



INSTITUTO POLITÉCNICO DE COIMBRA
ESCOLA SUPERIOR AGRÁRIA

Impactes da intensidade de mobilização do solo em plantações de eucalipto

Vítor Emanuel de Oliveira Portugal Marques Moço

Relatório de Estágio Profissionalizante para obtenção do Grau de
Mestre em Gestão Ambiental

Orientador: Daniela Santos - ESAC

Coorientador: Cádio Teixeira - RAIZ

Coimbra, 2019



INSTITUTO POLITÉCNICO DE COIMBRA
ESCOLA SUPERIOR AGRÁRIA

Impactes da intensidade de mobilização do solo em plantações de eucalipto

Vítor Emanuel de Oliveira Portugal Marques Moço

Orientador: Daniela Santos - ESAC

Coorientador: Cádio Teixeira - RAIZ

Relatório de estágio profissionalizante apresentado à Escola Superior Agrária de Coimbra para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de mestre em Gestão Ambiental.

Coimbra, 2019

“A nossa maior glória não reside no fato de nunca cairmos, mas sim em levantarmo-nos sempre depois de cada queda.”

Oliver Goldsmith

Agradecimentos

Difícil de dizer a quem agradecer, pois foram muitas as pessoas que me ajudaram direta ou indiretamente, neste meu percurso, que se torna difícil de fazer uma enumeração.

Aos meus pais e avós, Vítor e Graça, Celeste e Luís, foram o meu suporte durante um período menos favorável na minha vida pessoal, eles estiveram lá para me dar força e coragem para ultrapassar as dificuldades que eu estava a enfrentar.

À minha filha, Gabriela, que embora pequenina, foi nela que eu me “agarrei” e encontrei as forças necessárias para conseguir chegar até aqui. *Gaby* o papá ama-te muito!

Madrinha Lete, Padrinho Ulisses, primos Sara e Rui, o meu muito obrigado por tudo.

Ao meu orientador, Eng.º Cláudio Teixeira, um excelente profissional, sem ele também este projeto não seria possível, a partilha do seu conhecimento foi bastante importante e enriquecedor, além de um bom chefe é um ótimo líder de trabalho.

À Professora Daniela Santos, pelo seu empenho e dedicação que prestou ao longo do meu percurso académico.

Aos meus colegas de mestrado, excelentes pessoas que acompanharam o meu percurso, tanto pessoal como profissional, em que o seu apoio foi muito importante também.

A todos os meus colegas de equipa de trabalho, pelo companheirismo e palavras de encorajamento.

A todos os que acreditaram em mim.

Obrigado! Bem hajam todos.

Resumo

O presente relatório de estágio resulta dos estudos, realizados no âmbito da Investigação e Consultoria Florestal do RAIZ, relativos à preparação do terreno, para a instalação das espécies florestais. Independentemente do tipo de cultura, agrícola ou florestal, a preparação do solo é uma das etapas que mais pode impactar o ambiente, principalmente os recursos solo e água, sendo assim preponderante o seu estudo para uma utilização adequada das práticas ou técnicas a cada local.

Assim, e uma vez que os solos florestais em Portugal na sua generalidade apresentam um baixo nível de fertilidade e na sua maioria são pouco profundos, pretendeu-se neste trabalho avaliar a resposta da espécie *Eucalyptus globulus* à mobilização do solo, pela aplicação de diferentes intensidades de ripagem do solo.

Em novembro de 2017, foi instalado um ensaio numa propriedade alvo de rearborização de um povoamento de eucalipto em final de segunda rotação, localizada no concelho de Mortágua, onde foram aplicados dois tratamentos com diferentes intensidades de ripagem do solo. O Tratamento 1 consistiu de uma ripagem com um ferro ou dente de ripper e o Tratamento 2 de uma ripagem com 3 ferros (dentes) de ripper. Em ambos os tratamentos foram efetuados o mesmo tipo de gestão de sobrantes ou resíduos de corte.

Os resultados obtidos a partir dos parâmetros dendrométricos, altura e sobrevivência das árvores indicam que ao fim de 1,5 anos de idade do povoamento, não há diferenças significativas nas alturas das árvores, nem na sua taxa de sobrevivência entre os dois tratamentos. Também não foram observadas diferenças significativas entre tratamentos relativamente ao nível da fertilidade do solo. Em termos de custos das operações florestais, no que diz respeito à ripagem, com a aplicação do Tratamento 1 (menos intensivo) é possível obter uma redução de cerca de 153 €/ha.

Palavras-chave: *Eucalyptus globulus*, Preparação do Terreno, Ripagem, Solo.

Abstract

This internship report is the result of studies carried out in the context of RAIZ's Forest Research and Consulting, concerning the preparation of the ground for the installation of forest species. Regardless of the type of crop, agricultural or forestry, soil preparation is one of the stages that can most impact the environment, especially the soil and water resources, and thus its study is predominant for an appropriate use of practices or techniques at each location.

Since the forest soils in Portugal generally present a low level of fertility and are mostly shallow, the aim of this work was to evaluate the response of *Eucalyptus globulus* species to soil tillage by applying different intensities of soil ripping.

In November 2017, a trial field was installed on a targeted property where a second-rotation eucalyptus reforestation was made, located in the municipality of Mortágua, where two treatments with different soil ripening intensities were applied. Treatment 1 consisting of ripping with an iron or ripper teeth and Treatment 2 of ripping with 3ripper teeth. In both treatments the same type of management of cutting residues was performed.

The results indicate that, up to 1.5 years of age of the forest stand, the implementation of the two treatments, with different intensities of soil tillage, did not cause significant differences in tree heights or survival rate, there was no effect on forest productivity. The same happened for soil fertility. In terms of the forestry operations cost, with respect to ripping, by applying treatment 1 (less intensive) can be achieved a reduction of around 153 € / ha.

Keyword: *Eucalyptus globulus*, Ripping, Soil, Soil Tillage.

Índice

1. Introdução	1
2. Revisão bibliográfica	3
2.1. Solo	3
2.1.1. Conceito de solo	3
2.1.2. Perfil do solo	4
2.1.5. Conservação do solo	8
2.2. Operações e métodos de mobilização do solo	9
2.2.1. Operações manuais	10
2.2.2. Operações mecanizadas	11
2.2.3. Legislação	14
2.3. <i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	15
2.3.1. O Eucalipto	15
2.3.2. A floresta portuguesa e a cultura do eucalipto	16
2.3.3. Origem, difusão e importância económica da cultura	18
3. Material e Métodos	20
3.1. Caracterização da área de estudo	20
3.1.1. Localização	20
3.1.2. Caracterização climática	21
3.1.2.1. Temperatura	21
3.1.2.2. Precipitação	22
3.1.3. Caracterização edáfica	24
3.2. Histórico silvícola da área de estudo	25
3.3. Delineamento experimental	25
3.4. Atividades de monitorização realizadas na área de ensaio	28
4. Resultados e Discussão	30
5. Conclusão	33
Referências Bibliográficas	34
Glossário	39
ANEXOS	40

Índice de Tabelas

Tabela I: Tipos e Efeitos da degradação do solo (USP/EACH - Curso de Gestão Ambiental - ACH1085 Natureza e Tipos de Solos - Prof. Dr. Homero Fonseca Filho).	7
Tabela II: Tipos de Degradação (USP/EACH - Curso de Gestão Ambiental - ACH1085 Natureza e Tipos de Solos - Prof. Dr. Homero Fonseca Filho).....	8
Tabela III: Medidas para conservação do solo e da água. (Ministério da Agricultura do Desenvolvimento Rural e das Pescas, - Manual Básico das Práticas Agrícolas).	9
Tabela IV: Benefícios Ripagem ou Subsolagem.....	12
Tabela V: Cuidados a ter com a utilização da vala e câmoros e suas utilidades.	13
Tabela VI: Indicações para a utilização da lavoura.....	14
Tabela VII: Evolução dos diferentes usos do solo em Portugal ao longo de 15 anos (INF6).	18
Tabela VIII: Dados climáticos do local de ensaio (segundo as cartas climáticas de precipitação total anual (mm), número de dias de precipitação e tipo de Verão (de acordo com a classificação de Daveau <i>et al.</i> , 1988) e precipitação total (mm) dos meses de Junho, Julho e Agosto).....	23
Tabela IX: Caracterização dos perfis médios de solo avaliados na área de estudo.	24
Tabela X: Caracterização química das áreas de estudo: densidade aparente (Dap), pH(H ₂ O), matéria orgânica (MO), P _{extraível} (P ₂ O ₅), K _{extraível} (K ₂ O).Amostragem de solo realizada em junho 2017.	28
Tabela XI: Caracterização química das áreas de estudo: bases de troca (K, Ca, Mg, Na), grau de saturação em bases (V), acidez de troca (AT), capacidade de troca catiónica (CTC) e micronutrientes (B, Cu, Zn, Fe e Mn).Amostragem de solo realizada em junho 2017.	29
Tabela XII: Apresentação dos resultados das duas monitorizações realizadas em outubro 2018 e maio 2019 para os parâmetros acréscimo em altura (H) e taxa de sobrevivência (Sob.) das plantas aos 0,9 anos e 1,5 anos respectivamente.	30
Tabela XIII: Caracterização química das áreas de estudo: densidade aparente (Dap), pH(H ₂ O), matéria orgânica (MO), P _{extraível} (P ₂ O ₅), K _{extraível} (K ₂ O).Amostragem de solo realizada em maio 2019.	32
Tabela XIV: Caracterização química das áreas de estudo: bases de troca (K, Ca, Mg, Na), grau de saturação em bases (V), acidez de troca (AT), capacidade de troca catiónica (CTC) e micronutrientes (B, Cu, Zn, Fe e Mn). Amostragem de solo realizada em maio 2019.	32
Tabela XV: Preços das operações de ripagem (adaptado da tabela de operações e custos apresentados pela CAOF, 2015/2016)..	32

Índice de Figuras

Figura 1: Percentagem dos Constituintes do Solo (Nota: a percentagem de matéria orgânica varia de região para região no Globo (Pádua 2003).	3
Figura 2: Esquemática de um perfil de solo (“Estudo do Solo” - Ensino experimental no bosque de Casal do Rei – regeneração da biodiversidade após o fogo).....	5
Figura 3: Ilustração de um solo degradado (https://escolaeducacao.com.br/degradacao-do-solo-resumo-o-que-e-tipos-como-ocorre/)	6
Figura 4: Operações de mobilização do solo, forma de execução, impacto e métodos. Fonte: http://www2.icnf.pt/portal/florestas/gf/documentos-tecnicos/resource/doc/Boas-Praticas-Florestais.pdf	10
Figura 5: Evolução das áreas por espécie florestal, IFN6.	17
Figura 6: Localização da área de estudo.	20
Figura 7: Temperaturas máximas (linha vermelha) e mínimas (linha azul) médias, com faixas do 25º ao 75º e do 10º ao 90º percentil. As linhas finas pontilhadas são as temperaturas médias percebidas correspondentes (https://pt.weatherspark.com).....	21
Figura 8: Probabilidade diária de ocorrência de precipitação ao longo das estações secas e húmidas (https://pt.weatherspark.com).	22
Figura 9: Precipitação média acumulada durante o ano (https://pt.weatherspark.com)...	22
Figura 10: Gráfico ombrotérmico do Distrito de Viseu, Clima Mediterrânico de Verões Frescos Cbs	23
Figura 11: Exemplo de equipamentos utilizados na implementação da área de ensaio (imagem da esquerda exemplo de gradagem e imagem da direita exemplo de ripagem com 2 dentes).....	26
Figura 12: Localização da área de ensaio e dos diferentes tratamentos aplicados (T1 – ripagem com 1 ferro; T2 – ripagem com 2+1 ferros).....	27

1. Introdução

A preparação do terreno é a primeira etapa da sequência de operações realizadas numa plantação de eucalipto, condicionando muitas vezes o sucesso de todo o empreendimento florestal. Tem como função diminuir a resistência do solo à penetração das raízes das plantas e controlar a vegetação espontânea e/ou os sobrantes remanescentes da cultura anterior para possibilitar a operacionalização da subsequente plantação. Esta etapa pode envolver dois processos, o de limpeza do coberto vegetal, que deve ocorrer apenas quando necessário e de preferência de modo localizado, e o de mobilização do solo propriamente dito. Estes processos podem ser realizados de forma combinada ou isolada, de acordo com as características ambientais e tipo de coberto vegetal de cada área (Barros e Novais, 1990; Pereira *et al.*, 1996; Gonçalves *et al.*, 2000; Madeira *et al.*, 2007; Soares *et al.*, 2007; CELPA, 2016). Nos solos tipicamente de uso florestal, geralmente solos pouco profundos, como por exemplo os Leptosolos (profundidade < 25 cm), a mobilização do solo procura também promover, numa escala de muito longo prazo, a aceleração da sua formação, quebrando a rocha originária em frações menores e libertando assim nutrientes presentes em minerais primários para a fração lábil do solo (MADRP, 1999; Soares *et al.*, 2007).

Sendo a preparação do solo uma prática de elevado impacto ambiental sobre o próprio solo e a água, é preponderante a melhor adequação das técnicas às condições locais. As práticas de intervenção no solo devem, por isso, ser restringidas ao mínimo necessário para a cultura atingir níveis de produção ótimos (relação custo - crescimento – preservação do ambiente). Os principais fatores a considerar na decisão sobre as técnicas de preparação do terreno são: i) coberto vegetal; ii) topografia; iii) características do solo (profundidade, estrutura, textura). Assim, o uso inadequado do solo pode reduzir o seu potencial para cultivo e afetar a sua conservação, causando por exemplo a aceleração da decomposição da matéria orgânica, erosão das camadas superficiais do solo, compactação, redução da disponibilidade de água e nutrientes do solo e contaminação dos cursos de água, como referido em diversos estudos científicos (Brady *et al.*, 1999; Gonçalves, 2002; Madeira *et al.*, 2007; Carvalho e Lourenço, 2014). É também uma operação dispendiosa, pois envolve, frequentemente, vários tipos de maquinaria, representando em média 60 a 70% dos custos de reflorestação dos eucaliptais.

Este trabalho pretendeu estudar o impacte da intensidade de mobilização do solo no crescimento e sobrevivência de um povoamento de eucalipto bem como na fertilidade do solo e no custo das operações.

2. Revisão bibliográfica

2.1. Solo

2.1.1. Conceito de solo

Segundo a ISO 11074-1 de 1/08/1996 o solo é a camada superficial da crosta terrestre constituída por partículas minerais, matéria orgânica, água, ar e organismos vivos (Figura 1).

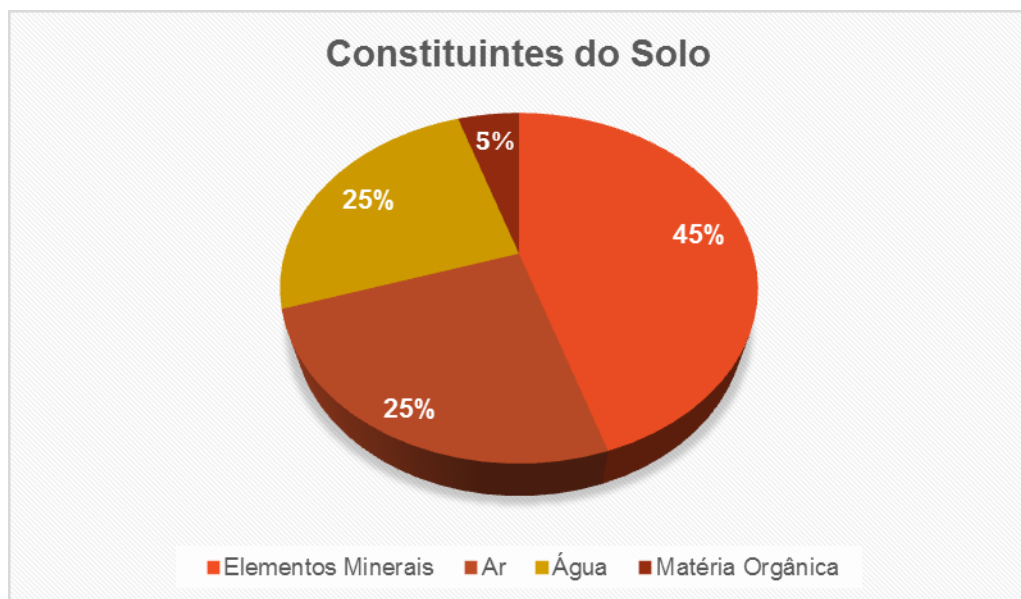


FIGURA 1: Percentagem dos Constituintes do Solo (Nota: a percentagem de matéria orgânica varia de região para região no Globo (Pádua, 2003)). Fonte: https://pt.wikipedia.org/wiki/Solo#A_composiçao_do_solo.

O solo faz parte do planeta Terra cobrindo toda a sua superfície entre a litosfera e a atmosfera. Este resulta da meteorização do material de origem – Rocha-Mãe, cujo processo decorre sob ação de fatores como a precipitação, erosão eólica/hídrica, relevo e ação de microrganismos existentes no solo ao longo do tempo. Segundo Dokouchaive (década de 70 do séc. XIX), os fatores de formação do solo são de dois tipos: Fatores Ativos (tais como o clima e os microrganismos) e Fatores Passivos (tais como a rocha-mãe, o relevo e o tempo de formação).

Para Coimbra e Tibúrcio (2002) o solo é um bem limitado no tempo por ser um recurso não renovável à escala humana. Segundo a FAO (Haberli *et al*, 1991) pode levar cerca de 1000

anos para se formar 1 centímetro de solo. Também Adas (1998) corrobora a ideia do processo de formação do solo ser muito lento, ou seja, por cada centímetro de solo serem necessários entre 100 a 2500 anos para a sua formação. Assim, são necessários vários séculos para a sua formação e apenas dias/meses para a sua degradação (Lal, 1997).

O solo é um recurso natural com uma das maiores importâncias socioeconómicas, é dele que provém a nossa alimentação e oferece condições para erguer edificações e construção de vias de comunicação que permitem a nossa sobrevivência. No entanto, apesar da sua importância socioeconómica, é um dos recursos naturais com mais problemas de degradação física, química e biológica. Tudo isto deve-se não só a causas naturais, mas na maior parte das vezes à ação humana (Gomero e Velasquez, 1999).

A cobertura vegetal é o que sustenta o solo e previne não só a erosão natural, como contribui para melhorar o processo de formação do mesmo, digamos que a vegetação é como se de um escudo protetor se tratasse. Mas com o aumento da população mundial, há maiores necessidades de se obter meios de alimentação para garantir a nossa sobrevivência, e como tal, há uma maior procura de área de solo disponível para cultivo. Assim, ao dar novo uso ao solo, o Homem remove o coberto vegetal original e inverte a camada superficial do solo que é a camada mais arável e fértil, rompendo com a continuidade de poros e agregados da estrutura inicial, com os ciclos de nutrientes e ciclos de vida dos organismos do solo. Este processo ao longo dos tempos e sem o seu devido controlo e gestão contribui para a aceleração do processo de erosão, ou seja, degradação do solo nas suas componentes física, química e biológica (Gonçalves *et al.*, 2001; Silva, 2003).

O solo é o componente do ecossistema que desempenha um papel fundamental para toda a vida terrestre, seja ela animal ou vegetal, funciona como um filtro e reservatório de água, é também reservatório natural de vários elementos químicos e serve de suporte para o desenvolvimento da vida na Terra (Rech e Lopes, 2008).

2.1.2. Perfil do solo

Perfil de solo é uma seção ou corte vertical que começa na superfície e aprofunda-se até ao contato lítico (rocha). Através da abertura de um perfil de solo é possível observar uma série de subsecções ou camadas dispostas paralelamente à superfície do terreno, chamadas de horizontes pedogenéticos. Estes horizontes possuem atributos morfológicos

resultantes dos efeitos combinados dos processos de formação do solo. Assim, através da abertura de um perfil de solo, consegue-se observar as diferentes camadas existentes e avaliar um conjunto de características de diagnóstico, tais como a cor, estrutura, textura, pedregosidade, compactação e profundidade (Figura 2).



FIGURA 2: Esquematização de um perfil de solo (Fonte: “Estudo do Solo” - Ensino experimental no bosque de Casal do Rei – regeneração da biodiversidade após o fogo).

2.1.3. Importância do solo na produtividade florestal

A qualidade da estação e a produtividade florestal futura é determinada pela ação, intensidade e interação de diversos fatores do meio e influenciada fortemente pelo Homem através das práticas de gestão florestal. Vários autores têm estudado a relação entre produtividade florestal e as características do meio ambiente. São de destacar as variáveis climáticas (tais como a precipitação, radiação e temperatura), variáveis topográficas (tais como exposição, declive, forma do relevo, posição na paisagem e altitude) e por fim as variáveis edáficas (relacionadas com as características químicas, físicas e biológicas do solo) (Fabres *et al.*, 1987; Noble *et al.*, 1991; Amaral, 1999; Braga *et al.*, 1999; Varennes, 2003).

Apesar das produtividades das culturas apresentarem resultados diferentes também devido às condições ambientais, ou seja, temperaturas e precipitação, que variam de região para região, são as características do solo tais como a fertilidade e a capacidade de armazenamento de água, que afetam principalmente a produtividade florestal, sendo estes os fatores limitantes (Whitehead e Beadle, 2004). Em Portugal, tem-se verificado que a produtividade de biomassa nos povoamentos de eucalipto são muito variáveis consoante a fertilidade do solo (Soares *et al.*, 2007). No entanto, existem outras características de solo que podem afetar a produtividade do Eucalipto, tais como a profundidade efetiva, a pedregosidade, a textura e a densidade aparente (nível de compactação). Estes fatores juntamente com a fertilidade vão influenciar a taxa de infiltração da água, a capacidade para o armazenamento da água, a facilidade ou dificuldade de mecanização e a distribuição de determinados nutrientes no solo.

Na fertilidade do solo, destaca-se a matéria orgânica como principal fonte de azoto, enxofre, fósforo e boro, e ainda pelo efeito sobre a capacidade de troca catiónica e na capacidade de retenção da água (Cortez, 1996; Azevedo, 2000; Fabres, 2004). Assim, quanto maior o teor de matéria orgânica de um solo e maior a presença de nutrientes no mesmo, melhor será a capacidade de absorção das raízes das plantas. Permitirá não só um melhor desenvolvimento do sistema radicular das plantas (maior densidade de raízes e raízes mais profundas), fundamental para a nutrição adequada das mesmas, como também favorece um maior crescimento aéreo da planta e, conseqüentemente, maior produtividade das culturas (Malavolta, 1976; Coutinho, 1989; Cortez, 1996).

2.1.4. Degradação do solo e tipo de degradação

A degradação do solo (Figura 3) consiste na alteração das propriedades do solo que conduzem a efeitos negativos sobre uma ou várias funções do mesmo solo (ISO 11074-1:1996).



FIGURA 3: Ilustração de um solo degradado (*Fonte:* <https://escolaeducacao.com.br/degradacao-do-solo-resumo-o-que-e-tipos-como-ocorre/>)

Em 1992, a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, através do documento *Agenda 21*, considerou a degradação da Terra o mais grave problema ambiental. Além disso reconheceu a dificuldade de controlar o processo de erosão, redução dos problemas de salinização, encharcamento, poluição e perda de fertilidade do solo, especialmente em países em desenvolvimento. É inevitável que a intervenção humana nos ecossistemas provoque algum tipo de degradação ambiental. Assim, existem agentes pontuais como a agricultura, a silvicultura, a exploração de minério, a deposição de resíduos, a contaminação química de solos e a desflorestação, e agentes globais tais como as alterações climáticas, que terão de algum modo impactes negativos sobre o solo. A combinação destes agentes contribui, em muito, para a degradação das propriedades químicas e físicas do solo (Tabela I).

TABELA I: Tipos e Efeitos da degradação do solo (*Fonte:* USP/EACH - Curso de Gestão Ambiental - ACH1085 Natureza e Tipos de Solos - Prof. Dr. Homero Fonseca Filho).

Tipo	Problemas	Causados por	Efeitos
Físicos	Erosão	Energia Eólica, Precipitação, Declives acentuados, Uso Inapropriados de Maquinarias.	Perda de camada útil de solo, diminuição da fertilidade de solo.
	Compactação	Uso Inapropriado de Maquinaria.	Redução dos espaços vazios entre as partículas de solo, diminuindo assim o volume.
Químicos	Lixiviação	Silvicultura, Pastoreio, Desflorestação, Incêndios.	Processo erosivo que ocorre a partir da lavagem da camada superficial do solo pelo escoamento das águas superficiais até à camada mais profunda e/ ou lençóis freáticos.
	Salinização	Adoção de métodos inadequados/ ou práticas intensivas na agricultura.	Acumulação de sais no solo tornando-o infértil e até desertificação.

A FAO alerta para o aumento da degradação dos solos a nível mundial, devido às práticas inadequadas de manuseamento da terra (artigo publicado na “**ONU News**” em 5/12/2017). Ainda no seguimento da notícia em questão, cerca de 33% dos solos globais estão degradados, sendo que se considera quatro tipos de degradação do solo: i) erosão; ii) química; iii) física; e iv) biológica (Tabela II).

TABELA II: Tipos de degradação do solo (*Fonte:* USP/EACH - Curso de Gestão Ambiental - ACH1085 Natureza e Tipos de Solos - Prof. Dr. Homero Fonseca Filho).

Tipo	Causas
Erosão	Desestruturação dos agregados do solo, perda de horizontes.
Química	Perda de nutrientes, salinização, lixiviação, poluição.
Física	Compactação, excesso ou falta de água, impermeabilização.
Biológica	Redução de biomassa e de biodiversidade – Hernâni <i>et al.</i> (2002)

Em Portugal a erosão provocada pela precipitação é a principal causa de degradação do solo, as consequências deste efeito são a perda de partículas da camada superficial reduzindo a espessura e a fertilidade, outra consequência é o assoreamento de rios e albufeiras. Consoante a constituição química e física do solo, o processo de erosão é variável, isto é, os solos de textura franco-arenosa, franca, franca-limosa e limosa, de reduzido teor em matéria orgânica, têm uma elevada suscetibilidade à erosão enquanto os solos com mais de 40% de teor de argila na sua constituição possuem uma baixa suscetibilidade (Dossier Técnico Vida Rural, 2017). Por outro lado, as atividades humanas tais como a desflorestação e o uso incorreto de processos de mobilização de solo, associado a zonas de declives acentuados, aceleram o processo erosivo.

2.1.5. Conservação do solo

Segundo Santos *et al.* (2003), todas as práticas antropogénicas aplicadas no solo são potencialmente prejudiciais, uma vez que o solo é um sistema dinâmico e organizado, nas suas propriedades químicas, físicas e biológicas. Assim, é fundamental disciplinar o Homem na aplicação destas práticas e promover a conservação do solo. Neste sentido, foi elaborado o “*Manual de Boas Práticas Florestais*”, de responsabilidade da DGF – Direção Geral das Florestas, do qual consta um conjunto de medidas e práticas a serem tomadas para promover o uso sustentável do solo (Tabela III).

TABELA III: Objetivos e condicionantes na mobilização do solo. Adaptados do “Manual de Boas Práticas Florestais”.

Mobilização do Solo	
Objetivos	Além do controlo da vegetação espontânea, melhorar algumas das suas características físicas, nomeadamente a porosidade e as capacidades de retenção e infiltração hídricas, e facilitar ou melhorar o desenvolvimento do sistema radical das plantas a instalar.
Condicionantes	Algumas mobilizações do solo, pelo elevado grau de exposição a que o mesmo fica sujeito, contribuem para aumentar os riscos de erosão. Nestes casos assume maior importância a escolha de métodos de mobilização parcial (em faixas, por exemplo), de forma a aumentar a protecção do solo
	A mobilização do solo em curva de nível, quando comparada com mobilizações realizadas segundo outras orientações, origina taxas de retenção e infiltração hídricas superiores e, conseqüentemente, menores riscos de erosão;
	Tem-se constatado que as mobilizações do solo originam, a médio prazo, e de forma tanto mais evidente quanto mais intensas e profundas se apresentem, uma deterioração das suas características físicas e químicas, verificando-se, nomeadamente, a redução da porosidade, da matéria orgânica e dos nutrientes disponíveis;
	Quando o solo está muito seco aumentam as exigências em esforço mecânico para a sua mobilização (o que provoca um acréscimo de custos, quer em energia quer em equipamento), correndo-se ainda o risco de o solo se fraccionar em blocos de terra compactos com maior ou menor dimensão; quando os teores de humidade são muito elevados manifesta-se uma tendência para a deterioração de algumas características do solo, designadamente em termos de estrutura (diminuição da estabilidade dos agregados) e de porosidade.

2.2. Operações e métodos de mobilização do solo

A mobilização do solo, qualquer que seja o tipo de cultura pretendida, permite atingir objetivos benéficos não só para a cultura, mas também para a estrutura do solo. Um solo bem formado deve providenciar água, oxigénio e nutrientes essenciais para o desenvolvimento da planta (Adaptado de: <https://acientistaagricola.pt/preparacao-do-solo/>).

As operações de mobilização do solo podem ser executadas de duas formas, manual ou mecânica, e cada uma delas com impactes diferentes nos horizontes de solo mobilizado. Além disso, o solo pode ser mobilizado segundo três métodos diferentes consoante o pretendido (Figura 4).

No presente trabalho a mobilização do solo foi **mecânica e total** relativamente à gradagem realizada em toda a área da parcela; foi **mecânica e em linhas** relativamente a ambos os tratamentos de ripagem (1 ferro e 2 ferros + 1 ferro). De salientar ainda que o impacto é

maior no caso do Tratamento 2 na medida em que há maior compactação do solo, uma vez que são feitas duas passagens, uma num sentido com dois ferros e a outra no sentido inverso com um ferro. Em nenhum dos tratamentos ocorre a inversão de horizontes. Em ambos os tratamentos a ripagem foi executada segundo as curvas de nível.

Os próximos subcapítulos são referentes aos diferentes tipos de mobilizações e preparações de terreno (adaptado do livro “Boas Práticas Florestais” - <http://www2.icnf.pt/portal/florestas/gf/documentos-tecnicos/resource/doc/Boas-Praticas-Florestais.pdf>).



FIGURA 4: Operações de mobilização do solo, forma de execução, impacto e métodos. (Fonte: <http://www2.icnf.pt/portal/florestas/gf/documentos-tecnicos/resource/doc/Boas-Praticas-Florestais.pdf>).

2.2.1. Operações manuais

As operações de mobilização de solo realizadas de forma manual são executadas consoante as condições impostas pelo local onde se realizará a plantação, bem como a escolha das ferramentas a utilizar. Assim, em zonas com declive elevado (> 35%) e na presença de afloramentos rochosos, onde é quase impossível a utilização de maquinarias, opta-se por usar técnicas manuais, tais como a abertura de covas ou de covachos, utilizando ferramentas como a enxada, pá ou picareta. Estas técnicas manuais têm como

objetivo criar volume de solo útil e localizado para receber a planta, criando desta forma condições para um bom desenvolvimento do sistema radicular da planta.

2.2.2. Operações mecanizadas

As operações de mobilização do solo com recurso a maquinaria são mais intensivas do que as operações manuais. Sendo que, as operações mais utilizadas a nível mecânico são:

- a) Ripagem ou subsolagem;
- b) Abertura de vala e câmoros;
- c) Lavoura;
- d) Abertura de cova mecanizada.

Seguidamente são descritas cada uma destas operações:

A **ripagem ou subsolagem** só devem ser realizadas quando a obtenção de benefícios é inquestionável, isto porque se trata de operações bastante dispendiosas. As operações são semelhantes, diferenciando-se porque na subsolagem os dentes (*ripper*) estão equipados com aivecas o que origina um câmoros. Estas operações podem ser realizadas até 60 cm de profundidade, podendo ter como inconveniente aparente o aumento de pedregosidade no solo porque fraturam a rocha com a finalidade de aumentar a profundidade de solo e acelerar a formação do próprio solo. Deste modo, o inconveniente de aumento da pedregosidade só será real se houver mobilizações posteriores de inversão do solo que possam trazer essas pedras para a superfície do solo.

Em solos com elevado teor de argília, tal como todas as intervenções que impliquem o deslizar de peças ativas das alfaias sobre o solo, deve-se ter em conta o efeito vidrado que esta operação pode causar porque é o reflexo de alguma compactação que poderá dificultar o desenvolvimento radicular.

A ripagem ou subsolagem é uma técnica muito usada porque permite a mobilização do solo sem inversão ou mistura de camadas, prevenindo a erosão e aumentando a infiltração da água bem como a capacidade de armazenamento para a mesma. Deverá haver o cuidado de ser sempre realizada segundo as curvas de nível. Em zonas onde o risco de encharcamento é elevado, convém provocar algum declive (1 a 3%), para drenar o terreno.

Na Tabela IV são apresentados alguns dos benefícios da utilização desta técnica mecânica de mobilização do solo.

TABELA IV: Benefícios da ripagem ou subsolagem.

Benefícios da Ripagem ou Subsolagem
Quando o solo apresente níveis subsuperficiais compactos ou endurecidos (como o "calo de lavoura" e a surraipa) – inibidores de um correto aprofundamento radical e dos movimentos verticais da água no solo (podendo a última inibição ser causa quer por deficiência hídrica quer por encharcamento) – e cuja continuidade horizontal se pretenda quebrar sem recorrer a operações que impliquem inversão de horizontes.
Quando o solo tenha uma profundidade muito reduzida mas assente num substrato rochoso bastante meteorizado e desagregável em frações de pequena dimensão, o que permite aumentar a profundidade e o volume de solo útil prospectável (procurado) pelos sistemas radiculares, melhorar a capacidade de armazenamento de água no solo, incrementar os fenómenos de pedogénese e reforçar, no curto, médio e longo prazos, as quantidades de nutrientes disponíveis.

A **vala e câmor** é um tipo de mobilização do solo ou armação do terreno que é realizado com a charrua de aivecas na linha de plantação, com a particularidade de as plantas serem instaladas na meia face do câmor. A mobilização não deve exceder os 40 cm de profundidade, de modo a evitar alterações profundas que sejam reversíveis bem como o deslocamento de materiais inertes para o horizonte superficial, devendo respeitar sempre a orientação segundo as curvas de nível, fazendo-se no máximo entre 1 a 2 reviramentos. O grande objetivo desta técnica é aumentar a capacidade de retenção/infiltração de água, e consequentemente disponibilizar volume do solo para a planta. Na Tabela V são apresentados os cuidados a ter com a utilização desta técnica e quais as suas utilidades.

A **lavoura**, para além da mobilização de solo, é uma prática que ajuda no controlo de vegetação espontânea de pequeno porte. Provoca a inversão de horizontes, daí ser aconselhado fazer-se segundo a curva de nível e nunca a mais de 30 cm de profundidade. Tal como acontece na ripagem ou na subsolagem, em zonas de encharcamento pode ser feito um ligeiro declive de 1 a 3% para melhorar a drenagem do terreno. Deve-se ter em atenção o teor de argila e de humidade existente no solo, caso se verifique que se trata de solos argilosos e com elevada humidade é aconselhável não realizar esta operação. Na Tabela VI são apresentadas algumas indicações para a utilização desta operação mecânica.

TABELA V: Cuidados a ter com a utilização da vala e câmore e suas utilidades.

Cuidados a ter	Em solos argilosos, deve evitar realizar-se esta operação quando os teores de humidade se apresentam elevados, uma vez que tal propicia a formação de superfícies "vidradas".
	As extremidades das valas devem ficar abertas e desimpedidas de obstáculos, a fim de evitar excessivas acumulações de água, que poderiam, inclusivamente, levar ao rompimento dos câmores.
Utilidades	Em zonas com baixas precipitações (inferiores a 700/800 mm), onde a construção de vala e câmore, pelo facto de contribuir para um maior armazenamento de água nas zonas do solo e do subsolo mais próximas e acessíveis aos sistemas radicais das plantas instaladas no câmore, pode constituir um fator decisivo para a sobrevivência e desenvolvimento do povoamento instalado, sobretudo quando constituído por espécies mais sensíveis à transplantação (como o sobreiro e a azinheira).
	Mesmo em zonas com precipitações superiores às indicadas anteriormente, mas onde, num contexto climático de verões muito secos, o solo apresente fraca capacidade de retenção e infiltração hídrica, a vala e câmore pode igualmente contribuir para aumentar o armazenamento de água no solo, permitindo também aqui obter maiores taxas de sobrevivência e acréscimos de produção. Esta vantagem, por outro lado, é atenuada ou anulada em solos claramente permeáveis, a exemplo do que sucede, de uma maneira geral, nos solos que apresentam texturas ligeiras, entre os quais se contam a maior parte dos solos com origem granítica.
	Quando estejam presentes riscos de erosão, e na hipótese de outras medidas tomadas anteriormente não serem consideradas suficientes para os anular, podem então ser construídos sistemas de vala e câmore destinados exclusivamente ou essencialmente à prevenção de fenómenos erosivos, distanciando-se as valas de acordo com o grau de risco (mais distanciadas com riscos ligeiros ou moderados, menos distanciadas com riscos elevados ou muito elevados).
	Quando na vegetação espontânea estão presentes, em grau elevado, gramíneas rústicas e fortemente competitivas, a vala e câmore (à semelhança da lavoura), ao efetuar o seu enterramento a uma profundidade que torna muito difícil ou impossível a germinação das respetivas sementes, pode retardar o seu aparecimento na periferia das plantas recém-instaladas.

TABELA VI: Indicações para a utilização da lavoura

Indicações	Quando a vegetação espontânea possuir pequeno porte, particularmente se estiverem presentes gramíneas cuja regeneração possa ser agravada por outras operações mecanizadas (sobretudo pela gradagem).
	Em antigas áreas agrícolas sujeitas a pousios de curta duração.

Por fim, a **abertura de covas mecanizadas** consiste na mobilização de solo localizada, com auxílio de broca ou de pá de retroescavadora, pode ser aplicado em zonas com declive acentuado (> 35%), e na presença de afloramentos rochosos e onde a mão-de-obra é reduzida.

No Anexo I é possível observar os métodos de mobilização do solo preconizados na Portaria n.º 15-A de 2018 (Tabela XIV). Trata-se de uma tabela de dupla entrada (de acordo com a percentagem de declive da área a plantar e o tipo de vegetação espontânea) e cruzando as respostas obtemos as melhores opções de técnicas para a mobilização do solo.

2.2.3. Legislação

Seguidamente é apresentado um conjunto de legislação consultada na elaboração do presente relatório.

- Portaria n.º 15-A/2018, 12 de Janeiro – Estabelece as normas técnicas essenciais a considerar no âmbito de elaboração de projetos de arborização e de rearborização do respetivo processo de análise e decisão, e da sua execução;
- Portaria n.º 448-A/2001, de 3 de Maio – Regulamento de Aplicação das Ações n.ºs 3.1 e 3.2, "Apóio à Silvicultura" e "Restabelecimento do Potencial de Produção Silvícola";
- Portaria n.º 94-A/2001, de 9 de Fevereiro – Regulamento de Aplicação da Intervenção Florestação de Terras Agrícolas;
- Decreto-Lei n.º 94/98, de 15 de Abril – Normas técnicas de homologação, autorização, colocação no mercado, utilização, controlo e fiscalização de produtos fitofarmacêuticos;

- Decreto-Lei n.º 93/90, de 19 de Março, Decreto-Lei n.º 316/90, de 13 de Outubro, Decreto-Lei n.º 213/92, de 12 de Outubro e Decreto-Lei n.º 79/95, de 20 de Abril – Regime da Reserva Ecológica Nacional;
- Decreto-Lei n.º 139/89, de 28 de Abril – Proteção ao relevo natural, solo arável e revestimento vegetal;
- Decreto Regulamentar n.º 55/81, de 18 de Dezembro e Decreto-Lei n.º 28468, de 15 de Fevereiro de 1938 – Proteção de maciços arbóreos, arbustivos e de exemplares notáveis de espécies autóctones;
- Decreto-Lei n.º 468/71, de 5 de Novembro – Regime jurídico dos terrenos do domínio público hídrico.

2.3. *Eucalyptus globulus* Labill

2.3.1. O Eucalipto

O Eucalipto pertence a uma grande família de plantas, chamada *Myrtaceae*. Esta família integra atualmente mais de 5000 espécies (das quais cerca de 800 são eucaliptos) e apresenta distribuição maioritariamente tropical ou subtropical, principalmente no hemisfério Sul. Na Austrália em particular, as mirtáceas dominam a flora existente, com a presença de 75 géneros (sendo o género *Eucalyptus* o mais conhecido) e mais de 1500 espécies, a maioria das quais endémicas.

Nesta família, para além do género *Eucalyptus* com importância silvícola mundial e que inclui as mais altas plantas com flor do mundo (*Eucalyptus regnans*), podemos também encontrar algumas espécies conhecidas, como é o caso da murta (*Myrtus communis*), única planta desta família que é nativa da Europa e que serve de espécie-tipo para toda a família ou as especiarias pimenta (*Pimenta dioica* e *P. racemosa*) e cravinho (*Syzygium aromaticum*).

As mirtáceas são uma família de plantas muito diversificada, que apresenta como característica mais evidente o elevado número de estames (órgão sexuais masculinos) por flor. Nalguns géneros, como nos eucaliptos, o perianto (conjunto de pétalas e sépalas) desapareceu ou transformou-se por completo, passando os estames, pelo seu número,

dimensões e cor a desenvolver uma função de atração para os polinizadores da flor. Dividem-se historicamente em dois grandes grupos (ou subfamílias):

Myrtoideae - sempre com folhas opostas e frutos em baga, na qual se incluem por exemplo: a murta, a goiaba e a pimenta, com distribuição mais tropical ou subtropical, sobretudo nas Américas;

Leptospermoideae - com folhas alternas ou opostas e frutos em cápsula, na qual se incluem por exemplo: os eucaliptos, as urzes-de-jardim, os escovilhões em etrosideros, com distribuição subtropical a temperada, com plantas mais adaptadas a grandes períodos de seca, sendo quase exclusivas da Austrália. (<http://raiz-iifp.pt/myrtaceae-a-familia-do-eucalipto/>).

2.3.2. A floresta portuguesa e a cultura do eucalipto

O mercado económico associado ao setor florestal em Portugal apresenta saldos sistematicamente superiores a mil milhões de euros. No ano de 2012 este indicador verificou valores na ordem dos 2 milhões de euros, subindo no ano de 2017 para 2,3 mil milhões de euros (2 310 041 883 euros). No mesmo ano, a taxa das exportações sobre as importações foi na ordem dos 200%. Desde o ano de 2010, que o setor florestal em Portugal é o responsável por 10% das exportações de produtos derivados da floresta. Em 2015, o Valor Acrescentado Bruto (VAB) da silvicultura e indústrias deste ramo, representaram mais de 10 mil milhões de euros, correspondendo a 13% do VAB industrial e a 3% do VAB do PIB nacional. O sector florestal é ainda responsável pela criação de cerca de 94,3 mil (94 280) postos de trabalho, dos quais quase 68,7 mil (68 700) correspondem a empregos diretos no setor primário e indústrias transformadoras de base florestal (<http://www2.icnf.pt/portal/florestas/fileiras/econ>).

Em 2010, o uso florestal, em termos de ocupação do solo, era aquele que detinha a maior representatividade em Portugal, com cerca de 35% da área total do território nacional. Do uso florestal, destaca-se o eucalipto como a espécie dominante (26%), o que corresponde a 812 mil hectares de área ocupada (IFN6, 2013;<http://www2.icnf.pt>).

No entanto, a floresta portuguesa é muito diversificada, mas apenas três espécies florestais se destacam com maior ênfase. São elas o *Eucalypto globulus*, o *Quercus suber* e o *Pinus pinaster* (Eucalipto, Sobreiro e Pinheiro-bravo, respetivamente), como se pode observar na Figura 5 (Inventário Florestal Nacional n.º 7 – IFN6).

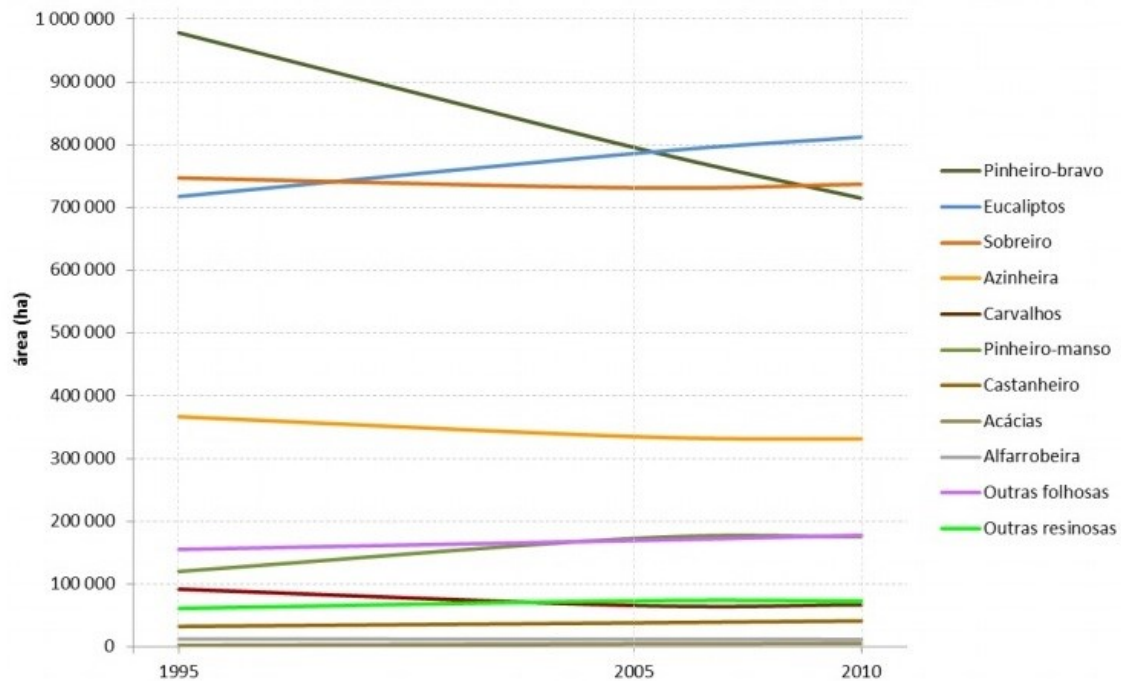


FIGURA 5: Evolução das áreas por espécie florestal (Fonte: IFN6).

Contudo, durante o século XX toda a floresta portuguesa era dominada pelo pinheiro-bravo e pelo sobreiro, responsáveis pela economia neste período, mas com as dificuldades que se fizeram sentir a partir da década de 60 nas zonas mais remotas do país, em que a população começou a emigrar para os grandes centros urbanos ou para o estrangeiro, foram deixando as terras em pousio/abandono. Para se ter uma ideia, bastou um século, de 1870 a 1970, para que a floresta portuguesa passasse de uma área ocupacional de 7% para 30%. Isto aconteceu, devido principalmente ao êxodo da população para as grandes metrópoles, ou seja, o abandono da agricultura e substituição desta por espécies florestais de rápido crescimento, sem que se tenha preocupado em manter uma devida gestão dos locais abandonados, salvo exceção do montado de sobreiro que ainda nos dias atuais é gerido através de atividades agro-silvo-pastoris (*Millennium Ecosystem Assessment*, 2019).

Na Tabela VII estão caracterizados os diferentes usos do solo em Portugal ao longo de 15 anos (1995 a 2010).

As características lenhosas do eucalipto, as qualidades ímpares como matéria-prima para o fabrico de papel e boa adaptação às condições edafo-climáticas de grande parte do

território, tornam esta espécie florestal a mais requisitada nas nossas plantações e replantações florestais. O grande interesse não se restringe às grandes indústrias papelarias, tendo havido um crescente interesse pelos proprietários privados; sendo que, o motivo pelo qual a área florestal é atualmente dominada pelo eucalipto prende-se com a sua particular boa adaptação ecológica. Esta espécie adaptou-se bem ao clima e ao tipo de solo em Portugal, sendo a sua zona mais produtiva a zona Norte e Centro Litoral. No entanto, o motivo principal que alavancou esta dominância ao nível florestal foi a sua excelente aptidão como matéria-prima para o fabrico de pasta de papel, fazendo aumentar em 13% a área florestal em apenas 15 anos. Esta espécie atingiu assim um alto nível económico em Portugal, devido a razões tecnológicas, económicas e sociais.

TABELA VII: Evolução dos diferentes usos do solo em Portugal (em km²) ao longo de 15 anos (Fonte: INF6).

Usos do solo	1995	2005	2010
Floresta	3 305 411	3 211 839	3 154 800
Agricultura	2 407 772	2 205 124	2 114 278
Matos e Pastagens	2 539 279	2 720 297	2 853 229
Águas Interiores	150 586	176 867	182 568
Urbano	315 475	398 945	425 526
Improdutivos	190 370	195 822	178 492
Total (Portugal continental)	8 908 893	8 908 893	8 908 893

2.3.3. Origem, difusão e importância económica da cultura

O eucalipto (*Eucalyptus globulus*) assume um papel relevante no quadro da atividade económica portuguesa, constituindo a matéria-prima de excelência dos principais sectores industriais da economia do país, a indústria de pasta e papel. Trata-se de uma espécie introduzida pertencente ao género botânico *Eucalyptus*, o único eucalipto com interesse económico que se expandiu em Portugal. Ocorre naturalmente na Tasmânia e em Vitória, no sudoeste do continente Australiano (Madeira *et al.*, 2007).

A cultura do eucalipto e a sua expansão têm dado origem em Portugal a amplos debates, centrados nos impactos negativos sobre o ambiente. Mas nem sempre assim foi. Quando o eucalipto foi introduzido no Sul da Europa e em algumas das colónias europeias, em

meados do século XIX, foi tido em grande consideração (Radich, 1994). Em Portugal, onde a sua entrada se fez em 1854 (Coutinho, 1886) ou 1859 (Pimentel, 1884), e noutras regiões de clima mediterrânico ou subtropical havia uma crónica falta de madeira. O aparecimento de uma espécie de árvores de crescimento rápido, com troncos apurados e esguios, constituía um grande atrativo e uma fonte fácil e acessível.

A sua introdução e a expansão em Portugal, durante muitos anos, deveu-se aos proprietários privados, movidos pela curiosidade pela “*coisa exótica*” no embelezamento dos seus parques, jardins e algumas terras, mas também por outras qualidades, incluindo medicinais. Nesta fase introdutória da espécie foram de facto os proprietários privados os pioneiros. Num inventário direto realizado nos anos 80 do século XIX por Pimentel (1884) refere-se a presença de eucalipto nas “mais extensas plantações do país”, mostrando bem a predominância do interesse dos particulares. Para além das utilizações agrícolas e domésticos da madeira, o primeiro destino claramente de produção comercial do eucalipto, foi para travessas de caminho-de-ferro, e só a partir da década de 1940, se torna numa óbvia e importante fonte de matéria-prima para a produção de pasta e papel (Radich, 1994).

É na década de 40 que se assiste ao agudizar da discussão e do lançamento duma política de industrialização do país, o que é feito em polémica permanente entre industrialistas e ruralistas, tendo sido aprovado o projeto de “Fomento e Reorganização Industrial” que constitui a Lei n.º 2005, de 14 de Março de 1945, a qual previa importante intervenção e apoios do Estado na criação de indústrias.

Em relação à indústria de celulose, já antes, em 1942, tinha sido proferido o despacho, de 12 de Março, que concedeu a licença “para a instalação duma fábrica de celulose, pasta mecânica, papel de jornal e outros papéis” à Companhia Portuguesa de Celulose (em Cacia), que veio a funcionar a partir dos primeiros anos de 50, depois da conjugação de interesses entre industriais e banqueiros portugueses, com intermediação do Estado, tendo sido aliás o primeiro projeto português sob apoio do célebre Plano Marshall (CPC, 1958).

A matéria-prima utilizada foi desde o início o pinheiro bravo, só mais tarde o recurso ao eucalipto se tornou importante. Estava lançada a grande expansão da indústria de celulose que se viria a verificar.

3. Material e Métodos

3.1. Caracterização da área de estudo

3.1.1. Localização

A área experimental foi instalada numa propriedade gerida pelo grupo *The Navigator Company*. A propriedade está localizada na região Centro de Portugal (Figura 6), mais concretamente no concelho de Mortágua, na propriedade Lameiros (UG50117). Trata-se de uma estação representativa do património da *The Navigator Company* na região centro de Portugal. Esta área de estudo faz parte de uma rede alargada de ensaios, do departamento de Solos e Nutrição Florestal do RAIZ, distribuída por todo o país.

Assim, o ensaio foi instalado numa área onde já existia um povoamento florestal de eucalipto gerido pela companhia. O ensaio foi instalado após o corte e exploração florestal da área anteriormente plantada com *Eucalyptus globulus*, planta seminal. A área de estudo contempla uma área total de 7,65 hectares (Figura 6).

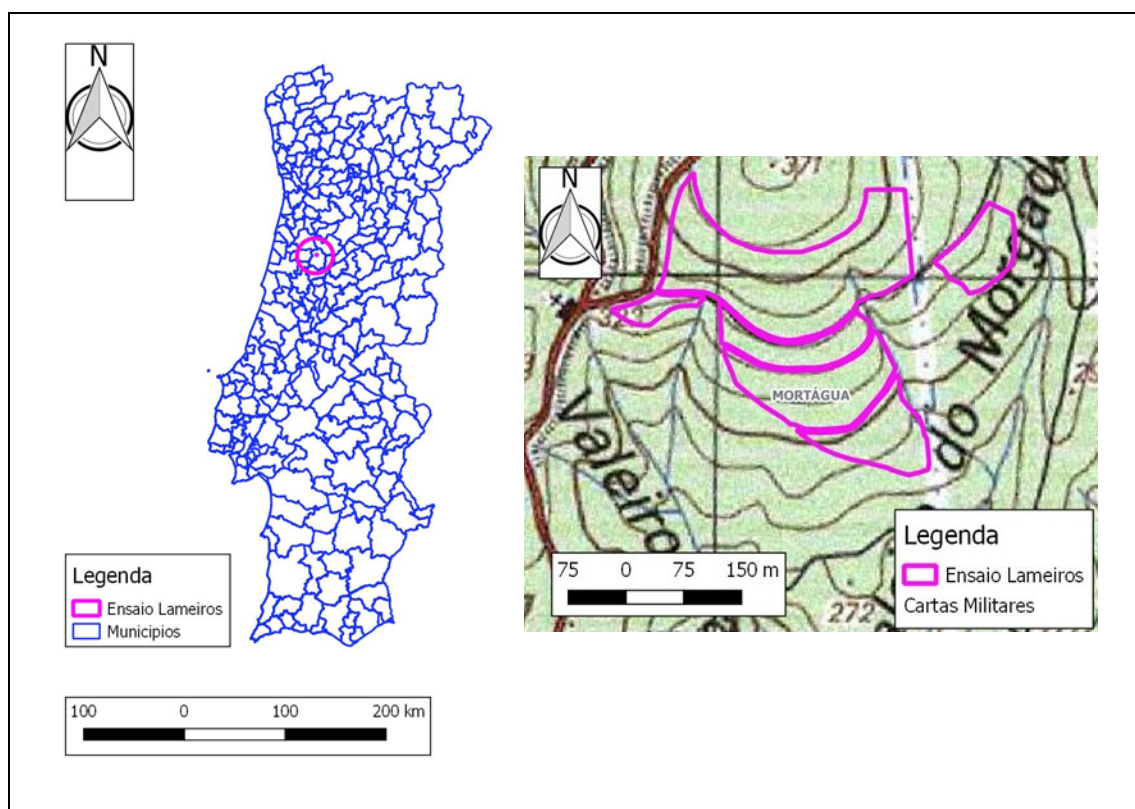


FIGURA 6: Localização da área de estudo.

3.1.2. Caracterização climática

A caracterização climática da área de estudo teve por base a análise dos dados consultados no *site* <https://pt.weatherspark.com>, bem como informação disponível na base de dados do RAIZ, nomeadamente a cartografia nacional disponível (Ribeiro *et al.*, 1988) e obtida a partir das cartas de precipitação total anual (mm), número de dias de precipitação e tipo de Verão (de acordo com a classificação de Daveau *et al.*, 1988) e precipitação total (mm) dos meses de Junho, Julho e Agosto.

3.1.2.1. Temperatura

No que concerne à caracterização da variável temperatura, de acordo com os dados consultados em <https://pt.weatherspark.com>, o concelho de Mortágua possui uma estação de verão curto, aproximadamente 3 meses entre Junho e Setembro, com temperatura máxima média acima dos 26 °C. Relativamente às temperaturas registadas nos meses mais frescos, entre Novembro e Março, a temperatura máxima diária em média foi abaixo dos 16 °C, sendo que ao longo do ano a temperatura varia de 4 °C a 29 °C (Figura 7).

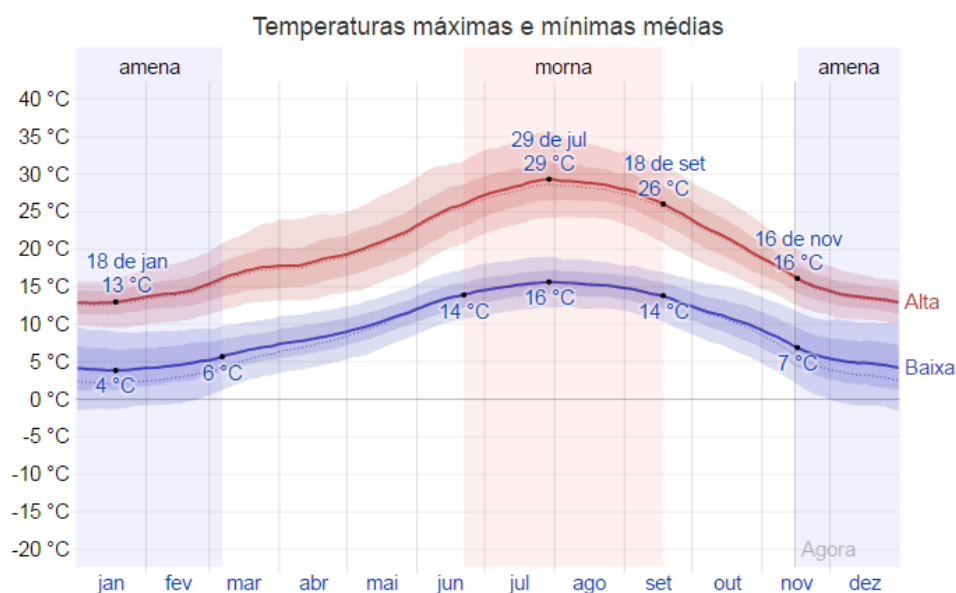


FIGURA 7: Temperaturas máximas (linha vermelha) e mínimas (linha azul) médias, com faixas do 25º ao 75º e do 10º ao 90º percentil. As linhas finas pontilhadas são as temperaturas médias percebidas correspondentes (Fonte: <https://pt.weatherspark.com>).

3.1.2.2. Precipitação

A precipitação, parte importante do ciclo hidrológico da água doce, é toda a queda de água em forma líquida e sólida (neve e granizo). É considerada a precipitação mínima líquida ou equivalente, tudo o que seja acima de 1 milímetro (mm). Assim, os dados apresentados na Figura 8, indicam que o concelho de Mortágua apresenta dias de ocorrência de precipitação que variam ao longo do ano. Sendo que a estação de ocorrência de maior precipitação ocorre entre os meses de Setembro e Maio, aproximadamente 8 meses. A estação seca de 4 meses ocorre entre Maio e Setembro, com probabilidade máxima de ocorrência de um dia de precipitação de 4%.

O concelho de Mortágua apresenta uma variação sazonal extrema no que diz respeito à precipitação mensal ao longo do ano. Sendo que, o período chuvoso ocorre ao longo de 11 meses, em que nos meses de verão, com precipitação contínua de 31 dias, chove 13 milímetros e nos meses mais frescos cerca de 121 milímetros (Figura 9).



FIGURA 8: Probabilidade diária de ocorrência de precipitação ao longo das estações secas e húmidas (Fonte: <https://pt.weatherspark.com>).

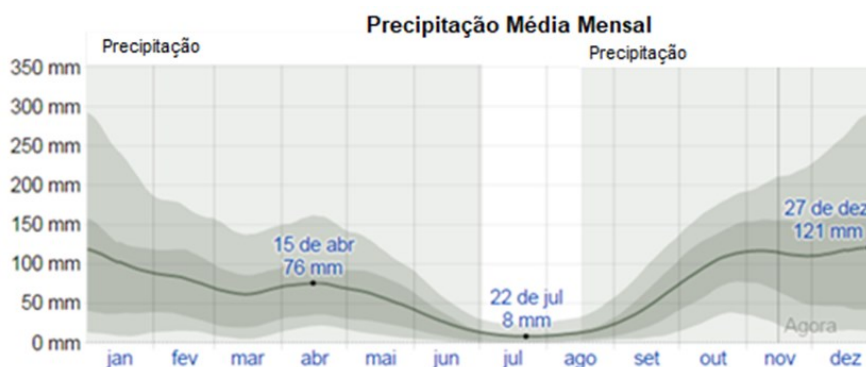


FIGURA 9: Precipitação média acumulada durante o ano (Fonte: <https://pt.weatherspark.com>).

Na Tabela VIII é apresentada a caracterização climática do local de ensaio, segundo a cartografia nacional disponível (Ribeiro *et al.*, 1988).

TABELA VIII: Dados climáticos do local de ensaio segundo as cartas climáticas de precipitação total anual (mm), número de dias de precipitação e tipo de Verão (de acordo com a classificação de Daveau *et al.* (1988) e precipitação total (mm) dos meses de Junho, Julho e Agosto).

Precipitação Total (mm)	Precipitação em Dias	Precipitação Jun-Jul-Ago (mm)	Tipo de Verão	Tipo de Inverno
1526	125	85	Moderado	Fresco

De uma forma geral e de acordo com os dados em questão podemos ainda dizer, que o concelho de Mortágua está caracterizado com um clima mediterrânico de verões frescos (*Cbs*), na Figura 10 é apresentado o gráfico ombrotérmico do distrito de Viseu, ao qual pertence o concelho de Mortágua. O clima é quente e temperado, o verão tem muito menos precipitação do que o inverno. O clima é classificado como *Csb* de acordo com a Köppen e Geiger. A temperatura média anual é de 13.7 °C e a precipitação média anual é de 1185 mm (Figura 10).

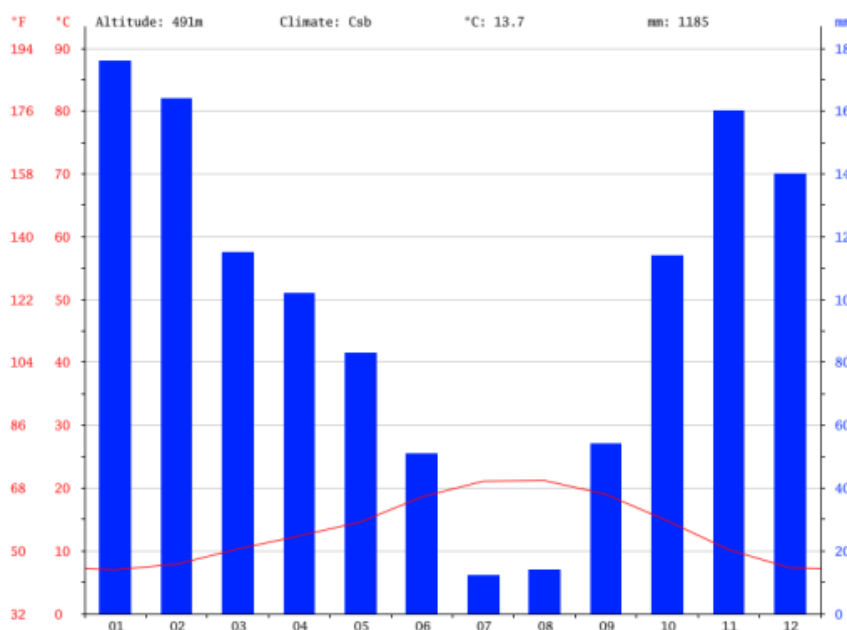


FIGURA 10: Gráfico ombrotérmico do Distrito de Viseu, Clima Mediterrânico de Verões Frescos *Cbs*. (Fonte: <https://pt.climate-data.org/europa/portugal/viseu/viseu-130/>)

Ainda no Anexo II é possível consultar o enquadramento da propriedade para as variáveis climáticas analisadas (precipitação média total e número de dias, tipo de verão e tipo de inverno).

3.1.3. Caracterização edáfica

Antes da instalação do ensaio foram realizados estudos sobre a aptidão do solo, onde se fez uma caracterização dos solos existentes. Esta avaliação consistiu na determinação de parâmetros como a textura, profundidade, pedregosidade, compactação e cor dos diferentes horizontes de solo diagnosticados em cada perfil de solo (Tabela IX). De acordo com os dados recolhidos, constatou-se que o solo na área de ensaio é homogéneo, tendo-se caracterizado dois perfis médios de solo, variando estes em termos de profundidade de solo de 25 a 40 cm. No que diz respeito à percentagem de pedregosidade, esta varia na ordem dos 40% a 65% e os solos apresentam uma textura franco-limosa húmifera (Tabela IX). Com base nesta avaliação e segundo a FAO 2006, *Guidelines for soil description*, os solos foram caracterizados como Leptossolos esqueléticos húmicos e Regossolos húmicos hiperesqueléticos (*Leptosol skeletal humic* e *Regosol epileptic humic hiperskeletal*), (Tabela IX).

De salientar que de acordo com a carta litológica de Portugal a área de estudo localiza-se numa região onde predomina a litologia de xisto e grauvaque, consistente com a avaliação realizada *in loco*.

TABELA IX:Caracterização dos perfis médios de solo avaliados na área de estudo.

PM	Litologia	Solo FAO	Horiz.	Prof (cm)	Pedreg (%)	Textura	Estrutura (Gr/Ti/Ta)*	Compactação	Cor
1	Xistos e grauvaques	<i>Leptossolo esquelético húmico</i>	AC	0-25	40	Franco Limoso Humífero	Franco Granular Muito Pequeno	Ausente a Fraca	Castanho
			RC	>25	-	-	-	-	-
2	Xistos e grauvaques	<i>Regossolo epiléptico húmico hiperesquelético</i>	AC	0-40	65	Franco Limoso Humífero	Franco Granular Muito Pequeno	Ausente a Fraca	Castanho
			RC	>40	-	-	-	-	-

*Gr - Grau, Ti - Tipo, Ta - Tamanho

3.2. Histórico silvícola da área de estudo

A área de estudo era constituída anteriormente por um povoamento de planta seminal de *Eucalyptus globulus*, em final de 2ª rotação. Desta forma, na área de estudo, foi realizada a mesma silvicultura de rearboreização com eucalipto, ou seja, a área foi toda cortada e explorada em junho de 2017. Posteriormente foi realizado o destocamento mecânico das toiças de eucalipto, utilizando para isso uma retroescavadora com enxó para partir as toiças, de seguida procedeu-se à gradagem e incorporação dos sobrantes de corte na totalidade da área (operações realizadas em outubro de 2017).

3.3. Delineamento experimental

Após as operações silvícolas referidas no ponto anterior, procedeu-se à implementação dos diferentes tratamentos na área de ensaio com o objetivo de testar diferentes intensidades de preparação do solo, sendo esta uma etapa preponderante no sucesso de qualquer cultura. É também um processo bastante dinâmico e pode envolver diferentes maquinarias e diferentes práticas de preparação do solo (Figura 11). Assim, em toda a área foram aplicadas as mesmas operações, com exceção da intensidade de ripagem, operação distinta e diferenciadora dos dois tratamentos em teste. Seguidamente são descritos os tratamentos aplicados na área de estudo.

T1- tratamento em que se efetuou a técnica menos intensiva de mobilização do solo, ou seja, acrescido às operações de destocamento das toiças com enxó e gradagem de todos os sobrantes, foi realizada uma **ripagem com 1 ferro** num único sentido segundo as curvas de nível;

T2- tratamento em que se efetuou a técnica mais intensiva de mobilização do solo, ou seja, acrescido às operações de destocamento das toiças com enxó e gradagem de todos os sobrantes, foi realizada uma **ripagem com 2 + 1 ferros**, em duas passagens segundo as curvas de nível.



FIGURA 101: Exemplo de equipamentos utilizados na implementação da área de ensaio (imagem da esquerda exemplo de Buldózer a rebocar dois corpos de grades de discos e imagem da direita Buldózer com alfaia de 2 dentes).

Em ambos os tratamentos a ripagem foi realizada de forma contínua e segundo a curva de nível a uma profundidade de 30 cm, com recurso a um buldózer com alfaia contendo 1 ou 2 ferros de ripper, segundo cada tratamento (Figura 12). A linha de plantação do novo eucaliptal coincidiu no tratamento T1 com a linha onde foi realizada a ripagem com 1 ferro, enquanto no tratamento T2 a linha de plantação corresponde ao local de passagem com o ripper central.

Recorreu-se a um delineamento completamente aleatório dos tratamentos por blocos, sendo cada árvore em cada tratamento uma repetição, de modo a reduzir a variabilidade ambiental dentro de cada bloco e entre tratamentos. Dentro de cada bloco foram lançadas aleatoriamente três parcelas para monitorização de alturas e sobrevivência das árvores (60 árvores/parcela).

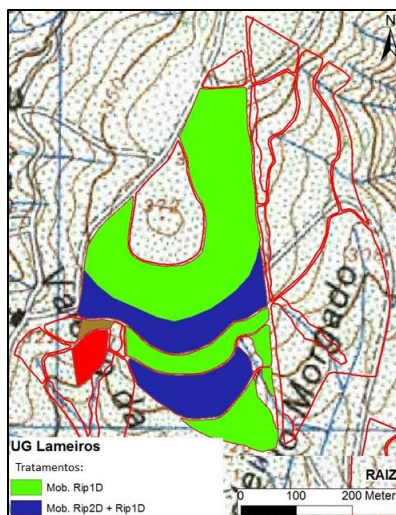


FIGURA 112: Localização da área de ensaio e dos diferentes tratamentos aplicados (T1 – ripagem com 1 ferro; T2 – ripagem com 2+1 ferros).

Após a instalação dos dois tratamentos de mobilização do solo, estes seguiram igual modelo silvícola. O compasso de plantação foi de 3.8 x 2.3 m, o que corresponde a uma densidade de plantação de 1144 árvores/ha. A plantação foi realizada, em novembro de 2017, na linha de plantação que coincide com área de solo que foi alvo de ripagem. A plantação foi efetuada de forma manual, recorrendo a um ferro ou tubo plantador para abertura da cova com profundidade de 20 cm, seguida da adição de 30 g do adubo de libertação lenta 11-22-9, no fundo da cova, o que corresponde à aplicação de 3,3 g de N, 6,6 g de P_2O_5 e 2,7 g de K_2O , seguido da colocação da planta jovem de eucalipto. De modo a garantir um bom arranque das plantas de eucalipto com bom desenvolvimento radicular, foi reforçada a adubação fosfatada com aplicação de 300 kg ha^{-1} de superfosfato de cálcio 18% (54 kg de P_2O_5), o que corresponde a 47 g/planta. Devido à pouca mobilidade do fósforo no solo e dado o pouco desenvolvimento radicular da planta ainda jovem, a adubação foi localizada colocando-se dois filetes de 15 cm, distanciados 15 cm de ambos os lados da planta. O adubo foi ainda ligeiramente incorporado com ajuda de uma enxada a uma profundidade de 10 cm. Toda a área de ensaio foi plantada com planta clonal de *Eucalyptus globulus*, todas do mesmo clone. As plantas utilizadas no ensaio foram selecionadas pela sua homogeneidade e uniformidade de crescimento, idade e qualidade da planta (15 cm de altura).

Os dois tratamentos foram alvo de igual controlo da vegetação espontânea, através de gradagem na entrelinha de plantação, seguida de uma adubação de manutenção. Ambas as operações foram realizadas nos dois tratamentos em abril de 2019.

3.4. Atividades de monitorização realizadas na área de ensaio

Antes da instalação do ensaio foram recolhidas amostras de solo, para a caracterização química e física, realizada no laboratório de solos do RAIZ. As amostragens inicial e final do solo foram realizadas com uma sonda de meia-cana, através da colheita de 15 subamostras de solo para se obter uma amostra composta por cada tratamento instalado. As colheitas foram realizadas antes e depois da aplicação dos tratamentos, em junho de 2017 e em maio de 2019, respetivamente. A recolha das subamostras foi efetuada numa proporção de 1:1 (linha e entrelinha de plantação, respetivamente), à profundidade de 30 cm. Assim, em cada tratamento foi recolhida uma amostra composta de solo para um saco de plástico, devidamente identificada com o nome da área e respetivo tratamento. Foram posteriormente levadas para o laboratório para processamento e análise.

No laboratório, as amostras foram secas ao ar e depois crivadas numa malha de 2 mm para obter a terra fina seca ao ar. Nas Tabelas X e XI é apresentada a caracterização química do solo, recolhido em junho de 2017, onde foram avaliados os seguintes parâmetros: a classe de textura do solo, determinada através da estratificação do solo por granulometria de acordo com o método da pipeta descrito por Silva (1967). As propriedades químicas do solo, como o pH, carbono orgânico (C_{org}), fósforo extraível (P_2O_5) e potássio extraível (K_2O) foram determinados de acordo com o descrito em LQARS (1977). O azoto (N) total foi determinado segundo Bremner (1996). As bases de troca foram determinadas segundo a metodologia detalhada por Reeuwijk (2002). Os micronutrientes Cu, Zn, Fe e Mg foram determinados segundo as metodologias descritas por Lankanene Ervio (1971), e o B de acordo com Watson (1998).

TABELA X: Caracterização química das áreas de estudo: densidade aparente (Dap), pH (H_2O), matéria orgânica (MO), P extraível (P_2O_5), K extraível (K_2O). Amostragem de solo realizada em junho 2017.

Área de Estudo	Prof. (cm)	Textura*	Dap (g/cm^3)	pH (H_2O)	MO** (%)	P_2O_5 *** ($mg\ kg^{-1}$)	K_2O **** ($mg\ kg^{-1}$)
T1	0-30	FLhumif	1,01	5,2	14,0	13,4	80,7
T2	0-30	FLhumif	1,05	5,2	14,9	8,6	83,1

*FLhumif – Franco limoso humífero ** $C_{org} \times 1,724$; *** $P_2O_5 \times 0,44 = P$; **** $K_2O \times 0,83 = K$.

TABELA XI: Caracterização química das áreas de estudo: bases de troca (K, Ca, Mg, Na), grau de saturação em bases (V), acidez de troca (AT), capacidade de troca catiónica (CTC) e micronutrientes (B, Cu, Zn, Fe e Mn). Amostragem de solo realizada em junho 2017.

Área de Estudo	Prof. (cm)	Bases de troca ($\text{cmol}_c\text{kg}^{-1}$)				AT ($\text{cmol}_c\text{kg}^{-1}$)	CTC ($\text{cmol}_c\text{kg}^{-1}$)	V (%)	Micronutrientes (mg kg^{-1})				
		K	Ca	Mg	Na				B	Cu	Zn	Fe	Mn
T1	0-30	0,18	1,71	1,01	0,14	1,16	17,14	72,5	2,2	2,1	1,3	463	35,3
T2	0-30	0,21	2,09	1,17	0,18	1,35	17,50	73,0	2,0	1,8	1,1	380	23,2

Durante o ensaio foram realizados dois registos de altura das árvores e de sobrevivência, em outubro de 2018 e em maio de 2019. Na avaliação dendrométrica utilizou-se uma régua graduada para medição das alturas das árvores. Estes dados foram recolhidos e registados numa ficha de avaliação dendrométrica.

Para estudar o efeito da aplicação dos dois tratamentos nos parâmetros crescimento e sobrevivência das plantas, procedeu-se à análise de variância (One-Way ANOVA) através do programa *Statistica12* (*StatSoft, Inc*). Utilizou-se ainda o teste de Tukey HSD para a comparação de médias dos dois tratamentos, e atribuiu-se a mesma letra às médias dos parâmetros avaliados que não apresentavam diferenças estatísticas, para uma probabilidade de 95%, ou seja, para um grau de significância de 5%. Com este teste pretendeu-se identificar qual o tratamento que permitiu um melhor desenvolvimento das plantas. Assim, nas tabelas seguintes, letras diferentes indicam a existência de diferenças significativas entre os dois tratamentos ($P < 0,05$).

4. Resultados e Discussão

Na Tabela XII são apresentados os resultados das duas monitorizações realizadas na área de estudo, para os parâmetros acréscimo em altura e sobrevivência das plantas. Em termos da variável acréscimo em altura das plantas, não se verificaram diferenças significativas no crescimento inicial das plantas até ao 1 ano de idade. Tendo-se verificado o mesmo resultado aos 1,5 anos de idade do povoamento, ou seja, as diferentes intensidades de mobilização do solo não provocaram diferenças significativas no crescimento e sobrevivência das plantas.

TABELA XII: Apresentação dos resultados das duas monitorizações realizadas em outubro de 2018 e em maio de 2019 para os parâmetros acréscimo em altura (H) e taxa de sobrevivência (Sob.) das plantas aos 0,9 anos e 1,5 anos respetivamente.

Tratamentos	Outubro 2018		Maio 2019	
	H (m) (média ± sd)	Sob.	H (m) (média ± sd)	Sob.
T1 - Ripagem 1D	2,26 ± 0,43 ^a	99%	3,41 ± 0,41 ^a	95%
T2 - Ripagem 2+1D	2,14 ± 0,42 ^a	99%	3,37 ± 0,48 ^a	95%

Os resultados obtidos indicam que uma boa gestão dos sobrantes de corte (destroçamento das toiças com enxó e posterior gradagem dos sobrantes de corte para melhor destroçamento do material lenhoso e sua ligeira incorporação no solo), seguida de ripagem com um ferro ou três ferros, induz ao mesmo crescimento florestal (para a situação de solo e clima da estação em estudo).

Sendo que a produtividade de uma estação é afetada por um conjunto de fatores, tais como: a cobertura vegetal, o clima, e as características do solo (como a profundidade, o volume explorado pelo sistema radicular e restrições em teor de matéria orgânica, capacidade de retenção de água e toda a dinâmica e disponibilidade de nutrientes (Gomes *et al.*, 2005). Assim, é cada vez mais importante saber como atuar em cada situação de modo a favorecer o crescimento das plantas e reduzir as taxas de erosão e consequente perda de matéria orgânica do solo. Isto porque são cada vez mais frequentes e intensas as ações humanas relativas à preparação do solo para a plantação e exploração florestal, as quais podem conduzir à redução do teor de matéria orgânica e disponibilidade de nutrientes no solo, como provocar ainda uma forte modificação das características físicas do solo, com efeitos negativos na futura produtividade de qualquer espécie florestal (Greacen & Sands, 1980; Werth & Thomas, 1981; Gent *et al.*, 1984).

Fato também corroborado por Gomes *et al.*, 2005, ou seja, a produtividade é fortemente influenciada por vários fatores, desde logo na preparação da estação. Operações como a gradagem permitem incorporar a matéria orgânica no solo e acrescentar-lhe os sobrantes da exploração florestal para futura decomposição (aumento da matéria orgânica). Desta forma, a gestão apropriada dos sobrantes de corte e dos nutrientes é considerada crucial para aumentar a produtividade e garantir a sustentabilidade de plantações florestais (Smethurst e Nambiar, 1990; Proe e Dutch, 1994). Por sua vez a ripagem irá promover um aumento da profundidade do solo, permitindo às plantas jovens desenvolver o seu sistema radicular, e permite também uma maior infiltração de água no solo.

Os resultados obtidos são também similares aos resultados do estudo de dois ciclos consecutivos instalados pela empresa Suzano, em que áreas mobilizadas e plantadas sob o sistema de cultivo mínimo (menos mobilização do solo e maior deposição dos sobrantes de corte) apresentaram o mesmo volume de madeira que áreas mobilizadas sob cultivo intensivo do solo (IPEF 2013).

No que diz respeito à fertilidade do solo (Tabelas XIII e XIV), os tratamentos não induziram fortes diferenças nos parâmetros avaliados, eventualmente porque a grande diferença dos dois tratamentos não foi na gestão dos sobrantes de corte e incorporação da matéria orgânica, mas sim na intensidade de ripagem (1 ferro vs. 3 ferros). A gestão de matéria orgânica foi igual em ambos os tratamentos. De referir que ambos os tratamentos promoveram um ligeiro aumento da fertilidade do solo no decurso do período experimental, como se pode observar nos parâmetros: matéria orgânica, P_2O_5 , K_2O e grau de saturação em bases (Tabelas XIII e XIV).

Estes resultados são concordantes com o verificado por Smethurst e Nambiar (1990), ou seja, é possível garantir a sustentabilidade das plantações florestais através de uma gestão apropriada dos sobrantes (ou resíduos) da exploração florestal. Assim, é possível conciliar o aumento da produtividade florestal com a sustentabilidade da estação. Também Vítor Cunha (2015), num estudo sobre diferentes mobilizações de solo na espécie *Eucalyptus globulus*, em Portugal, concluiu que a aplicação de uma gestão de boas práticas de gestão de sobrantes de corte e mobilização de solo com ripagem e gradagem apresentaram maior quantidade de matéria orgânica, comparativamente às situações em que se recorreu à “cava” para mobilizar o solo.

TABELA XIII: Caracterização química das áreas de estudo: densidade aparente (Dap), pH (H₂O), matéria orgânica (MO), P extraível (P₂O₅), K extraível (K₂O). Amostragem de solo realizada em maio de 2019.

Área de Estudo	Prof. (cm)	Textura*	Dap (g/cm ³)	pH (H ₂ O)	MO** (%)	P ₂ O ₅ *** (mgkg ⁻¹)	K ₂ O**** (mgkg ⁻¹)
T1	0-30	FLhumif	0,97	5,4	18,4	18,4	103,6
T2	0-30	FLhumif	0,97	5,2	17,5	18,7	103,6

*FLhumif – Franco limoso humífero ** M.O.= Corg x 1,724; *** P₂O₅ x 0,44 = P; **** K₂O x 0,83 = K.

TABELA XIV: Caracterização química das áreas de estudo: bases de troca (K, Ca, Mg, Na), grau de saturação em bases (V), acidez de troca (AT), capacidade de troca catiónica (CTC) e micronutrientes (B, Cu, Zn, Fe e Mn). Amostragem de solo realizada em maio de 2019.

Área de Estudo	Prof. (cm)	Bases de troca (cmol _c kg ⁻¹)				AT (cmol _c kg ⁻¹)	CTC (cmol _c kg ⁻¹)	V (%)	Micronutrientes (mg kg ⁻¹)				
		K	Ca	Mg	Na				B	Cu	Zn	Fe	Mn
T1	0-30	0,21	2,14	0,93	0,13	0,76	16,18	81,9	2,9	1,9	2,7	447	53,0
T2	0-30	0,23	1,87	1,03	0,16	1,08	17,17	75,7	2,9	1,8	1,4	452	31,4

Relativamente aos custos das operações e analisando só a operação de ripagem (fator diferenciador dos tratamentos), é possível obter uma redução de cerca de 153 €/ha com a aplicação de uma ripagem menos intensiva (só uma passagem de um ferro de ripper). Isto tendo por base os valores de referência da CAOF (2015/2016) apresentados na Tabela XV.

TABELA XV: Preços das operações de ripagem (adaptado da tabela de operações e custos apresentados pela CAOF, 2015/2016).

(Referência para 1 hectare)	custo / ha (€) (custo mínimo e máximo)	custo / ha (€) (custo médio)
T1 - Ripagem com 1 ferro de ripper	249 - 370	309
T2 - Ripagem com 3 ferros de ripper	370 - 555	462

5. Conclusão

O desenvolvimento do eucalipto não foi afetado significativamente pelos diferentes métodos de preparação do terreno que foram testados na área de estudo. Independentemente da intensidade com que o solo foi mobilizado (1 ferro vs. 3 ferros de ripper) foram observadas taxas de sobrevivência e de crescimento das plantas similares entre os dois tratamentos.

Em termos de fertilidade do solo, os tratamentos não induziram fortes diferenças nos parâmetros avaliados. No entanto, verificou-se que ambos os tratamentos promoveram, no decurso do período experimental, um ligeiro aumento da fertilidade do solo (aumento dos teores de matéria orgânica, P_2O_5 , K_2O e grau de saturação em bases). Este facto deve-se, eventualmente, à mesma gestão de sobrantes de corte e incorporação da matéria orgânica feita em ambos os tratamentos e não à diferente intensidade de ripagem.

Relativamente aos custos das operações e analisando só a operação de ripagem (fator diferenciador dos tratamentos), é possível obter uma redução de cerca de 153 €/ha com a aplicação de uma ripagem menos intensiva.

Perspetiva-se que no tratamento menos intensivo ocorra uma maior conservação do solo a médio-longo prazo, quer pela manutenção do coberto vegetal no terreno quer pela menor mobilização do solo, podendo ser expressa por um aumento de matéria orgânica (maior *stock* de carbono no solo), da fertilidade e de retenção de água no solo, culminando na diminuição do risco de erosão.

Estes resultados são bastante favoráveis a uma economia de escala para reflorestações anuais em Portugal, com a possibilidade de reduzir a intensidade de preparação do terreno, em determinadas condições de solo e clima, reduzindo também os custos de reflorestação, sem afetar negativamente a produtividade florestal e possibilitando o aumento da fertilidade de solo da estação e conseqüente melhoria da gestão florestal e da sustentabilidade de plantações florestais.

Referências Bibliográficas

Adas, M. (1998). Panorama Geográfico do Brasil: Contradições, Impasses e Desafios Socio Espaciais. 3. Ed. São Paulo: moderna, p. 608.

AMARAL, G. Influência de características químicas e físicas de cinco diferentes solos na zona metalúrgica mineira na produtividade de eucalipto. 1999. 109 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1999.

Azevedo, A. A. (2000). Estudo da Dinâmica do Azoto e do Carbono em Plantações Florestais Intensivas. Tese de Doutoramento. Lisboa: Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa.

BRAGA, F. A.; BARROS, N. F.; SOUZA, A. L.; COSTA, L. M. Características ambientais determinantes da capacidade produtiva de sítios cultivados com eucalipto. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 23, n. 2, p. 291-298, 1999.

Barros, N. F. e Novais, R. F..Eucalypt nutrition and fertilizer regimes in Brazil.In: Attiwill, P. M. and Adams, M. A. (Eds). Nutrition of eucalypts.CSIRO Publishing, Collingwood, Australia: 335-355(1996).

Beadle, C. L., Honeysett, J. L., Turnbull, C. R. A. e White, D. A. Sites limits to achieving genetic potential. In: Potts B. M., Borralho, N. M. G., Reid, J. B., Cromer, R. N., Tibbits, W. N. and Raymond, C. A. (Eds). Eucalypt Plantations: Improving Fibre, Yield and Quality, Hobart, CRC For Temperate Hardwood Forestry (1995).

Brady, N. C. e Weil, R. R. (1996). The Nature and Properties of Soils.11ª ed. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, 740 p.

Bremner, J. M. (1996). Nitrogen – Total.In: Sparks, D.L. (ed) Methods of soil analysis, part 3, Chemical Methods. SSSA Book, Series 5, Madison, Wisconsin, EUA: 1085-1121.

CAOF (2009) in <http://www2.icnf.pt/portal/florestas/dfci/Resource/doc/eea-grants/curs2/ruigiestas/Custos%20Operacoes%2022Abril2009%20v1.0.pdf>

CELPA, sustentabilidade das plantações de eucalipto em Portugal, Associação da Indústria Papeleira – CELPA, Lisboa, Março de 2016.

Cortez, N.R.S. (1996) - Compartimentos e Ciclos de Nutrientes em Plantações de *Eucalyptus globulus* Labill. ssp. *globulus* e *Pinus pinaster* Aiton. Dissertação de Doutoramento. Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa

Coimbra, P. & Tibúrcio, J. A.. Geografia. Uma análise do espaço geográfico. 2ª ed. São Paulo: Harbra, p. 325(2002).

Coutinho, A. X. P. (1886). Curso de Silvicultura. Lisboa: Tipografia da Academia Real das Ciências.

Coutinho, J.F. 1989. Acidez do Solo e Toxicidade de Alumínio. Calibração de Métodos de Avaliação da Necessidade de Cal. Tese de doutoramento, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real. 709p.

Cunha, V. (2015). Instalação de ensaios com diferentes mobilizações de solo na espécie Eucalipto (*Eucalyptus globulus* Labill.). Mestre em Recursos Florestais. ESAC.

Daveau, S. et al., (1980) – Dois Mapas Climáticos de Portugal. Linha de ação da geografia física. Relatório n.º 8. Centro de Estudos Geográficos, Lisboa.

Fabres A. S., Barros N. F. e Novais R. F. (1987). Produtividade e exportação de nutrientes em eucaliptos e identificação de sítios visando o manejo de solo e o manejo florestal em áreas da CENIBRA. Relatório anual 86/87 (convénio SIF/CNB - F), UFV, Viçosa, MG, 142pp.

Fabres AS, Rafael J, Borralho N, Ferreira D, Barrocas H (2004) Soil fertility evaluation for *Eucalyptus globulus* in Portugal: Establishment and maintenance critical levels of phosphorus, potassium, calcium and magnesium. In Borralho N et al (2004) *Eucalyptus in a changing world*. Proceedings of IUFRO Conference, Aveiro, pp. 551-559.

FAO (2006). World reference base for soil resources. Food and Agriculture Organization of the United Nations, World Soil Resources Reports, 84. FAO, ISRIC and ISSS, Rome.

Gomero L. y Velásquez A. 1999. Manejo Ecológico de Suelos: Conceptos, Experiencias y Técnicas. Primera Edición. Editado por la Red de Acciões Alternativas al Uso de Agroquímicos (RAAA). Lima, Perú. Pág. 170-190.

Gonçalves J L. M. et al (2000). “Reflexos do cultivo mínimo e intensivo do solo em sua fertilidade e na nutrição das árvores”. In: Nutrição e fertilização florestal. J. L. Gonçalves e V. Benedetti (Eds); IPEF, Piracicaba, São Paulo, Brasil, pp; 1-57.

Gonçalves, J. L. M.; Stape, J. L.; Conservação e cultivo de solos para plantações florestais. Piracicaba: IPEF, 2002. 498p.

Gonçalves, N., Tavares J., de França, I & Esberard N. (2001). Efeito de sistemas de cultivo e manejo na conservação do solo e produtividade das culturas para agricultura de sequeiro. Terceiro Simpósio Brasileiro de Captação de água de chuva no seminário, EMBRAPA, Petrolina - PE, Brasil, 21-23 Novembro.

Haberli, R. L'affaire sol. Pour unepolitiqueraisonée de l'utilisation du sol (PRN 22) Georg Editeur S.A., Genève, 192 pp, 1991.

INAV - MADRP, Manual Básico de Práticas Agrícolas: Conservação do Solo e da Água. Editor INGA (1999).

IPEF, Relatório Anual IPEF 2013. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, em Piracicaba (SP): 22-37 (2013).

J. L. M. Gonçalves, Conservação do solo, in Gonçalves, J. L. M., Stape, J. L. (ed.), Conservação e cultivo de solos para plantações florestais, Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, Piracicaba (2002).

J. L. M. Gonçalves, J. L. Stape, V. Benedetti, V. A. G. Fessel, e J. L. Gava, Reflexos do cultivo mínimo e intensivo do solo em sua fertilidade e na nutrição das árvores, in J. L. M. Gonçalves e V. Benedetti, (ed.), Nutrição e fertilização florestal. Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, Piracicaba (2000).

J. Soares, L. Leal, P. Canaveira, F. Goes, A. Fialho, Porquê cultivar o eucalipto? in J.S. Silva (ed.) Árvores e florestas de Portugal: pinhais e eucaliptais, a floresta cultivada. Jornal Público, Fundação Luso-Americana para o Desenvolvimento, Liga para a Protecção da Natureza. Lisboa, ISBN 978-989-619-101-6 (2007).

Lakanen, E. e Erviö, R. (1971). A comparison of eight extractants for the determination of plant available micronutrients in soils. Acta Agralia Fennica 123:223-232.

Lal, R. 1997 Long-term tillage and maize monoculture effects on a tropical Alfisol in Western Nigeria, I. Crop yield and soil physical properties. Soil Tillage Res. (In the press.).

Lepsch, I. F. Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso: 4ª aproximação. Campinas: SBCS, 1991. 175 p.

M. Carvalho and E. Lourenço, Conservation Agriculture – a Portuguese Case study, in Sven-Erik Jacobsen (ed.), Journal of Agronomy and Crop Science, volume 200, 317-324 (2014).

M. Madeira, N. Cortez, A. Azevedo, M. C. Magalhães, C. Ribeiro, A. Fabião, As plantações de eucalipto e o solo (Capítulo 5) in A. M. Alves, J. S. Pereira, J. M. N. Silva (ed.), O Eucaliptal em Portugal – Impactes Ambientais e Investigação científica, ISAPress Lisboa (2007).

Ministério do Ambiente e Ministério da Agricultura, Florestas e Desenvolvimento Rural - Depacho N.º 1230 / 2018. Actualização do Códio de Boas Práticas Agrícolas de 1997 -DR 2ª série, N.º 25, 5 de fevereiro 2018.

MALAVOLTA, E. Manual de química agrícola: Nutrição de plantas e fertilizantes do solo. São Paulo, Editora Agronômica Ceres, 1976. 528 p.

Marques, J. Q. A. Manual brasileiro para levantamento de capacidade de uso da terra, 3ª aprox, Rio de Janeiro, Escritório Técnico Brasil – EUA, 1971, 433 p..

N. C. Brady, R.R.Weil, The Nature and Properties of Soils (12th Edition), NJ: Prentice Hall, Upper Saddle River (1999), in M. Madeira, N. Cortez, A. Azevedo, M. C. Magalhães, C. Ribeiro, A. Fabião, As plantações de eucalipto e o solo (Capítulo 5), in A. M. Alves, J. S. Pereira, J. M. N. Silva (ed.), O Eucaliptal em Portugal – Impactes Ambientais e Investigação científica, ISAPress, Lisboa (2007).

Pereira, J.S.; Tomé, M.; Madeira, M.; Oliveira, A. & Almeida, M.H. (1996) - Eucalypt plantations in Portugal. In: Attiwill, P.M. & Adams, M.A. (Eds.) Nutrition of the Eucalypts. CSIRO, Australia, pp. 371-387.

Pimentel, C. S. (1884). Eucalipto Globulus. Descrição, Cultura e Aproveitamento D'Esta Árvore. Lisboa: Typografia Universal.

Pruski, F. F. (1998). Conservação de água e solos. Brasília, DF: ABEAS; Viçosa, MG: UFRV/DEA, 88 p. (Curso por Tutoria a Distância. Curso de Gestão de Recursos Hídricos para o Desenvolvimento Sustentado de Projetos Hidroagrícolas. Módulo 7.

RADICH, M. C. (1994). Uma Exótica em Portugal. *Ler História*, 11 -26.

Rech, L. C. & Lopes, E. (2008). Uso da terra e distribuição granulométrica: Estudo de caso de uma propriedade rural representativa em Laranjeiras do Sul – pr. Ed. 6 *Revista Eletrónica Lato Senso – Unicentro*.

Reeuwijk, L. (2002) *Procedures for Soil Analysis*. 6th Edition, ISRIC, FAO, Wageningen.

Ribeiro, O., Lautensach, H. e Daveau, S. (1988). *Geografia de Portugal: o ritmo Climático e a Paisagem*. Edição João Sá da Costa, Lisboa, Vol II, 287 pp.

Santos, F. A. Dos; Mafra, N. M. C. and Madari B. E. (2003). Identificação de mudanças nas características e propriedades de um solo sob cobertura vegetal distinta na microbacia da Estrangina, Petrópolis, RJ; *Anais do X Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada*.

Silva, A. A. (1967) – Determinação da Textura do solo. *Pedologia*, Oeiras 2: 129-139.

Silva, Vivian Batista da. Uma história das leituras para professores: Análise da Produção e Circulação de saberes especializados nos manuais pedagógicos (1930 -1971). *Revista Brasileira de História da Educação*, Maringá, n.6, p. 29-57, 2003.

Soares J, Leal L, Canaveira P, Goes F, Fialho A (2007) Porquê cultivar o eucalipto? In Silva JS (Ed.) *Árvores e florestas de Portugal: pinhais e eucaliptais, a floresta cultivada*. *Jornal Público, Fundação Luso-Americana para o Desenvolvimento, Liga para a Protecção da Natureza*. Lisboa , p. 185-220. ISBN 978-989-619-101-6

USP/EACH - Curso de Gestão Ambiental - ACH1085 Natureza e Tipos de Solos - Prof. Dr. Homero Fonseca Filho

Varenes, A. (2003). *Produtividade dos solos e ambiente*. Escolar editora. Lisboa.

WATSON, C. J.; POLAND, P.; ALLEN, M. B. D. The efficacy of repeated applications of the urease inhibitor N-(n-butyl) thiophosphoric triamide for improving the efficiency of urea fertilizer utilization on temperate grassland. *Grass and Forage Science*, Oxford, v. 53, n. 2, p. 137-145, May 1998.

Whitehead, D. & Beadle, C. L. (2004). Physiological regulation of productivity and water use in *Eucalyptus*: a review, *Forest Ecology and Management*, 193, 113-140.

Outras referências bibliográficas consultadas:

<https://pt.weatherspark.com/y/32305/Clima-caracter%C3%ADstico-em-Mort%C3%A1gua-Portugal-durante-o-ano>

<https://pt.weatherspark.com>

<http://beawarebechange.blogspot.com/2010/12/reflorestacao-e-conservacao-das.html>

<https://acientistaagricola.pt/preparacao-do-solo/>

<http://www2.icnf.pt/portal/florestas/gf/documentos-tecnicos/resource/doc/Boas-Praticas-Florestais.pdf>

<http://www2.icnf.pt/portal/florestas/fileiras/econ>

http://www.iniav.pt/fotos/editor2/processos_de_degradacao_do_solo.pdf

<http://www2.icnf.pt/portal/florestas/ifn/resource/doc/ifn/ifn6-res-prelimv1-1>

<http://intranet.thenavigatorcompany.com/>

<http://raiz-iifp.pt/>

http://www.fisicadosolo.ccr.ufsm.whoos.com.br/downloads/Disciplinas/SolProdAnimal/FFS_Pablo.pdf

<https://pt.climate-data.org/europa/portugal/viseu/viseu-130/>

Glossário

Espécie invasora – Espécie cuja expansão se faz de forma descontrolada e em prejuízo de outras espécies que existem em equilíbrio com o meio.

Horizontes do solo – Frações do solo dispostas mais ou menos paralelamente à superfície do terreno, que se diferenciaram durante o processo de formação do solo.

Operação manual – Operação em que tanto o trabalho de deslocação do equipamento como o de execução da operação propriamente dita é realizada à custa da energia fornecida pelo operador.

Operação moto manual – Operação em que o trabalho de deslocação do equipamento é realizado à custa da energia fornecida pelo operador e a execução da operação propriamente dita é realizada à custa da energia fornecida por um motor, além da energia do operador.

Operação mecanizada – Operação executada por máquinas motorizadas especiais, onde todos os esforços são suportados pela máquina, tendo o operador apenas o papel de conduzir e manobrar a máquina.

Solo - Sistema natural de componentes minerais e orgânicos diferenciados em horizontes de profundidade variável.

Vegetação espontânea – É a vegetação que não resulta de ações levadas a cabo com o propósito de promover o seu aparecimento e desenvolvimento.

ANEXOS

ANEXO I - Síntese dos métodos de mobilização aplicados em cada declive (de acordo com a Portaria n.º 15-A, 2018)

	Declives inferiores a 10 %	Declives entre 10 % e 25 %	Declives superiores a 25 %	Faixas de proteção das linhas de água
<p>Área com vegetação espontânea cuja dimensão ou densidade não obriga a realizar operações específicas de controlo efetuado através das operações de mobilização do solo).</p>	<p>1 — Solo sem camadas compactas e material originário coeso nos primeiros 50 cm:</p>	<p>1 — Solo sem camadas compactas e material originário coeso nos primeiros 50 cm:</p>	<p>a) Mobilização do solo manual localizada;</p>	<p>a) Desde que o declive se apresente muito baixo, controlo da vegetação espontânea com corta-matos em faixas seguidas de mobilizações de solo localizadas;</p>
	<p>a) Plantação ou sementeira direta em covacho;</p> <p>b) Rego de plantação ou sementeira;</p> <p>c) Lavoura em faixas;</p> <p>d) Abertura de covas mecanizadas.</p> <p>2 — Solos com camadas compactas em material originário coeso (mas desagregável ou fraturável) nos primeiros 50 cm:</p> <p>a) Ripagem ou subsolagem;</p> <p>b) Ripagem ou subsolagem seguida de lavouras em faixas;</p> <p>c) Ripagem ou subsolagem seguida de vala e câmore com 2 regos.</p>	<p>a) Plantação ou sementeira direta em covacho;</p> <p>b) Rego de plantação ou sementeira;</p> <p>c) Lavoura em faixas de largura variável;</p> <p>d) Abertura de covas mecanizadas.</p> <p>2 — Solos com camadas compactas e material originário coeso (mas desagregável ou fraturável) nos primeiros 50 cm:</p> <p>a) Ripagem ou subsolagem;</p> <p>b) Ripagem ou subsolagem seguida de lavoura em faixas;</p> <p>c) Ripagem ou subsolagem seguida de vala e câmore com 2 regos.</p>	<p>b) Abertura de terraços com trator de rastos contínuo.</p>	<p>b) Controlo da vegetação espontânea de forma manual ou moto manual, seguida de mobilizações do solo localizadas;</p> <p>c) Ausência de quaisquer intervenções.</p>

**ANEXO I - Síntese dos métodos de mobilização aplicados em cada declive (de acordo com a Portaria n.º 15-A, 2018)
(Continuação)**

	Declives inferiores a 10 %	Declives entre 10 % e 25 %	Declives superiores a 25 %	Faixas de proteção das linhas de água
Área com vegetação espontânea cuja dimensão ou densidade não obriga a realizar previamente operações específicas de controlo.	1 — Solo sem camadas compactas em material originário coeso nos primeiros 50 cm:	1 — Solo sem camadas compactas e material originário coeso nos primeiros 50 cm:	a) Controlo da vegetação espontânea total, em faixas ou localizado, e mobilizações do solo localizadas;	a) Controlo da vegetação espontânea através de meios manuais ou moto manuais, seguido de mobilizações do solo localizadas;
	a) Gradagem ou utilização de corta-matos em toda a área, em faixas ou localizada (na hipótese do corta-matos), seguida de: a1) Ou plantação ou sementeira diretas; a2) Ou rego de plantação ou sementeira; a3) Ou vala e câmoros com 2 regos; a4) Ou lavoura em faixas; a5) Ou gradagem quando previamente tenha sido usado corta-matos, seguida ou não de abertura de rego de plantação ou sementeira; a6) Ou mobilização do solo localizada (na hipótese de ter sido usado corta-matos). b) Preparação manual ou moto manual localizada ou em faixas.	a) Gradagem ou utilização de corta-matos em faixas com largura variável, seguida de: a1) Ou plantação ou sementeira diretas; a2) Ou rego de plantação ou sementeira; a3) Ou vala e câmoros com 2 regos; a4) Ou lavoura em faixas; a5) Ou gradagem quando previamente tenha sido usado corta-matos, seguida ou não de abertura de rego de plantação ou sementeira; a6) Ou mobilização do solo localizada (na hipótese de ter sido usado corta-matos). b) As operações a realizar nas faixas referidas em a) devem atender às seguintes especificações:	b) Preparação manual ou moto manual localizada ou em faixas; c) Abertura de terraços com trator de rastros contínuo.	b) Ausência de quaisquer intervenções.

ANEXO I - Síntese dos métodos de mobilização aplicados em cada declive (de acordo com a Portaria n.º 15-A, 2018)
(Continuação)

	Declives inferiores a 10 %	Declives entre 10 % e 25 %	Declives superiores a 25 %	Faixas de proteção das linhas de água
Áreas com vegetação espontânea cuja dimensão ou densidade não obriga a realizar previamente e operações específicas de controlo.	<p>2 — Solos com camadas compactas e material originário coeso (mas desagregável ou fraturável) nos primeiros 50 cm:</p> <p>a) Gradagem ou utilização de corta-matos em toda a área ou faixas, seguida de:</p> <p>a1) Ripagem ou subsolagem;</p> <p>a2) Ripagem ou subsolagem seguida de vala e câmoros com 2 regos.</p>	<p>b1) Controlo mecanizado em faixas com largura máxima de 3m, dispostas em curva de nível ao longo das linhas de plantação ou sementeira, e separadas por faixas não intervencionadas com largura mínima de 1 metro;</p> <p>b2) Controlo mecanizado em faixas dispostas em curva de nível, com uma largura máxima de 40 m (declives inferiores a 20%) ou de 20 m (declives superiores a 20%), nos dois casos separadas por faixas não intervencionadas com largura mínima de 4m.</p> <p>c) Preparação manual ou moto manual localizada ou em faixas.</p> <p>2 — Solos com camadas compactas e material originário coeso (mas desagregável ou fraturável) nos primeiros 50 cm:</p> <p>a) Gradagem ou utilização de corta-matos em faixas com largura variável, seguida de:</p> <p>a1) Ripagem ou subsolagem;</p> <p>a2) Ripagem ou subsolagem seguida de vala e câmoros com 2 regos.</p>		
	<p>2 — Solos com camadas compactas e material originário coeso (mas desagregável ou fraturável) nos primeiros 50 cm:</p>	<p>b1) Controlo mecanizado em faixas com largura máxima de 3m, dispostas em curva de nível ao longo das linhas de plantação ou sementeira, e separadas por faixas não intervencionadas com largura mínima de 1 metro;</p>		

Anexo II-Enquadramento climático da área de estudo.

