção e conservação do solo (a não remoção de sobranes, associada a uma menor intervenção no terreno e consequentemente menor risco de compactação do solo e degradação da estrutura do solo).

Será aconselhável reavaliar ao fim de 5 anos os valores de altura e diâmetro, bem como realizar novas análises de solo e amostragens de folhada para avaliar o contributo desta para a matéria orgânica do solo e para a reciclagem de nutrientes.

4. Considerações Finais

A preparação do terreno é uma operação fundamental para o sucesso do futuro povoamento de eucalipto e é também aquela que acarreta maiores impactos a nível financeiro e ambiental. Foi, portanto, importante verificar que não houve diferenças significativas nas taxas de sobrevivência nos diferentes tratamentos ensaiados, o que acrescenta conhecimento sobre potenciais alternativas de mobilização do solo.

O mesmo se verifica em termos de crescimento das plantas, o que viabiliza estas técnicas de mobilização do solo alternativas em parcelas de pequena dimensão, com significativa redução de custos.

Não menos importante é a atenção que deve ser dada à fertilidade do solo e às questões nutricionais das plantas. As florestas plantadas ocupam, geralmente, solos com fertilidade natural mais baixa (Fabres *et al.*, 2022), o que é verificável nos resultados obtidos nas análises de solo na área de estudo. É por isso recomendável que toda área seja adubada, para corrigir o *deficit* de nutrientes, numa fase de ativo crescimento do povoamento e, ainda, de reduzida reciclagem de nutrientes (Ferreira & Morais, 2021).

Verificou-se que a não remoção dos sobranes, para além das vantagens já descritas, aumentou a percentagem de matéria orgânica no solo, o que não se verificou nos tratamentos onde esta prática não ocorreu.

Os tratamentos de Teste a preconizar para as áreas de minifúndio (com declives inferiores a 35%) deverão incluir a não remoção de sobranes (A1 ou A2). Para uma validação do tratamento A2 (coveamento com enxó; 1 máquina, 1 equipamento e 1 passagem no terreno) caracterizado pela menor intervenção no solo, comparativamente a A1 (ripagem), será aconselhável realizar uma avaliação dos parâmetros dendrométricos aos 5 anos, bem como, uma análise do contributo da folhada para o aumento do teor em matéria orgânica do solo e para a reciclagem de nutrientes, que começará a ser cada vez mais relevante.

Por fim, referir que a construção/reconstrução de terraços é uma técnica de preparação de terreno com custos bastante elevados, mas que foi o tratamento que apresentou melhores resultados em termos de crescimento das plantas e é a única técnica viável em áreas com declives superiores a 35%.

5. Bibliografia

- Alves, A. M., Pereira, J. S., & Silva, J. N. (2007). Capítulo 1 - A introdução e a expansão do eucalipto em Portugal. Em A. M. Alves, J. S. Pereira, & J. N. Silva, *O Eucaliptal em Portugal: Impactes Ambientais e Investigação Científica* (pp. 13-24). Lisboa: ISAPress.
- Balbino, L. R. (1968) O método de Egnér-Riehm na determinação do fósforo e do potássio “assimiláveis” em solos de Portugal. (pp. 46-56). *Revista Agronómica* 51.
- Bremner, J. M. (1979) Total Nitrogen (pp. 1149-1178). In: *Methods of Soil Analyses*. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. 5th edition. Agronomy 9. Black, C.A.; Evans, D.D.; White, J.L.; Ensminger, L.E.; Clarck, F.E. eds. American Society of Agronomy, Inc. Madison, Wisconsin, USA.
- CELPA. (2016). Florestas Plantadas. Em *A sustentabilidade das plantações de eucalipto em Portugal* (pp. 3-6). Lisboa: CELPA - Associação da Indústria Papeleira.
- Cerqueira, J. (2001). *Solos e Clima em Portugal* (2.^a ed.). Lisboa: Clássica Editora.
- Chapman, H. D. (1965). Cation-Exchange Capacity. In *Methods of Soil Analyses. Part 2: Chemical and Microbiological Properties*, ed. A.G. Norman. Madison, WI, USA: American Society of Agronomy, Inc.; Soil Science Society of America, Inc., (pp. 891-901).
- Correia, A. V., & Oliveira, Â. C. (2003). *Principais Espécies Florestais com Interesse para Portugal: Zonas de influência atlântica*. Lisboa: Direcção-Geral das Florestas.
- Decreto-Lei n.º 96/2013, de 19 de julho. Diário da República n.º 138/2013, Série I.
- DGFC/DGVF. (2022). Ações de arborização e rearboreização: Principais indicadores. Lisboa: Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas, IP.
- Egnér, H., Riehm, H., Domingo, W. R. (1960). Untersuchungen Über Die Chemische Bodenanalyse Als Grundlage Für Die Beurteilung Des Nährstoffzustandes Der Böden. II. *Chemische Extraktionsmethoden zur Phosphor- und Kaliumbestimmung. Kungliga Lantbrukshögskolans Annaler* 26: 199–215.
- Eriksson, G., Ekberg, I., Clapham, D. (2006). *An introduction to forest genetics*. 2nd Edition, Department of Plant Biology and Forest Genetics, SLU Uppsala, 186 pp.
- Fabres, S., Quintela, A., Ferreira, D., Teixeira, C., Aires, A., Coutinho, J., & Madeira, M. (2022). Capítulo I - As Plantações de Eucalipto e o Solo em Portugal. Marques, C., *As plantações de eucalipto e os recursos naturais em Portugal: avanços recentes e desafios* (pp. 7-29). Lisboa: INIAV.
- FAO. (2020). *Global Forest Resources Assessments*. Obtido em 26/02/2024, de <https://fra-data.fao.org/assessments/fra/2020/PRT/sections/forestOwnership>

- Feio, M. (1991). *Clima e Agricultura*. Lisboa: Ministério da Agricultura, Pescas e Alimentação. Direcção-Geral de Planeamento e Agricultura.
- Ferreira, D., Morais, S. (2021). *Nutrição do eucalipto. Manual de apoio à gestão nutricional*. RAIZ - Instituto de Investigação da Floresta e do Papel.
- Fidalgo, B., Páscoa, F. (2007). Capítulo 11 - A expansão do eucaliptal e as modificações das paisagens. Em A. M. Alves, J. S. Pereira, & J. N. Silva, *O Eucaliptal em Portugal: Impactes Ambientais e Investigação Científica* (pp. 329-354). Lisboa: ISAPress.
- FSC Portugal. (2024). *Dados e Estatística*. Obtido em 26/02/2024, de <https://pt.fsc.org/pt-pt/sobre-a-certificacao/dados-e-estatisticas>
- Gomes, C. (2011). *Unidades geomorfológicas do território português*. Obtido em 30/04/2024, de <https://pt.slideshare.net/slideshow/unidades-geomorfolgicas-do-territorio-portugus/6465308>
- ICNF. (2015). *6.º Inventário Florestal Nacional - Relatório Final*. Lisboa: Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas, IP.
- ICNF. (2019). *IFN6 - Principais Resultados - Relatório sumário [pdf]*, 34 pp. Lisboa: Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas, IP.
- ICNF. (2022a). Principais indicadores RJAAR. Lisboa: Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas, IP.
- ICNF. (2022b). *Traquimela | Trachymela sloanei*. Obtido em 15/05/2024, de <https://www.icnf.pt/florestas/fitossanidade/agentesbioticosnocivos/traquimela>
- ICNF. (2024). *Tema 5 - Riscos e ameaças*. Obtido em 22-05-2024, de https://geocatalogo.icnf.pt/catalogo_tema5.html
- IPMA, IP. (2009). *Classificação Climática de Köppen, Portugal Continental, 1971-2000*. Obtido de <https://snig.dgterritorio.gov.pt/rndg/srv/por/catalog.search#/search?anysnig=koppen&fast=index>
- IPMA, IP. (s.d.). *Normais Climatológicas 1971-2000*. Obtido em 20/03/2024, de <https://www.ipma.pt/pt/oclima/normais.clima/>
- ISO 10390. 2005. Soil Quality - Determination of pH. *International Organization for Standardization*. Geneva, Switzerland, 7 pp.
- ISO 10694. 1995. Soil Quality - Determination of Organic and Total Carbon after Dry Combustion (Elementary Analysis). *International Organization for Standardization*. Geneva, Switzerland. 7 pp.
- Lakanen, E., Ervio, R., (1971). A Comparison of Eight Extractants for the Determination of Plant Available Micronutrients in Soils. *Acta Agral. Fenn.* 123: 223-32.

- Louro, G., Marques, H., Salinas, F. (2002). *Elementos de Apoio à Elaboração de Projectos Florestais* (2.^a ed.). Lisboa: Direcção-Geral das Florestas.
- LQARS - Laboratório Químico Agrícola Rebelo da Silva (1977) *Sector de Fertilidade do Solo*. DGSA - Ministério da Agricultura. Lisboa, Portugal. 39 pp.
- Lucas, M. D., Sequeira, E. M. (1976). Determinação do Cu, Zn, Mn, Fe, Ca, Mg, K, e Na totais das plantas por espectrofotometria de absorção atómica e fotometria de chama. *Pedologia*, 11, 1: 163 169.
- Machado, C. (1999). *Caderno Técnico - O Eucalipto*. Lisboa: Federação dos Produtores Florestais de Portugal.
- Mendes, E. (2022). WEBINAR - Instalação de Ensaaios. Obtido de <https://www.ofatlantis.org/c%C3%B3pia-go-iepe-1>
- OFA. (2022). *IEPE - Instalação Eficiente de Povoamentos de Eucalipto*. (Organização Florestal Atlantis, Editor) Obtido em 26/02/2024, de <https://www.iepe.pt/>
- Oliveira, A., Mendes, E., Quintela, A., Fabres, S., Ventura, P., Santos, T., Pato, R. Silva, J. Gomes, F. (2024). Avaliação de diferentes técnicas de preparação de terreno na instalação de povoamentos de eucalipto. *Silva Lusitana*, Published online: 01 July 2024, pp. 32 (1): 33 - 60. doi:<https://doi.org/10.1051/silu/20243201033>
- PEFC Portugal. (2023). *Números do PEFC em Portugal*. Obtido em 26/02/2024, de <https://www.pefc.pt/sobre-o-pefc/pefc-portugal>
- Pereira, J. S. (2014). *O Futuro da Floresta em Portugal*. Lisboa: Fundação Francisco Manuel dos Santos.
- Portaria n.º 15-A/2018, de 12 de janeiro. Diário da República n.º 9/2018, 1º Suplemento, Série I.
- Portugal, A., & Louro, V. (2003). *Princípios de Boas Práticas Florestais*. Lisboa: Direcção-Geral das Florestas.
- Póvoas, I. e Barral, M. F. (1992) *Métodos de análise de solos*. Comunicações - Instituto de Investigação Científica Tropical. Série de Ciências Agrárias. Lisboa. 61 pp.
- Projeto iPLANT. (2019). *Inovação na identificação e produção de plantas melhoradas de eucalipto para enfrentar desafios atuais*.
- Quintela, A., Fernandes, C., Fabres, S. (2019). *Atividades para uma gestão silvícola em talhadia bem-sucedida*. RAIZ - Instituto de Investigação da Floresta e Papel, Obtido de www.e-globulus.pt
- Quintela, A., Fernandes, C., Fabres, S. (2019). *O meu povoamento de eucalipto está bem nutrido?*. RAIZ - Instituto de Investigação da Floresta e Papel, Obtido de www.e-globulus.pt

- Quintela, A., Fernandes, C., Fabres, S. (2019). *Requisitos nutricionais do eucalipto*. RAIZ - Instituto de Investigação da Floresta e Papel, Obtido de www.e-globulus.pt
- Radich, M. C. (2007). Introdução e expansão do eucalipto em Portugal. Em Silva, J. S. (Coord.), *Pinhais e Eucaliptais: A floresta cultivada* (pp. 151-165). Lisboa: Público, Comunicação Social, SA e Fundação Luso-Americana para o Desenvolvimento.
- RAIZ. (2018). Principais pragas e doenças dos eucaliptos [Folheto]. Aveiro: RAIZ - Instituto de Investigação da Floresta e do Papel. Obtido em 27/02/2024
- Ritchie, H. (2021). *Deforestation and Forest Loss*. (OurWorldInData.org) Obtido em 11/03/2024, de <https://ourworldindata.org/deforestation>
- Ritchie, H., Rodés-Guirao, L., Mathieu, E., Gerber, M., Ortiz-Ospina, E., Hasell, J., & Roser, M. (2023). *Population Growth*. (OurWorldInData.org) Obtido em 11/03/2024, de <https://ourworldindata.org/population-growth>
- Roser, M., Ritchie, H. (2023). *How has world population growth changed over time?* (OurWorldInData.org) Obtido em 11/03/2024, de <https://ourworldindata.org/population-growth-over-time>
- Santos, T. (2021). *Instalação Eficiente de Povoamentos de Eucalipto*. Relatório de Estágio da Licenciatura em Ciências Florestais e Recursos Naturais, Instituto Politécnico de Coimbra, Escola Superior Agrária de Coimbra, Coimbra.
- Soares, J., Leal, L., Canaveira, P., Goes, F., & Fialho, A. (2007). Porquê cultivar o eucalipto? Em Silva, J. S. (Coord.), *Pinhais e Eucaliptais: A floresta cultivada* (pp. 185-219). Lisboa: Público, Comunicação Social, SA e Fundação Luso-Americana para o Desenvolvimento.
- Soares, P., Tomé, M., & Silva, J. S. (2007). Capítulo 2 - A produtividade do eucaliptal. Em A. M. Alves, J. S. Pereira, & J. N. Silva (Edits.), *O Eucaliptal em Portugal: Impactes Ambientais e Investigação Científica* (pp. 27-59). Lisboa: ISAPress.
- Skalar®. 2004. Skalar Methods, Analysis: Boron. *catnr* 197: 335–42.
- Tomé, M., Tomé, J., Ribeiro, F., & Faias, S. (2007). Equação de Volume Total, Volume Percentual e de Perfil do Tronco para *Eucalyptus globulus* Labill. em Portugal. *Silva Lusitana* 15 (1): 25 - 39.
- Valente, C., Gonçalves, C., Vasques, J., Manta, A., Bragança, H., & Branco, M. (2022). Capítulo VII - Pragass e Doenças Associadas aos Eucaliptos. Em *As plantações de eucalipto e os recursos naturais em Portugal: avanços recentes e desafios* (pp. 159-175). Lisboa: INIAV.
- Viveiros Aliança. (2023). *As plantas de hoje para a floresta de amanhã: Planta Clonal [pdf]*. Obtido de <https://clubeprodutoresflorestais.com/knowledgehub/post/as-plantas-de-hoje-para-a-floresta-de-amanha-planta-clonal>

White, T. L., Adams, W. T., Neale, D. B. (2007). *Forest Genetics*. CAB Internacional Oxfordshire, 682 pp.

ANEXOS

ANEXO I - Classificação do Potencial Produtivo por combinações de solo e clima

O sistema de classificação do potencial produtivo desenvolvido pelo RAIZ - Instituto de Investigação da Floresta e Papel, resulta da categorização numa escala crescente de 0 a 10, em que 0 são as zonas que apresentam pior potencial de solo e clima e 10 as zonas com melhor potencial de solo e clima. Das diferentes combinações solo/clima distinguem-se duas Regiões de Melhoramento: **RM1** e **RM2** (Figura I) (Projeto iPLANT, 2019).



Figura I - Combinação de solo e clima e sua agregação nas Regiões RM1 e RM2

Fonte: (Projeto iPLANT, 2019)

A Região de Melhoramento **RM1** é a que apresenta condições edafoclimáticas com produtividade potencial mais elevada e com melhor aptidão para o eucalipto. Por oposição a Região de Melhoramento **RM2** tem menor aptidão e apresenta condições de produtividade potencial mais baixa (Projeto iPLANT, 2019).

A Tabela I resume genericamente o que distingue as duas Regiões de Melhoramento.

Tabela I - Condições de distinção entre a RM1 e RM2

Variável	RM1	RM2	Unidade
Precipitação média anual	> 1000	< 1000	mm
N.º de dias com precipitação > a 1 mm	> 100	< 100	mm
Precipitação média dos meses junho a agosto	> 55	< 55	mm
Verão	Moderados	Quentes ou muito quentes	
Solos *	Grande variedade	Grande variedade	

* RM1 dominam os derivados de xistos com reduzida profundidade e pedregosidade elevada, abrangendo também solos mais profundos e com menor pedregosidade, na litologia de granito. RM2 dominam os solos arenosos com baixa retenção de água e os derivados de xistos com reduzida profundidade e pedregosidade elevada.

Fonte: (Projeto iPLANT, 2019)

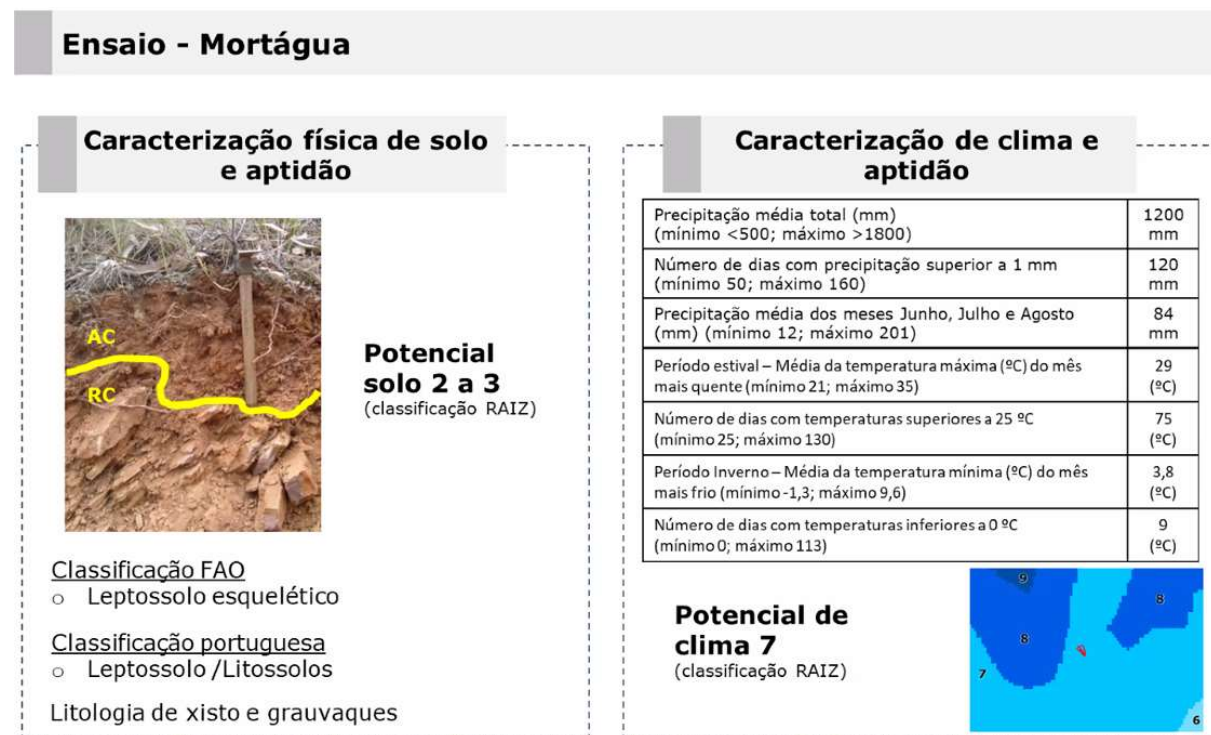


Figura II - Zonagem edafoclimática

Fonte: (Mendes, 2022)

ANEXO II - Regiões preferenciais de utilização de eucalipto clonal GOES



Figura III - Regiões preferenciais de utilização do eucalipto clonal GOES

Fonte: (Viveiros Aliança, 2023)

ANEXO III - Boletim de Análise de Solos - Ar Livre



**laboratório de
solos e fertilidade**

Serviço: Escola Superior Agrária de Coimbra

Morada: Bencanta

Localidade: COIMBRA

Código Postal: 3045-601

Nome do Interessado: Projecto GO 57 - IEPE (Investigador Responsável: Eng.ª Filomena Gomes)

Propriedade: Ensaio em Mortágua

Área (ha):

Cultura: eucalipto

Prof. (cm): 0-40

Boletim de Análises de Solo - Ar livre

Data de Entrada: 30-07-2022

Data de Saída: 25-01-2023

Nº Laboratório		60776	60777	60778	60779
Parâmetros	Referência	Amostra 1a	Amostra 2a	Amostra 3a	Amostra 1 b
Textura de campo		Pesada	Pesada	Pesada	Pesada
Terra fina ($\Phi < 2\text{mm}$)	%	56,13	58,68	59,81	59,81
Mat. orgânica	%	6,1	7,1	5,6	3,9
pH (H_2O)		Muito alta	Muito alta	Alta	Média
pH (KCl)		4,4	4,4	4,3	4,4
Condutividade Eléct.	mS cm^{-1}	Muito ácido	Muito ácido	Muito ácido	Muito ácido
Necessidade em «cal»	t/ha CaCO_3^*				
Fósforo extraível	$\text{mg P}_2\text{O}_5 \text{ kg}^{-1}$	18,0	18,0	18,0	12,5
Potássio extraível	$\text{mg K}_2\text{O kg}^{-1}$	10	14	105	90
Magnésio extraível	mg Mg kg^{-1}	55	62	54	38
Boro	mg B kg^{-1}	Média	Média	Média	Baixa
Calcário Activo	%	0,30	0,24	0,21	<020
Cloretos	$\text{me Cl}^- 100\text{g}^{-1}$	Baixa	Baixa	Baixa	Muito baixa
Potássio	$\text{me K}^+ 100\text{g}^{-1}$				
Sódio	$\text{me Na}^+ 100\text{g}^{-1}$	0,27	0,23	0,29	0,22
Cálcio	$\text{me Ca}^{2+} 100\text{g}^{-1}$	Média	Baixa	Média	Baixa
Magnésio	$\text{me Mg}^{2+} 100\text{g}^{-1}$	0,15	0,15	0,16	0,14
Ca/Mg		0,69	0,69	0,70	0,71
Mg/K		Muito baixa	Muito baixa	Muito baixa	Muito baixa
Cobre extraível	mg Cu kg^{-1}	0,15	0,12	0,13	0,09
Zinco extraível	mg Zn kg^{-1}	4,5	5,8	5,4	8,0
Ferro extraível	mg Fe kg^{-1}	0,6	0,5	0,4	0,4
Manganês extraível	mg Mn kg^{-1}	K em excesso	K em excesso	K em excesso	K em excesso
Azoto nítrico	$\text{mg N-NO}_3^- \text{ kg}^{-1}$	1,3	1,2	1,3	1,3
Azoto amoniacal	$\text{mg N-NH}_4^+ \text{ kg}^{-1}$	0,9	1,0	1,1	0,6
Azoto Kjeldahl	%	127	135	123	77
Cobre total	mg Cu kg^{-1}	Muito alta	Muito alta	Muito alta	Alta
Zinco total	mg Zn kg^{-1}	4	3	3	2
Crómio total	mg Cr kg^{-1}				
Chumbo total	mg Pb kg^{-1}				
Cádmio total	mg Cd kg^{-1}				
Níquel total	mg Ni kg^{-1}				
Mercurio total	mg Hg kg^{-1}				

Observações: * Valores indicativos para correção do pH até 6,5. O valor máximo recomendado em cada ano é de 4,5- 5 t/ha de calcário.

O Responsável

Rosinda Leonor S. Pato

Bencanta, 3045-601 Coimbra – Telef. 239 802 940 – Fax. 239 802 979
e-mail presidencia@esac.pt – Contribuinte n.º 600 027 350

Serviço: Escola Superior Agrária de Coimbra

Morada: Bencanta

Localidade: COIMBRA

Código Postal: 3045-602

Nome do Interessado: Projecto GO 57 - IEPE (Investigador Responsável: Eng.ª Filomena Gomes)

Propriedade: Ensaio em Mortágua

Área (ha):

Cultura: eucalipto

Prof. (cm): 0-40

Boletim de Análises de Solo - Ar livre

Data de Entrada: 30-07-2022

Data de Saída: 25-01-2023

Nº Laboratório 60780

Parâmetros

Referência Amostra 2 b

Textura de campo			Pesada						
Terra fina ($\Phi < 2\text{mm}$)	%	59,81							
Mat. orgânica	%	4,2	Alta						
pH (H_2O)		4,3	Muito ácido						
pH (KCl)									
Condutividade Eléct.	mS cm^{-1}								
Necessidade em «cal»	t/ha CaCO_3^*	15,0							
Fósforo extraível	$\text{mg P}_2\text{O}_5 \text{ kg}^{-1}$	5	Muito baixa						
Potássio extraível	$\text{mg K}_2\text{O kg}^{-1}$	42	Baixa						
Magnésio extraível	mg Mg kg^{-1}								
Boro	mg B kg^{-1}	<0,20	Muito baixa						
Calcário Activo	%								
Cloretos	$\text{me Cl}^- 100\text{g}^{-1}$								
Potássio	$\text{me K}^+ 100\text{g}^{-1}$	0,13	Baixa						
Sódio	$\text{me Na}^+ 100\text{g}^{-1}$	0,13	Baixa						
Cálcio	$\text{me Ca}^{2+} 100\text{g}^{-1}$	0,56	Muito baixa						
Magnésio	$\text{me Mg}^{2+} 100\text{g}^{-1}$	0,06	Muito baixa						
Ca/Mg		10,0	Muito alta						
Mg/K		0,4	K em excesso						
Cobre extraível	mg Cu kg^{-1}	1,0	Média						
Zinco extraível	mg Zn kg^{-1}	0,6	Muito baixa						
Ferro extraível	mg Fe kg^{-1}	90	Muito alta						
Manganês extraível	mg Mn kg^{-1}	2	Muito baixa						
Azoto nítrico	$\text{mg N-NO}_3^+ \text{ kg}^{-1}$								
Azoto amoniacal	$\text{mg N-NH}_4^+ \text{ kg}^{-1}$								
Azoto Kjeldahl	%	0,21							
Cobre total	mg Cu kg^{-1}								
Zinco total	mg Zn kg^{-1}								
Crómio total	mg Cr kg^{-1}								
Chumbo total	mg Pb kg^{-1}								
Cádmio total	mg Cd kg^{-1}								
Níquel total	mg Ni kg^{-1}								
Mercúrio total	mg Hg kg^{-1}								

Observações: * Valores indicativos para correção do pH até 6,5. O valor máximo recomendado em cada ano é de 4,5- 5 t/ha de calcário.

O Responsável



Rosinda Leonor S. Pato

ANEXO IV - Classificação parâmetros físico-químicos do solo e metodologia utilizada

Classificação de parâmetros físico-químicos do solo (L.Q.A.R.S., 2006) e metodologia utilizada.

Métodos analíticos	Valores-limite (mg kg ⁻¹) (DL n.º 103/2015, 15 de junho)			
	em solos com:			
	Metais pesados «totais»	5 ≤ pH < 6	6 ≤ pH < 7,0	pH ≥ 7,0
pH (CaCl ₂): Susp. solo:CaCl ₂ 1:5 (v:v) (Norma ISO 10390:2005)	Cádmio (Cd)*	0,5	1	1,5
pH (KCl): Susp. solo:KCl 1:5 (v:v) (Norma ISO 10390:2005)	Cobre (Cu)*	20	50	100
Azoto mineral: Fluxo Contínuo Segmentado (ISO 14255:1998)	Níquel (Ni)*	15	50	70
Textura: Avaliação textural expedita - Textura de campo	Chumbo (Pb)*	50	70	100
Análise granulométrica: Pipeta de Robinson	Zinco (Zn)*	60	150	200
Calcário activo: Método de Droineau	Crómio (Cr)*	30	60	100
Azoto total: Método Kjeldahl	Mercurio (Hg)**	0,1	0,5	1
Cloretos: Método de Mohr	* Água régia (Norma EN 13650)/ EAA com chama ou GFAAS			
Carbonatos: Volumetria	** Decomposição térmica/ EAA sem chama			

Fósforo (P ₂ O ₅)* Potássio (K ₂ O)** extraíveis (mg kg ⁻¹)	Classe de fertilidade	Matéria Orgânica (%)	
		Solos com textura	
		Ligeira	Média ou Pesada
≤ 25	Muito baixa	≤ 0,5	≤ 1,0
26-50	Baixa	0,6 – 1,5	1,1 – 2,0
51-100	Média	1,6 – 3,0	2,1 – 4,0
101-200	Alta	3,1 – 4,5	4,1 – 6,0
> 200	Muito alta	> 4,5	> 6,0
* Método de Egner-Riehm/ EAM		Combustão seca 590° - Análise elementar	
** Método de Egner-Riehm/ EAA			

pH (H ₂ O)	Designação	
≤ 4,5	Muito Ácido	Ácido
4,6 - 5,5	Ácido	
5,6 - 6,5	Pouco ácido	Neutro
6,6 - 7,5	Neutro	
7,6 - 8,5	Pouco alcalino	Alcalino
8,6 - 9,5	Alcalino	
> 9,5	Muito alcalino	
Susp. solo: água 1:5 (v:v) (Norma ISO 10390:2005)		

Classe de fertilidade	(mg B kg ⁻¹) Boro	Cátions de troca (cmol(+) 100g ⁻¹)				Micronutrientes extraíveis (mg kg ⁻¹)			
		K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cu	Zn	Fe	Mn
Muito baixa	≤ 0,20	< 0,1	< 0,1	< 2,0	< 0,5	≤ 0,3	≤ 0,6	≤ 10	≤ 7
Baixa	0,21-0,40	0,1 – 0,25	0,1 – 0,25	2,1 – 5,0	0,6 – 1,0	0,4 – 0,8	0,7 – 1,4	11 – 25	8 – 15
Média	0,41-1,00	0,26 – 0,50	0,26 – 0,50	5,1 – 10,0	1,1 – 2,5	0,9 – 7,0	1,5 – 3,5	26 – 40	16 – 45
Alta	1,10-2,50	0,51 – 1,0	0,51 – 1,0	10,1-20,0	2,6 – 5,0	7,1 – 15	3,6 – 10	41 – 80	46 – 100
Muito alta	> 2,50	> 1,0	> 1,0	> 20,0	> 5,0	> 15	> 10	> 80	> 100
CaCl ₂ 0,01M fervente, Azometina H/ Fluxo Contínuo Segmentado		Acetato de amónio pH=7/ EAA				AAAc-EDTA (Lakane)/ EAA			

Classe de fertilidade	Elementos (mg kg ⁻¹) - Estufa				Classe de fertilidade	Na** (mg kg ⁻¹)	ESTUFA
	P ₂ O ₅ *	K ₂ O**	CaO**	MgO**			
Muito baixa	≤ 10	≤ 20	≤ 50	≤ 10	Ótima	≤ 50	
Baixa	11 - 20	21 - 59	51 - 75	11 - 20	Média	51 - 100	
Média	21 - 30	60 - 120	76 - 250	21 - 30	Alta	101 - 150	
Alta	31 - 60	121 - 150	251 - 300	31 - 50	Muito alta	> 150	
Muito alta	> 60	> 150	> 300	> 50			
* Água, 1:5 (p/v)/ EAM							
** Água, 1:5 (p/v)/ EAA							

Condutividade elétrica (mS cm ⁻¹ a 25°C)	Classificação
< 0,40	Solo sem efeitos salinos
0,41 – 0,80	Solo muito pouco salino
0,81 - 1,60	Solo pouco salino
1,61 – 2,40	Solo moderadamente salino
2,41 – 3,20	Solo fortemente salino
> 3,20	Solo muito fortemente salino
Suspensão solo:água 1:2 (p/v) - Condutimetria	

Legenda:	
EAA	- Espectrofotometria de Absorção Atômica
GFAAS	- Espect. Absorção Atômica em forno de grafite
EAM	- Espectrofotometria de Absorção Molecular
AAAc	- Acetato de Amónio+Ácido Acético

ANEXO V - Resultados da análise estatística do inventário florestal de 2022

Variável DAP (cm)

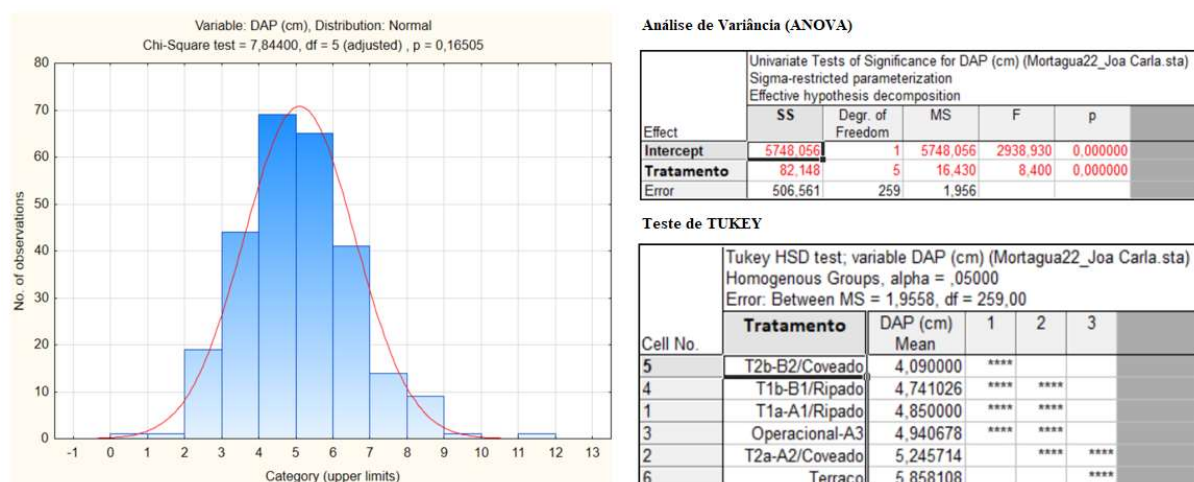


Figura IV - Resultado de teste de normalidade, ANOVA e teste de TUKEY (variável DAP), 2022

Variável H (m)

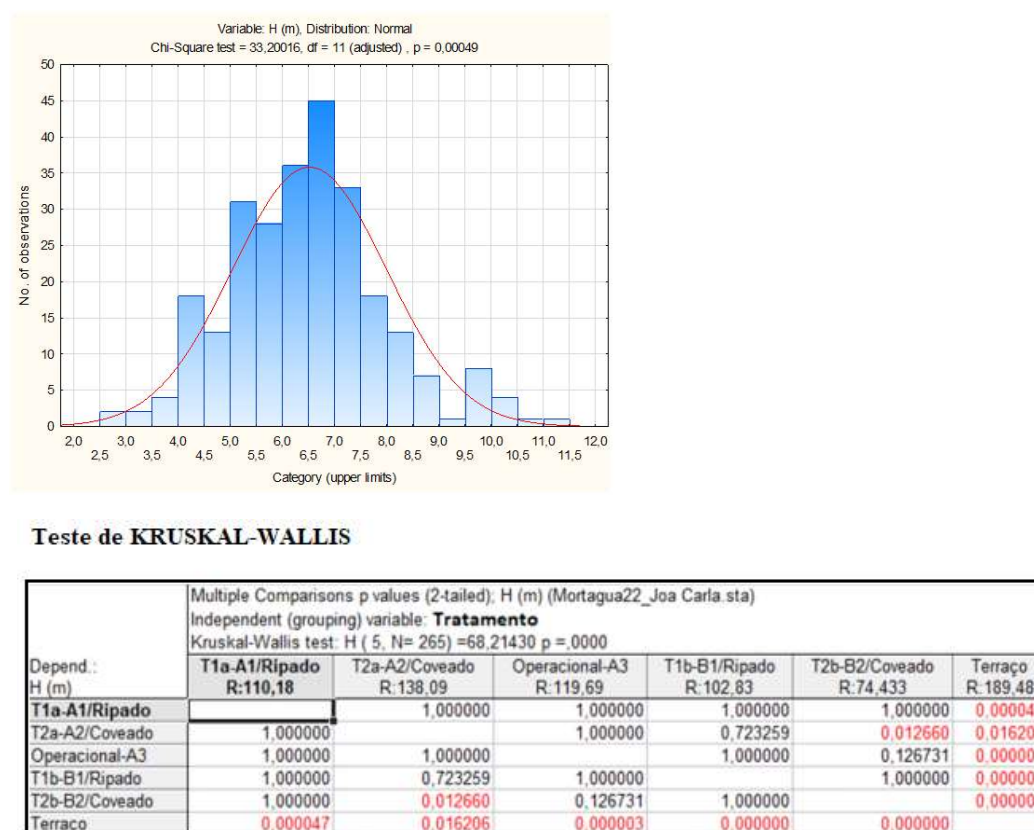
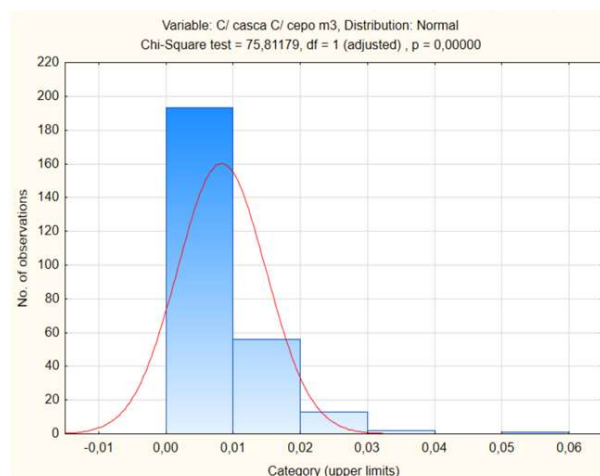


Figura V - Resultado de teste de normalidade, teste de KRUSKAL-WALLIS (variável H), 2022

Variável Vol. c/ casca e c/ cepo (m³)



Teste de KRUSKAL-WALLIS

		Multiple Comparisons p values (2-tailed); C/ casca C/ cepo m3 (Mortagua22_Joa Carla.sta)					
		Independent (grouping) variable: Tratamento					
		Kruskal-Wallis test: H (5, N= 265) =49,66340 p = ,0000					
Depend.:		T1a-A1/Ripado	T2a-A2/Coveado	Operacional-A3	T1b-B1/Ripado	T2b-B2/Coveado	Terraço
C/ casca C/ cepo m3		R:116,32	R:144,11	R:123,46	R:111,76	R:72,333	R:177,45
T1a-A1/Ripado			1,000000	1,000000	1,000000	0,434240	0,004868
T2a-A2/Coveado		1,000000		1,000000	1,000000	0,002506	0,509642
Operacional-A3		1,000000	1,000000		1,000000	0,043989	0,000814
T1b-B1/Ripado		1,000000	1,000000	1,000000		0,512503	0,000222
T2b-B2/Coveado		0,434240	0,002506	0,043989	0,512503		0,000000
Terraço		0,004868	0,509642	0,000814	0,000222	0,000000	

Figura VI - Resultado de teste de normalidade, teste de KRUSKAL-WALLIS (variável Vol.), 2022

ANEXO VI - Resultados da análise estatística do inventário florestal de 2024

Variável H (m)

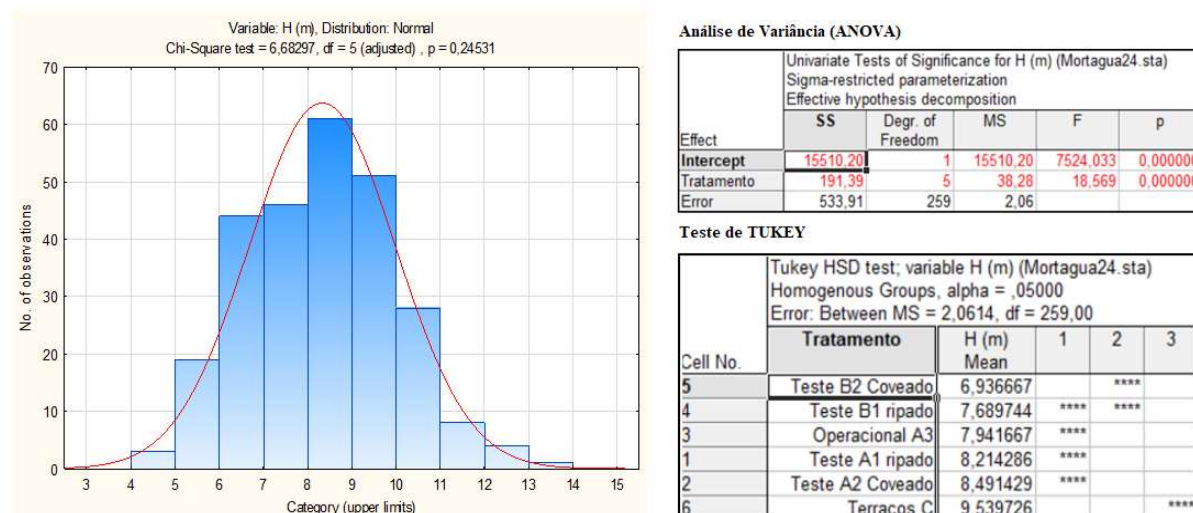


Figura VII - Resultado de teste de normalidade, ANOVA e teste de TUKEY (variável H), 2024

Variável DAP (cm)

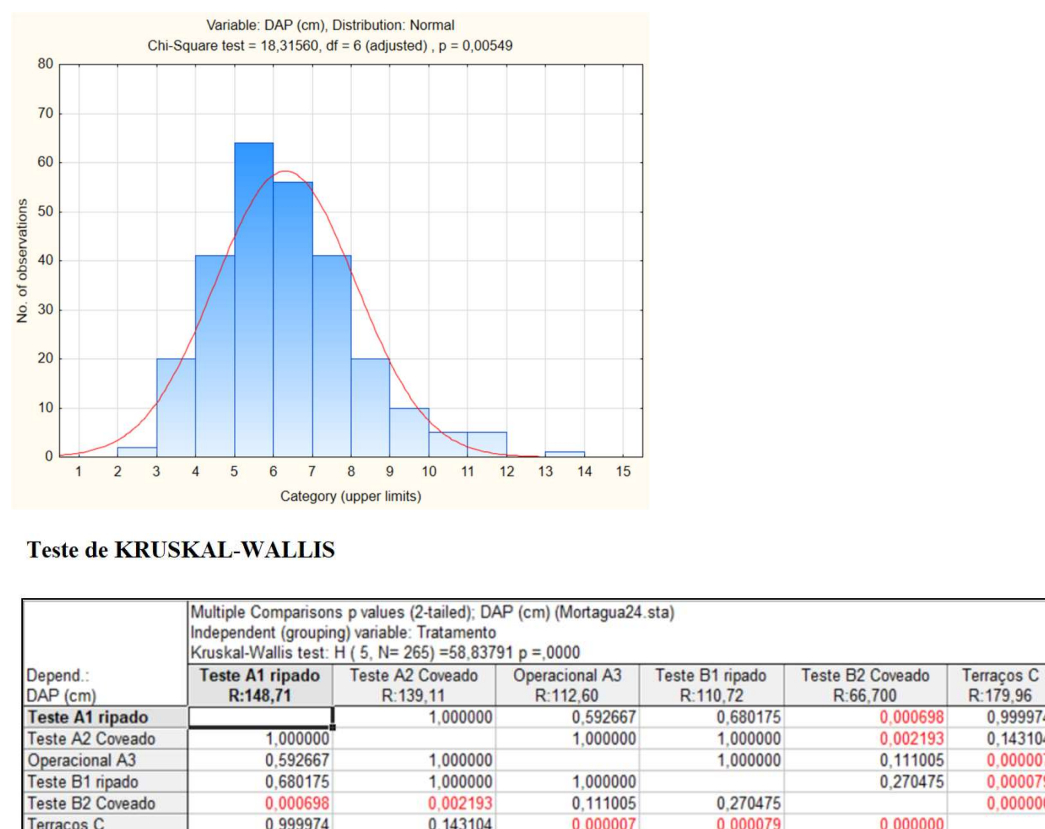
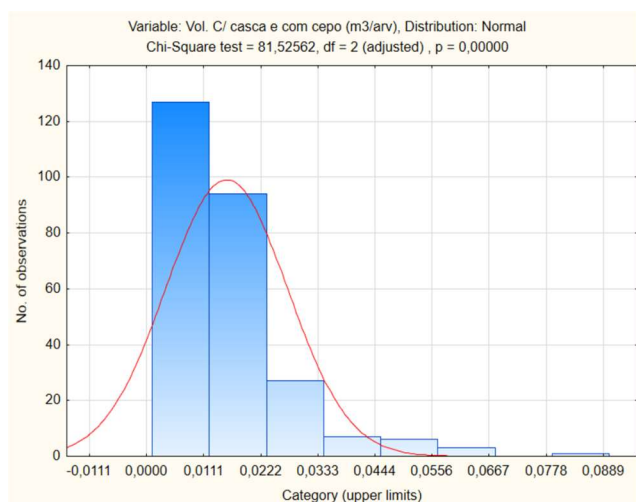


Figura VIII - Resultado de teste de normalidade, teste de KRUSKAL-WALLIS (variável DAP), 2024

Variável Vol. c/ casca e c/ cepo (m³)

Avaliação dos diferentes tipos de mobilização do solo e tratamento de sobranes, aplicados em ensaio de *Eucalyptus globulus* Labill., instalado em Mortágua



Teste de KRUSKAL-WALLIS

Depend.: Vol. C/ casca e com cepo (m3/av)	Multiple Comparisons p values (2-tailed); Vol. C/ casca e com cepo (m3/av) (Mortagua24 sta) Independent (grouping) variable: Tratamento Kruskal-Wallis test: H (5, N= 265) =63,99240 p =,0000					
	Teste A1 ripado R:143,54	Teste A2 Coveado R:140,06	Operacional A3 R:113,83	Teste B1 ripado R:107,15	Teste B2 Coveado R:64,850	Terraços C R:183,15
Teste A1 ripado		1,000000	1,000000	0,829716	0,001401	0,300895
Teste A2 Coveado	1,000000		1,000000	0,978157	0,001203	0,093633
Operacional A3	1,000000	1,000000		1,000000	0,064009	0,000003
Teste B1 ripado	0,829716	0,978157	1,000000		0,345508	0,000009
Teste B2 Coveado	0,001401	0,001203	0,064009	0,345508		0,000000
Terraços C	0,300895	0,093633	0,000003	0,000009	0,000000	

Figura IX - Resultado de teste de normalidade, teste de KRUSKAL-WALLIS (variável Vol.), 2024