

Avaliação de diferentes técnicas de preparação de terreno na instalação de povoamentos de eucalipto

António Oliveira¹, Eduardo Mendes², Ana Quintela², Sérgio Fabres², Pedro Ventura^{2,3}, Tiago Santos^{1,3}, Rosinda Pato³, João Silva^{3,4} e Filomena Gomes^{3*}

Sumário. Este trabalho foi desenvolvido no âmbito do projeto “Instalação eficiente de povoamentos de eucalipto” com o objetivo de estudar alternativas de mobilização do solo ajustadas à escala da propriedade (minifúndio dominante no Centro/Norte do país), associadas a menor intervenção e impacto ambiental. Foram consideradas para comparação algumas técnicas de mobilização utilizadas em propriedades de maior dimensão. Instalaram-se 4 ensaios na região Centro (três em Cantanhede e um em Mortágua; cada um com 65 a 270 plantas, considerando 3 repetições). A rearborização com eucalipto implicou em todos os casos destroçamento de cepos com enxó. O tratamento convencional - “Operacional” consistiu numa gradagem contínua seguida de ripagem. Em Cantanhede foram colocados dois tratamentos a teste: T1 ripagem (tri-riper) e T2 coveamento (com enxó) para plantação entre cepos. Em Mortágua, devido à dimensão das varas, diferentes opções de gestão de sobrantes foram testadas. O tratamento “Operacional”, com a incorporação de sobrantes durante a gradagem, foi comparado com os tratamentos teste “TA” e “TB”, ambos sem gradagem e, ainda, sem *vs.* com remoção de sobrantes, respetivamente. Nos tratamentos “TA e TB” testou-se a ripagem na linha (ripado) *vs.* coveamento na linha de plantação (coveado). Em Mortágua, comparou-se ainda com a construção de terraços, técnica generalizada na região, dada a orografia com declive acentuado. Ao fim de um ano, nos 4 ensaios, os tratamentos em teste não diferiram significativamente do operacional no tocante à taxa de sobrevivência. Mas, em Cantanhede (nos 3 ensaios), o tratamento operacional apresentou um acréscimo em altura significativamente superior aos tratamentos teste. O acréscimo em altura mostrou variar numa razão direta com os teores em matéria orgânica do solo e potássio. Ao fim de 3 anos, o volume médio/árvore não mostrou diferenças significativas entre os tratamentos

(Operacional *vs.* Teste), em 2 ensaios em Cantanhede, mantendo-se significativamente superior no outro ensaio. Em Mortágua a altura média superior foi de $2,75 \pm 0,06$ m (1 ano) em terraços (tratamento com maior mobilização do solo), mas, sem diferenças significativas para o TA-coveado (alinhamento de resíduos na entrelinha e coveamento na linha). No âmbito do projeto tenciona-se dar continuidade à monitorização dos ensaios no sentido de corroborar os resultados do presente estudo obtidos na fase inicial do ciclo de crescimento do povoamento, altura em que as técnicas de preparação do terreno terão, previsivelmente, maior impacto.

Palavras-chave: minifúndio, mobilização do solo, sobrevivência, volume médio, plantação florestal.

Evaluation of different soil tillage techniques in eucalyptus stands establishment

Abstract. This work was developed within the scope of the project “Efficient establishment of eucalyptus stands” with the aim of studying soil mobilization alternatives adjusted to the scale of the property (dominant smallholding in the center/north of the country), associated with less intervention and environmental impact, compared to mobilization using machinery used on larger properties. Four trials were established in the central region (three in Cantanhede and one in Mortágua; with 65 to 270 plants, in 3 replications). In all cases, reforestation with eucalyptus involved the stump breaking with an adze. The conventional treatment - “Operational” consisted of continuous harrowing and ripping. In Cantanhede, two test treatments were carried out: T1 ripping (tririper) and T2 digging (with adze) for planting between stumps. In Mortágua, due to the size of the standing wood sticks, different management options for woody residues were tested. The “Operational” treatment, with incorporation of woody residues during the harrowing, was compared to “TA and TB” treatments, both without the harrowing, and without/“TA” and with/“TB” removal of woody residues. In “TA and TB” treatments, ripping in the line (ripped) *vs.* digging in the planting line (digging) were tested. In Mortágua, it was also compared to the construction of terraces, a widespread technique in the region. After one year, in the 4 trials, the Test treatments did not differ significantly from the Operational one in terms of survival rate. However, in Cantanhede (in the 3 tests), the Operational treatment showed an increase in height significantly greater than the Test treatments. The increase in height showed to vary in direct proportion to the soil organic matter and potassium contents. After 3 years, the average volume/tree showed no significant differences between treatments (Operational *vs.* Test), in two trials in Cantanhede, remaining significantly higher in the 3rd trial. In Mortágua the highest average height (1 year) was 2.75 ± 0.06 m in Terraces (treatment with greater environmental impact), but without significant differences to TA-digging (alignment of woody residues between lines and digging in the planting line). Within the scope of the project, it is intended to continue monitoring the tests to corroborate the results of the present study obtained in the initial phase of the growth cycle, when land preparation techniques will predictably have a greater impact.

Key words: smallholding, soil preparation systems, survival, average volume, forest plantation.

L'évaluation de différents systèmes de préparation du sol sur la croissance de l'eucalyptus

Résumé. Ce travail a été développé dans le cadre du projet «Installation efficace de peuplements d'eucalyptus» pour étudier des alternatives de mobilisation des sols adaptées à l'échelle du territoire (petite exploitation, dominante au centre/nord du pays), associées à une intervention inférieure et un impact environnemental plus faible, par rapport à la mobilisation utilisée sur des propriétés plus grandes. Quatre essais ont été installés dans la région centrale (trois à Cantanhede et un à Mortágua, avec 65 à 270 plantes, en 3 répétitions). Dans tous les cas, le reboisement d'eucalyptus a impliqué la destruction des souches avec une herminette. Le traitement conventionnel / « Opérationnel » consistait en un continu hersage et un défonçage. À Cantanhede, deux traitements Tests ont été réalisés, défonçage T1 (tririper) et creusement T2 (avec herminette) pour la plantation entre les souches. À Mortágua, en raison de la taille des rejets ligneux des souches, différentes options de gestion de résidus forestiers ont été testées. Le traitement « Opérationnel », avec incorporation de résidus forestiers lors du hersage, a été comparé aux traitements Tests « TA et TB », soit sans hersage, soit sans/« TA » vs. avec/« TB » élimination des résidus ligneux. Dans les traitements «TA et TB», pour la mobilisation du sol, défonçage à la ligne (ripped) vs creusement pour la plantation (creusement) ont été essayés. À Mortágua, la construction de terrasses, une technique répandue dans la région a été également comparée. Après un an, dans les 4 essais, les traitements Test ne différaient pas significativement de l'Opérationnel en termes de taux de survie. Cependant, à Cantanhede (dans les 3 essais), le traitement Opérationnel a montré une croissance de hauteur significativement supérieure à celle des traitements Test. Il a été démontré que la croissance de la hauteur variait en proportion directe avec la matière organique du sol et le potassium. Après 3 ans, le volume moyen/arbre n'a montré aucune différence significative entre les traitements (Opérationnel *vs* Test), dans deux essais à Cantanhede, restant l'Opérationnel significativement plus élevé dans le 3^{ème} essai. À Mortágua, la hauteur moyenne supérieure (1 an) était de $2,75 \pm 0,06$ m à Terrasses (traitement avec un plus grand impact environnemental), mais sans différences significatives dans le creusement TA (alignement des résidus entre les rangées et creusement pour la plantation). Dans le cadre du projet, il est prévu de poursuivre le suivi des tests afin de corroborer les résultats de la présente étude obtenus dans la phase initiale du cycle de croissance, lorsque les techniques de préparation du terrain auront, comme on peut s'y attendre, un plus grand impact.

Mots clés: petite exploitation, mobilisation du sol, survie, volume moyen, plantation forestière.

Introdução

O solo é um recurso essencial para a produção vegetal. Sendo o substrato natural para o crescimento das plantas, a qualidade do solo é imprescindível para a sustentabilidade produtiva das plantações florestais, como as de eucalipto (FABRES *et al.*, 2021a).

A preparação do terreno é uma etapa decisiva para o sucesso de uma plantação de eucalipto, pois influencia o crescimento inicial das plantas, a homogeneidade do povoamento e a sua produtividade (REICHERT *et al.*, 2021). No caso de Portugal, esta prática tem especial relevância, não só pela expressão da floresta a nível nacional (36 % segundo o IFN6), mas também porque o solo com ocupação florestal do território nacional é frequentemente pouco desenvolvido e delgado, como é o caso dos *Leptosols* e *Regosols* (FABRES *et al.*, 2021b), o que coloca uma limitação física ao desenvolvimento radicular na pós-plantação.

Na instalação de povoamentos de eucalipto (arborização, rearborização ou reconversão) é, geralmente, necessário proceder-se à gestão dos sobrantes de corte, ao controlo da vegetação espontânea e/ou à inibição da rebentação da toíça que permanece no terreno. Tais procedimentos facilitam as operações silvícolas subsequentes e minimizam a competição entre as jovens plantas e a vegetação por recursos como luz, água e nutrientes. A adequada preparação do terreno, além destas premissas, promove a descompactação e o aumento da profundidade efetiva do solo, quando necessário, facilitando a expansão das raízes por diminuir a resistência física, melhorando, ainda, a capacidade de infiltração e retenção de água no solo (FABRES *et al.*, 2021a). Contudo, a utilização de maquinaria nesta fase do povoamento poderá impactar negativamente propriedades do solo como estrutura e compacidade, pelo que a técnica a aplicar na preparação do terreno deve ser ajustada a cada caso, principalmente em função do tipo de solo, declive do terreno e uso anterior (MADEIRA *et al.*, 2007, 2012; FRANÇA *et al.*, 2021; FABRES *et al.*, 2021b). No trabalho de MADEIRA & ARAUJO (2015) faz-se uma revisão dos potenciais impactes da atividade de instalação dos povoamentos de eucalipto no solo e destaca-se a relevância das práticas de preparação ajustadas às condições locais, particularmente em termos de orografia, tipo de solo, litologia base e gestão de sobrantes.

Entre as técnicas utilizadas em Portugal para a preparação do terreno inclui-se o destroçamento de cepos (evita a sua posterior rebentação por fragmentação da parte aérea do cepo em porções mais pequenas), a gradagem (mobilização superficial do solo e incorporação da vegetação e sobrantes no solo) e ripagem

(mobilização do solo até 60 cm sem que haja inversão de horizontes de solo utilizando dentes metálicos denominados também como ferros ou rippers). A adoção de cada uma destas técnicas deverá ser função da necessidade específica de cada local e situação.

No Centro e Norte do País prevalece o minifúndio, mas a preparação do terreno é tradicionalmente realizada com recurso à maquinaria utilizada em propriedades de maior dimensão. Há, por conseguinte, necessidade de desenvolver e estudar alternativas ajustadas à escala da propriedade tornando a gestão silvícola mais eficiente em termos económicos (redução de custos operacionais), ambientais (maior conservação do solo, aumentando a matéria orgânica e o sequestro de carbono) e tentando desta forma promover um aumento da produtividade florestal. São objetivos específicos do presente trabalho avaliar o impacto de diferentes técnicas de mobilização e preparação do terreno na fertilidade do solo e no crescimento das plantas, procurando validar as técnicas mais ajustadas à dimensão da propriedade, às condições do terreno e às características de solo, de forma a promover uma gestão sustentável do ecossistema florestal.

Material e métodos

Enquadramento geográfico e caracterização dos locais de ensaio

Os locais de ensaio ficam situados na zona Centro de Portugal, nos distritos de Coimbra (em Cantanhede) e de Viseu (em Mortágua) (Figura 1), caracterizados por um clima Mediterrâneo com influência marítima, de tipologia temperada (CsB) de acordo com a classificação de Köppen (KÖPPEN, 1931).



Figura 1 - Localização geográfica dos ensaios instalados em 2018 no distrito de Coimbra (Cantanhede): 1. - Fujaco, 2. - Andorinha, 3. - Ançã; e em 2020 no distrito de Viseu: 4. - Mortágua.

A tipologia de solo varia desde solos mais profundos (e.g. *Arenosols*) a mais delgados e pouco desenvolvidos (e.g. *Leptosols*) conforme perfis apresentados na Figura 2.

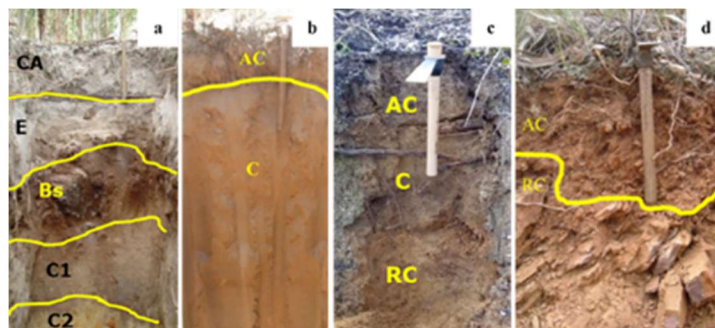


Figura 2 - Perfis de solo dos locais de ensaio: a – Fujaco, b – Andorinha, c – Anã, d – Mortágua.

As características relativas à litologia e tipo de solo são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Caracterização dos locais de ensaio: litologia e solo.

Distrito Local	Ensaio	Litologia	Tipo do Solo (FAO 2014)	Profundidade do solo (cm)
Distrito: Coimbra Local: Cantanhede	1 Fujaco	Areias, arenitos pouco consolidados	<i>Entic Podzols</i>	> 140 cm
	2 Andorinha	Areias e cascalheiras	<i>Humic Arenosols</i>	> 140 cm
	3 Anã	Arenitos pouco consolidados	<i>Arenic Endoleptic Regosols</i>	RC > 60 cm
Distrito: Viseu	4 Mortágua	Xistos, grauvaques e quartzitos	<i>Humic Skeletic Leptosols</i>	RC > 25 cm

A Zonagem edafoclimática realizada pelo RAIZ tem como objetivo identificar as melhores práticas de preparação do terreno a adotar em função das características específicas do tipo de solo e clima e, ainda, das condições locais, em termos de orografia, litologia, profundidade do solo e consequente aptidão para a espécie (RAIZ, 2023).

A Zonagem envolve a estratificação das áreas em unidades homogêneas, segundo parâmetros de aptidão para o eucalipto, função da combinação específica de solo e clima. A classificação do solo e do clima varia numa escala crescente de potencial produtivo de 0 a 10. O potencial do clima é função da precipitação média anual, número de dias com chuva e características de verão e inverno (Tabela 2). O potencial do solo é função da profundidade do solo, pedregosidade, textura e tipo de rocha-mãe (PROJ. IPLANT, 2019; MENDES, 2022). A Tabela 2 mostra a caracterização do potencial produtivo para os diferentes ensaios.

Tabela 2 – Caracterização do potencial produtivo nos 4 ensaios em função do solo e clima, de acordo com a zonagem edafoclimática proposta pelo RAIZ (Proj. iPlant, 2019; Mendes, 2022).

Caracterização do clima e potencial produtivo	Cantanhede			Mortágua
	Fujaco	Andorinha	Ançã	
Precipitação média total (mm)	1200 mm	1200 mm	1000 mm	1200 mm
Nº de dias com precipitação > a 1 mm	110 dias	110 dias	110 dias	120 dias
Precipitação média dos meses junho a agosto (mm)	84 mm	84 mm	84 mm	84 mm
Verão: média da temperatura máx. do mês mais quente (°C)	26 °C	27 °C	28 °C	29 °C
Nº de dias com temperatura > a 25°C	60 dias	65 dias	70 dias	75 dias
Inverno: média da temperatura mínima do mês mais frio (°C)	4,0 °C	4,2 °C	4,5 °C	3,8 °C
Nº de dias com temperatura < a 0°C	2 dias	4 dias	4 dias	9 dias
Potencial de clima¹	8	8	7	7
Potencial de solo¹	2 a 3	2 a 3	4 a 5	2 a 3

Nota: ¹A classificação do potencial de solo e de clima varia numa escala crescente de potencial produtivo de 0 a 10 (Proj. iPlant, 2019). **Fontes:** Normais Climatológicas 1971-2000 (IPMA); Mendes, 2022.

De acordo com os autores do PROJ. IPLANT (2019) relativamente à classificação climática todos os ensaios se situam na região RM1, de melhor aptidão para o eucalipto (com precipitações anuais superiores a 1000 mm; mais de 100 dias no ano com precipitação superior a 1 mm; precipitações superiores a 55 mm no conjunto dos meses mais quentes, junho a agosto; e com verões com temperaturas moderadas). Já no que se refere à classificação dos solos, todos os

ensaios se situam na região RM2, de menor aptidão para o eucalipto (em que dominam solos arenosos com baixa retenção de água e os derivados de xisto com reduzida profundidade e pedregosidade elevada).

Caraterização dos ensaios

Os ensaios foram instalados em área de minifúndio, previamente ocupada com eucalipto, pelo que houve necessidade prévia de destruição das toijas, por destroçamento dos cepos, com recurso à giratória equipada com enxó (Tabelas 3 e 5; Figura 3a).

Em todos os ensaios o tratamento operacional, mais utilizado em propriedades de maior dimensão (Figuras 3d e 3e) foi comparado com tratamentos alternativos, designados por “Teste” caracterizados pela sua viabilidade em minifúndio (dimensões, mobilidade no terreno e disponibilidade associada ao tipo de máquina, como a giratória e equipamento como a enxó e o tri-riper; Figuras 3b e 3c). As operações nas modalidades de “Teste” são caracterizadas por uma menor área intervencionada e, também por essa razão, menor impacto no solo e têm como objetivo analisar e validar a sua utilização comparativamente à intervenção operacional, avaliada pelo seu efeito na taxa de sobrevivência e no crescimento das plantas.

Na plantação foram utilizadas plantas de clonais (Clone GOES), provenientes dos Viveiros Aliança. À plantação foi realizada a adubação, usada em termos convencionais, que consiste na aplicação de 30g/planta de adubo de libertação controlada (14:12:9), ao fundo da cova e de 60g/planta de superfosfato 42% P_2O_5 , aplicado em filete, 30 cm para cada lado da planta.

Caraterização dos ensaios instalados em Cantanhede

Em Cantanhede a preparação do terreno ocorreu entre março e maio e os ensaios foram instalados em abril de 2018 (Tabela 3, Figuras 3a e 3e).

Tabela 3 - Descrição dos tratamentos nos três ensaios instalados em Cantanhede.

Ensaio	Tratamentos	Descrição das operações	Equipamento	Máquina
Fujaco, Andorinha e Ançã	Operacional	Destroçamento de cepos	Enxó	Giratória
		Gradagem total	Grade de discos	Bulldózer
		Ripagem com 1 dente ¹	Riper	
Fujaco e Ançã	Teste 1	Destroçamento de cepos	Enxó	Giratória
		Ripagem	Tri-riper	
Andorinha	Teste 2	Destroçamento de cepos	Enxó	Giratória
		Coveamento com enxó na linha, entre os antigos cepos		

Ripagem com 1 dente¹ – ripagem na linha de plantação.

A Tabela 3 evidencia que nos tratamentos Teste (1 e 2) só foi utilizada 1 máquina ao contrário do tratamento operacional onde foram utilizadas 2 máquinas, com 3 passagens no terreno (destroçamento, gradagem e ripagem) podendo vir a aumentar o risco de compactação do solo. Por outro lado, o custo associado ao transporte das máquinas é diluído quando aplicado em terrenos de maior dimensão. No tratamento Teste 1 são necessárias 2 passagens no terreno (2 equipamentos), enquanto no tratamento Teste 2 o mesmo equipamento (enxó) poderá realizar simultaneamente o destroçamento de cepos e o coveamento na linha entre os cepos para a abertura mecanizada de covas para a plantação.



Figura 3a - Destroçamento de cepos em Fujaco (março 2018).



Figura 3b - Operação de tri-riper em Fujaco; Teste 1 (março 2018).



Figura 3c - Destroçamento e coveamento em Andorinha; Teste 2 (março 2018).



Figura 3d - Gradagem em Ançã (maio 2018).



Figura 3e - Ripagem com 1 ferro em Ançã, após a realização de uma gradagem total / contínua em toda a área. Tratamento Operacional testado em todos os ensaios (maio 2018).

Refere-se, ainda, que a ripagem com 1 dente de ripper permite estabelecer as linhas de plantação com espaçamento entre elas de 4m (entrelinha), sem que haja inversão de horizontes criando condições favoráveis ao desenvolvimento das raízes das jovens plantas, aumentando o volume do solo a ser explorado pelas raízes.

Tabela 4 – Número de plantas (N) e respetiva área por tratamento e ensaio, na região de Cantanhede.

Tratamento	Fujaco		Andorinha		Anã	
	N	Área (m ²)	N	Área (m ²)	N	Área (m ²)
Operacional	36	288 m ²	67	536 m ²	39	312 m ²
Teste (1; 2)	29	232 m ²	71	568 m ²	38	304 m ²
Total geral	65	520 m ²	138	1104 m ²	77	616 m ²

O compasso à plantação foi de 4 x 2m (8m²/planta), sendo os tratamentos instalados em 3 repetições. O número de plantas foi dependente da área disponível e do acordo prévio com o proprietário (Tabela 4).

Caracterização do ensaio instalado em Mortágua

Ao contrário dos ensaios instalados em Cantanhede, caracterizados por uma rebentação da toíça reduzida, com rebentos predominantemente herbáceos (Figura 3a), em Mortágua as toíças tinham varas lenhosas, afetadas pelo incêndio florestal de 2017, bem como uma vigorosa rebentação (Figura 4a e 4b). Nestas condições não há só que proceder à inibição da rebentação da toíça, através do destroçamento dos cepos com uma giratória equipada com a enxó, como tomar uma decisão relativamente à gestão dos sobrantes de corte (Tabela 5).

Os tratamentos testados, no ensaio instalado em Mortágua, pretenderam avaliar a gestão de sobrantes e a preparação do terreno. No tratamento operacional após o destroçamento dos cepos e sem a remoção de sobrantes, procedeu-se à gradagem total (contínua), com grade de discos, para incorporação dos sobrantes, seguida de uma ripagem com 1 dente, na linha de plantação (Tabela 5). O tratamento operacional foi comparado com duas modalidades distintas de gestão de sobrantes, A - sem remoção de sobrantes *vs* B - com a remoção de sobrantes e, ainda, devido às condições de orografia, com declive acentuado (>25%) foi obrigatório proceder-se à reconstrução de terraços de forma a ser possível fazer a gestão florestal segundo a curva de nível, sem risco de reviramento / capotamento para a máquina e operador. Os tratamentos A e B

(sem ou com remoção de sobrantes, respetivamente) foram realizados em zonas com ligeiro declive (<10%), conforme ilustrado e descrito e nas Figuras 4a e 4b e Tabela 5. Com o tratamento C – reconstrução de terraços pretendeu-se também avaliar o efeito de uma modalidade vulgarmente praticada na região de Mortágua, em virtude da orografia da região (com declives de encosta acentuados), na taxa de sobrevivência e no crescimento das plantas, comparativamente aos outros tratamentos testados. Acresce referir que no tratamento terraços se procede a uma ripagem com 2 a 3 dentes na plataforma do terraço (Tabela 5), o que favorece o posterior desenvolvimento das raízes e o volume do solo explorado pelo sistema radicular, facto que pode estar associado ao crescimento das árvores nessas condições. A preparação de terreno foi realizada em fevereiro e a plantação em abril de 2020.



Figura 4a - Aspeto do povoamento anterior pós-fogo (fevereiro 2019).



Figura 4b - Destroçamento de cepos e alinhamento das varas para a entrelinha (fevereiro 2020).

A Tabela 5 mostra que, no Tratamento Teste A2 Coveado, só foram utilizados uma máquina e um equipamento, com a vantagem de alinhar os sobrantes na entrelinha, promovendo a cobertura do solo e reduzindo o impacto da precipitação (menor exposição a fenómenos como a chuva, maior proteção, menor risco de degradação e erosão do solo). Por outro lado, poderá contribuir para o aumento do teor em matéria orgânica do solo e da capacidade de retenção de água. No tratamento C – Terraços, a reconstrução dos mesmos foi necessária devido à reduzida dimensão das plataformas dos anteriores, que dificultava as operações mecanizadas para a condução do povoamento e posterior exploração. Neste caso também foi necessário o prévio destroçamento dos cepos com enxó, devido à dimensão das varas queimadas e ao vigor de rebentação das toças. O

compasso à plantação foi de 4 x 2m (8m²/planta) e de 5x2m (10 m²/planta) em terraços, sendo os tratamentos instalados em 3 repetições.

Tabela 5 - Descrição dos tratamentos no ensaio instalado em Mortágua.

Tratamentos	Gestão de Sobrantes	Operações	Equipamento	Máquina
Operacional A3	A *	Dest. cepos ¹	Enxó	Giratória
		Gradagem	Grade	Bulldózer
		Ripagem ²	Riper	
Teste A1 Ripado	A * e alinha os sobrantes na entrelinha	Dest. cepos ¹	Enxó	Giratória
		Alinha sobrantes		Bulldózer
Ripagem ²		Riper		
Teste A2 Coveado		Dest. cepos ¹	Enxó	Giratória
		Alinha sobrantes		
		Coveamento ³		
Teste B1 Ripado	B - Com remoção de sobrantes	Dest. cepos ¹	Enxó	Giratória
		Ripagem ²	Riper	Bulldózer
Teste B2 Coveado		Dest. cepos ¹	Enxó	Giratória
		Coveamento ³		
Terraços C		Dest. cepos ¹	Enxó	Giratória
		Reconstrução de Terraços ⁴	Lâmina e Riper	Bulldózer

Nota:

A* - Sem remoção de sobrantes; Dest. cepos¹ - destroçamento de cepos com enxó acoplada numa giratória; Ripagem² - ripagem com 1 dente na linha de plantação; Coveamento³ - coveamento com enxó na linha, entre os antigos cepos, para posterior plantação; Reconstrução de Terraços⁴ - com lâmina frontal e ripagem com 2 dentes na plataforma do terraço.

O número de plantas foi dependente da área disponível e do acordo prévio com o proprietário (Tabela 6).

Tabela 6 - Número de plantas e respetiva área por tratamento no ensaio instalado em Mortágua.

Tratamento	Gestão de Sobrantes	N	Área (m ²)
Operacional	A3 - Sem Remoção de sobrantes (8m ² /planta)	60	480 m ²
Teste A1 Ripado	A - Sem Remoção de sobrantes e alinha os sobrantes na entrelinha (8m ² /planta)	28	224 m ²
Teste A2 Coveado		35	280 m ²
Teste B1 Ripado	B - Com remoção de sobrantes (8m ² /planta)	39	312 m ²
Teste B2 Coveado		32	256 m ²
Terraços C	C- Dimensão da plataforma (10 m ² /planta)	76	608 m ²
Total geral		270	2160 m ²

Fertilidade do solo - Metodologia laboratorial

Foram recolhidas amostras de solo (compósitas), às profundidades de 0-10cm e 10-40cm nas parcelas instaladas em Cantanhede; e de 0-25 cm nas parcelas instaladas em Mortágua, devido à profundidade efetiva do solo (*Leptosols*). Foi realizada a caracterização físico-química no laboratório de solos e fertilidade da Escola Superior Agrária de Coimbra (ESAC). As amostras foram secas em estufa de ventilação forçada de ar, a 38°C, preparadas em moinho específico para solos, com crivagem através de malha de Ø<2 mm (LQARS, 1977). Na terra fina (Ø<2 mm) foram efetuadas as seguintes determinações: pH (H₂O), eletrometria, na relação solo: água 1:5 (v/v) (ISO 10390, 2005); carbono orgânico/matéria orgânica, combustão a 900°C 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 P₂O₅, 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 *et al.*, 1960); cationes 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), zinco (Zn), ferro (Fe) e manganês (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).

Monitorização dos ensaios

Os quatro ensaios foram avaliados regularmente (aos 1 e 3 anos, em Cantanhede e 1 ano em Mortágua) para aferição das taxas de sobrevivência (percentagem de plantas vivas) e de variáveis dendrométricas (altura e diâmetro à altura do peito / dap). A altura foi medida com hipsómetro Vertex IV e o dap com fita de diâmetros. 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 avaliação da fertilidade do solo (segundo a metodologia acima referida) foi efetuada no momento inicial e pretende-se realizar no final do projeto (4 e 2 anos, respetivamente em Cantanhede e Mortágua).

Análise estatística de resultados

O tratamento estatístico dos resultados obtidos, realizado no programa STATISTICA versão 12.0, consistiu: a) análise de variância (Anova) para avaliar o efeito dos tratamentos testados (Operacional vs Teste) nas variáveis dependentes (altura, dap e volume/árvore); b) transformação dos valores da taxa de sobrevivência (%) em Arc Sen (%), para a transformação numa variável com distribuição paramétrica (normal), para posterior realização da Anova; c) quando os tratamentos testados ou local e respetiva interação explicavam parte significativa da variância observada (sobrevivência, altura e volume), procedeu-se à realização de um teste de comparação múltipla de médias, teste de Duncan, para um nível de significância inferior a 5 % (DUNCAN, 1955); d) finalmente, a análise de componentes principais (ACP), foi realizada com o objetivo de melhor identificar a relação entre as variáveis estudadas (MILLER & MILLER, 2005).

Resultados e Discussão

Ensaios instalados em Cantanhede

A Tabela 7 mostra a caracterização dos solos nos ensaios instalados em Cantanhede.

Tabela 7- Caracterização dos solos nos ensaios instalados em Cantanhede¹.

Prof. (cm)	Terra fina (%)	Textura campo	pH (H ₂ O)	MO (%)	P ₂ O ₅ mg kg ⁻¹	K ₂ O mg kg ⁻¹	Ca ²⁺ cmol(+) kg ⁻¹	Mg ²⁺ cmol(+) kg ⁻¹	Cu	Zn	Fe mg kg ⁻¹	Mn	B
Fujaco - Operacional													
0-10 cm	98,10	Ligeira	6,4	0,6	≤ 25	32	1,65	0,17	0,4	≤ 0,6	35	4	0,26
10-40 cm	97,77	Ligeira	6,4	0,4	≤ 25	42	2,05	0,21	0,6	≤ 0,6	45	4	0,21
Fujaco - Teste 1													
0-10 cm	96,40	Ligeira	6,0	0,3	≤ 25	≤ 25	0,24	0,03	0,4	≤ 0,6	20	1	≤ 0,20
10-40 cm	96,69	Ligeira	5,9	0,3	≤ 25	≤ 25	0,18	0,05	0,6	≤ 0,6	18	≤ 0,7	0,32
Andorinha - Operacional													
0-10 cm	96,59	Ligeira	5,5	0,6	≤ 25	≤ 25	0,34	0,06	0,4	≤ 0,6	33	21	≤ 0,20
10-40 cm	95,31	Ligeira	5,6	0,4	≤ 25	27	0,17	0,05	≤ 0,3	≤ 0,6	27	14	≤ 0,20
Andorinha - Teste 2													
0-10 cm	95,42	Ligeira	6,2	0,6	≤ 25	≤ 25	1,02	0,07	≤ 0,3	≤ 0,6	29	28	0,43
10-40 cm	96,84	Ligeira	6,1	0,3	≤ 25	27	0,33	0,05	≤ 0,3	≤ 0,6	20	17	0,35
Ançã - Operacional													
0-10 cm	84,62	Ligeira	5,2	1,0	≤ 25	71	0,27	0,07	≤ 0,3	≤ 0,6	66	2	0,78
10-40 cm	85,50	Ligeira	5,3	0,5	≤ 25	45	0,19	0,04	≤ 0,3	≤ 0,6	38	1	0,39
Ançã - Teste 1													
0-10 cm	81,85	Ligeira	5,4	0,8	≤ 25	56	0,99	0,14	≤ 0,3	≤ 0,6	57	3	0,51
10-40 cm	81,88	Ligeira	5,4	0,4	≤ 25	49	0,06	0,06	≤ 0,3	≤ 0,6	35	1	0,67

¹Amostras colhidas em janeiro 2018, preparação do terreno entre março e maio e plantação em abril 2018; Descrição dos Tratamentos na Tabela 3.

No geral, são solos de textura ligeira, com baixo teor em matéria orgânica e muito baixos em fósforo extraível, cálcio e magnésio de troca, bem como zinco extraível. No tocante aos outros nutrientes, os teores variaram, mas sem variações expressivas. No conjunto dos três ensaios, Ançã é o que apresenta o pH mais baixo, maior percentagem de elementos grosseiros e um teor em matéria orgânica e potássio ligeiramente superior.

Taxa de sobrevivência

Com o objetivo de avaliar o potencial efeito dos diferentes tratamentos (Operacional vs Teste 1 e Teste 2) nos três ensaios instalados em Cantanhede procedeu-se ao fim de 1 ano à avaliação da sobrevivência (Tabela 8).

Tabela 8 – Taxa de sobrevivência (%) observada ao fim de 1 ano nos três ensaios instalados em Cantanhede.

Fujaco			Andorinha		
Tratamento	N	Sobrevivência (%)*	Tratamento	N	Sobrevivência (%)*
		Média ± SE			Média ± SE
Operacional	36	97,22 ± 0,80 ^a	Operacional	67	80,00 ± 6,55 ^a
Teste 1	29	90,00 ± 1,86 ^a	Teste 2	71	87,40 ± 3,52 ^a
Total Geral	65	93,61 ± 1,00	Total Geral	138	83,70 ± 5,04

Anã		
Tratamento	N	Sobrevivência (%)*
		Média ± SE
Operacional	39	92,22 ± 2,60 ^a
Teste 1	38	82,50 ± 6,29 ^a
Total Geral	77	87,36 ± 4,45

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

Os resultados da taxa de sobrevivência observados ao fim de 1 ano (Tabela 8), evidenciam que os tratamentos de mobilização mínima (Teste 1 e 2), com menor perturbação do solo no povoamento, não mostraram diferenças significativas do tratamento Operacional. Este parâmetro é relevante na seleção de tratamentos, já que pode ser avaliado numa fase precoce do povoamento e está associado ao custo de instalação e à necessidade de serem realizadas operações complementares, como a retanção (FABRES *et al.*, 2021b). A substituição de plantas mortas está associada a custos acrescidos à rearborização e à redução da homogeneidade de produção, em particular para espécies de luz e de rápido crescimento, como é o caso do eucalipto (CORREIA & OLIVEIRA, 2003).

A Tabela 9 mostra os resultados do acréscimo médio em altura observados nos três ensaios instalados em Cantanhede, um ano após a instalação.

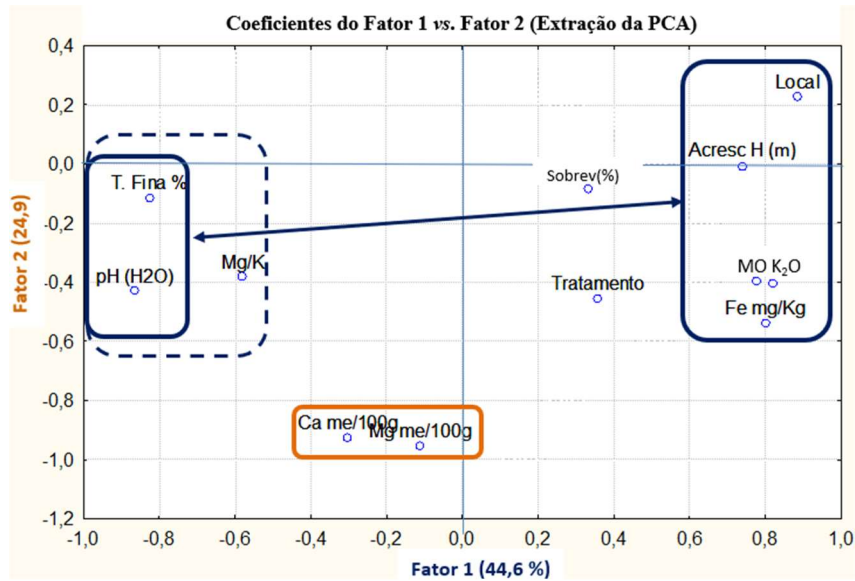
Tabela 9- Acréscimo médio em altura (m) observada ao fim de 1 ano nos três ensaios instalados em Cantanhede.

Tratamento	Acréscimo médio de altura (m)*		
	Fujaco (Média ± SE)	Andorinha (Média ± SE)	Anã (Média ± SE)
Operacional	0,62 ± 0,04 ^a	0,92 ± 0,03 ^a	0,80 ± 0,01 ^a
Teste	0,49 ± 0,05 ^b	0,50 ± 0,03 ^b	0,71 ± 0,03 ^b
Total Geral	0,57 ± 0,03	0,71 ± 0,03	0,76 ± 0,02

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

Ao fim de 1 ano, nos 3 ensaios instalados em Cantanhede, independentemente da modalidade executada no tratamento Teste (Teste 1 com tri-riper em Fujaco e Ançã; ou Teste 2 coveamento com enxó entre cepos em Andorinha), verificou-se que o acréscimo médio em altura no tratamento Operacional apresentou resultados significativamente superiores relativamente às modalidades de Teste.

Para avaliar a relação entre o acréscimo em altura, o local do ensaio, os tratamentos testados e os resultados da análise de solos (Tabela 7) foi realizada uma análise de componentes principais (PCA – Figura 5). O fator 1 da PCA, que explica 44,6% da variância observada, está associado ao acréscimo em altura (com coeficiente marcado/explicativo de 0,74, Tabela da Fig. 5). O fator 1 evidencia que o acréscimo em altura é dependente do local (coef. 0,88), está correlacionado positivamente com o teor de matéria orgânica (coef. 0,78), com o potássio extraível (coef. 0,82) e o ferro (coef. 0,80), este último provavelmente associado a uma maior absorção, em condições do solo com pH mais baixo (com uma relação negativa com o acréscimo em altura, coef. -0,86). FABRES *et al.* (2021b) referem da sensibilidade da espécie ao pH do solo, particularmente a valores mais alcalinos. Dos 3 ensaios é o de Ançã que apresenta os valores mais baixos de pH 5,2-5,4 e teores ligeiramente superiores de matéria orgânica, potássio e ferro (Tabela 7). O fator 1 evidencia, ainda, uma relação negativa entre o crescimento e a percentagem em terra fina (coef. -0,83). Este facto poderá estar relacionado com o declive reduzido (cerca de 5%), onde a presença de elementos grosseiros poderá favorecer a drenagem interna, favorecendo o desenvolvimento das raízes em maior profundidade.



Variáveis	Coeficientes > 0,70 marcados		
	Fator 1	Fator 2	Fator 3
Local	0,884387	0,225101	0,292505
Tratamento	0,358791	-0,456113	-0,680733
Sobrevivência T2 %	0,333155	-0,086461	-0,688491
Acrescimento H (m)	0,740754	-0,011153	-0,530891
Terra Fina %	-0,825125	-0,116344	-0,486767
M. Orgânica (%)	0,776665	-0,397122	0,076716
pH (H2O)	-0,864415	-0,430674	-0,048073
K2O extraível mg/Kg	0,821140	-0,403591	0,314277
Ca me/100g	-0,301043	-0,926485	0,001726
Mg me/100g	-0,110135	-0,953046	0,089523
Mg/K	-0,578807	-0,381907	0,480695
Fe mg/Kg	0,801745	-0,538490	0,169570
Expl.Var	5,356690	2,988414	1,916571
Prp.Totl	0,446391	0,249035	0,159714

As variáveis associadas aos fatores 1 a 3, indicadas na tabela, bem como, os respectivos coeficientes.

Variáveis explicativas de cada fator (com coeficiente elevado >0,70, marcadas na tabela), mostram a sua relevância (expressa pelos respectivos coeficientes), para a variância do respetivo fator.

Figura 5 - Análise de componentes principais (PCA). Variância expressa pelos fatores 1 (44,6 %), 2 (24,9 %) e 3 (16,0 %).

A Figura 5 mostra que a PCA explica o total da variância observada de 85,5% através dos fatores 1 a 3 com respetivamente 44,6%, 24,9% e 16,0%.

A textura ligeira e o baixo teor de matéria orgânica dos solos ensaiados em Cantanhede fazem com que estes apresentem uma baixa capacidade de retenção de água e de nutrientes. Assim, o teor em matéria orgânica é relevante na retenção de água e nutrientes, contribuindo para o maior acréscimo em altura (MADEIRA *et al.*, 2007). O maior teor em matéria orgânica, apesar de baixo (1%) foi observado

em Ançã. A relevância da matéria orgânica no solo para o crescimento é também referida por outros autores e, em particular, para o caso do eucalipto (FABRES *et al.*, 2021b).

A Tabela 10 mostra os valores médios para diferentes parâmetros dendrométricos (altura, dap e volume/árvore com casca e com cepo) observados nos três ensaios instalados em Cantanhede ao fim de 3 anos.

Tabela 10 – Valores médios para a altura (m), dap (cm) e volume (m³ com casca e com cepo / árvore) observados ao fim de 3 anos nos três ensaios instalados em Cantanhede.

Tratamento (3 anos)	Altura média (m) (Média ± SE)*	DAP (cm) (Média ± SE)*	Vol m³ (c/c e c/cepo) (Média ± SE)*
Fujaco			
Operacional	6,40 ± 0,24 ^a	6,03 ± 0,29 ^a	0,0105 ± 0,0011 ^a
Teste 1	6,03 ± 0,20 ^a	6,13 ± 0,36 ^a	0,0098 ± 0,0014 ^a
Total Geral	6,25 ± 0,16	6,07 ± 0,22	0,0103 ± 0,0009
Andorinha			
Operacional	6,57 ± 0,18 ^a	5,94 ± 0,21 ^a	0,0108 ± 0,0009 ^a
Teste 2	4,36 ± 0,22 ^b	3,36 ± 0,23 ^b	0,0037 ± 0,0007 ^b
Total Geral	5,45 ± 0,17	4,63 ± 0,19	0,0072 ± 0,0006
Ançã			
Operacional	7,01 ± 0,16 ^a	6,49 ± 0,21 ^a	0,0129 ± 0,0009 ^a
Teste 1	6,53 ± 0,29 ^a	5,69 ± 0,36 ^a	0,0114 ± 0,0015 ^a
Total Geral	6,80 ± 0,16	6,13 ± 0,20	0,0122 ± 0,0008

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

Os resultados observados ao fim de 3 anos, mostram que no ensaio de Andorinha, foram observados resultados significativamente superiores para todos os parâmetros dendrométricos no tratamento Operacional. No entanto, em dois dos ensaios instalados (Fujaco e Ançã), ao fim de 3 anos, o volume médio por árvore não mostrou diferenças significativas entre os tratamentos (Operacional *vs.* Teste). De acordo com ERIKSSON *et al.* (2006) e WHITE *et al.* (2007) verifica-se, a 1/3 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 para o caso do eucalipto corresponde aos 4 anos (rotação de 12 anos). Mas, ZOBEL e TALBERT (2003), alertam que, devido à interação

entre o genótipo e o meio ambiente, esta afirmação só é verdadeira para condições semelhantes do meio ambiente e material genético. PROJ. IPLANT (2019) referem que em boas condições de crescimento a idade de correlação entre o estado juvenil e adulto pode ser antecipada para os 3 anos. Assim, pode estimar-se, em condições semelhantes às testadas em Fujaco e Ançã, a não existência de diferenças significativas para o volume à idade de corte entre os tratamentos Operacional e Teste, considerando a boa relação entre o estado juvenil (a partir dos 3 anos) e o estado adulto. No entanto, será aconselhável avaliar novamente no final do projeto o valor de altura e diâmetro, bem como, realizar novas análises de solo.

O ensaio em Andorinha está instalado numa área baixa, caracterizada por maior acumulação de água. Nestas condições, a ripagem realizada no tratamento operacional, favoreceu a drenagem interna do excesso de água, o que já não foi estimulado na modalidade de “Teste 2” (coveamento entre cepos, para plantação). Este aspeto tornou-se mais relevante ao fim de 3 anos, conforme os resultados apresentados nas Tabelas 9 e 10 e na Figura 6.

A Figura 6a evidencia que nos três ensaios foram observados resultados inferiores ($P < 0,05$) no tratamento de Teste para a variável acréscimo médio de altura, ao fim de 1 ano. No entanto, ao fim de 3 anos, a diferença entre os tratamentos teste e o operacional, avaliados pelo volume, não foi significativa para os ensaios de Ançã e Fujaco (Figura 6b).

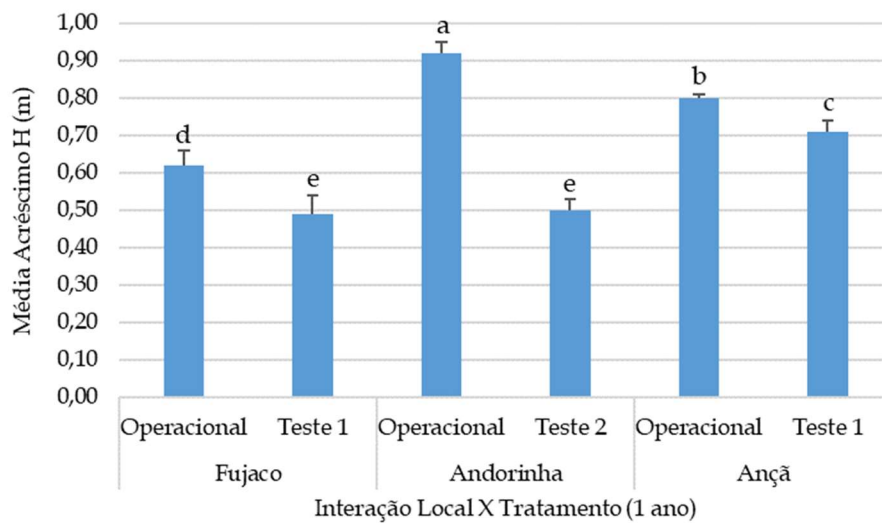


Figura 6a – Efeito da interação entre o local e o tratamento nos ensaios instalados em Cantanhede no acréscimo médio em altura observado ao fim de 1 ano.

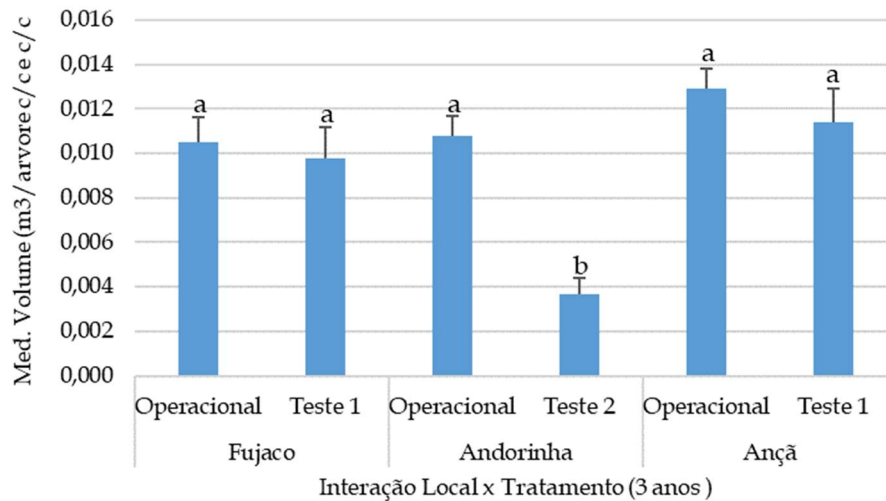


Figura 6b – Efeito da interação entre o local e o tratamento nos ensaios instalados em Cantanhede no Volume médio/árvore (m³ com casca e com cepo), observado ao fim de 3 anos. Nota: Letras diferentes mostram a existência de diferenças significativas ($P < 0,05$) Teste de Duncan.

Embora o tratamento convencional (operacional) no ensaio de Andorinha parecia prever, no primeiro ano, que iria permitir um maior crescimento relativamente aos outros dois ensaios - pois era aquele com o maior acréscimo médio de altura ($P < 0,05$) - ao fim de três anos isso não se verificou. Este facto poderá estar associado a problemas de drenagem externa e interna do solo e consequente aparecimento de restrições das condições físicas do solo para o desenvolvimento da raiz (FABRES *et al.*, 2021b), que se acentuam com a idade da árvore e a necessidade de desenvolver um sistema radicular mais profundo.

Ensaio instalado em Mortágua

A Tabela 11 mostra a caracterização dos solos no ensaio instalado em Mortágua. O solo tem carácter ácido, com maior teor em matéria orgânica, comparativamente aos ensaios instalados em Cantanhede (correspondente à classe de fertilidade Alta a Muito Alta em Teste A2). O teor em fósforo extraível é muito baixo, semelhante aos solos dos ensaios instalados em Cantanhede. Também são muito baixos os teores em Ca^{2+} e Mg^{2+} de troca e os

micronutrientes zinco e manganês. Por outro lado, o boro apresenta-se em teores elevados.

Tabela 11- Caracterização dos solos no ensaio instalado em Mortágua¹.

Terra fina	Textura	pH	M.O.	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cu	Zn	Fe	Mn	B
(%)	campo	(H ₂ O)	(%)	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	cmol(+) kg ⁻¹	cmol(+) kg ⁻¹			mg kg ⁻¹		
Operacional A3												
61,8	Média	4,8	5,0	≤ 25	56	0,33	0,12	0,7	≤ 0,6	151	2	3,3
Teste A1 Ripado												
56,1	Média	4,8	4,1	≤ 25	55	0,42	0,11	1,0	≤ 0,6	123	2	3,4
Teste A2 Coveado												
55,39	Média	4,8	7,5	≤ 25	94	0,94	0,17	0,8	≤ 0,6	207	4	3,6
Teste B1 Ripado												
60,52	Média	4,8	5,0	≤ 25	≤ 25	0,19	0,10	0,7	≤ 0,6	143	1	3,1
Teste B2 Coveado												
64,72	Média	4,8	5,7	≤ 25	65	0,17	0,09	0,6	≤ 0,6	137	1	2,9
Terraços C												
58,6	Média	4,8	5,7	≤ 25	67	0,20	0,14	0,7	0,70	115	4	2,7

¹Amostras colhidas em janeiro 2020 (profundidade 0-25 cm), preparação do terreno em fevereiro e plantação em março 2020; Descrição dos Tratamentos na Tabela 5.

Taxa de sobrevivência

A Tabela 12 mostra a taxa de sobrevivência (%) observada ao fim de 1 ano, nos diferentes tratamentos testados no ensaio instalado em Mortágua em 2020.

Tabela 12 - Taxa de sobrevivência (%) observada ao fim de 1 ano observada no ensaio instalado em Mortágua.

Tratamento	Gestão de Sobrantes	Descrição das operações ¹	N ^{o2}	Sobrevivência (%) ³ média ± SE
Operacional A3	A*	Gradagem e Ripagem c/ 1 dente	60	100,00 ± 0,00 ^a
Teste A1 ripado	A* e alinha os sobrantes	Ripagem c/ 1 dente na linha	28	93,33 ± 4,79 ^a
Teste A2 Coveado		Coveamento na linha	35	100,00 ± 0,00 ^a
Teste B1 ripado	B - Com remoção	Ripagem c/ 1 dente na linha	39	97,50 ± 2,53 ^a
Teste B2 Coveado		Coveamento na linha	32	100,00 ± 0,00 ^a
Terraços C		Reconstrução de Terraços	76	98,65 ± 1,33 ^a
Total geral			270	98,52 ± 0,74

A* Sem remoção de sobrantes; ¹Prévio destocamento de cepos em todos os tratamentos com enxada acoplada a uma giratória; ²N^o de plantas; ³Os valores representam a média ± SE; Letras diferentes mostram a existência de diferenças significativas (P<0,05) Teste de Duncan.

Os resultados da taxa de sobrevivência observados ao fim de 1 ano (Tabela 12) mostram a não existência de diferenças significativas entre os diferentes tratamentos testados, comparativamente ao tratamento operacional, sugerindo que os tratamentos de mobilização mínima, mais exequíveis em áreas de pequena dimensão (minifúndio) não afetaram a sobrevivência das plantas.

Na identificação dos melhores tratamentos, a taxa de sobrevivência é um parâmetro relevante, já que pode ser avaliado numa fase precoce do povoamento, marca o sucesso e o custo na fase de instalação e, ainda, porque em espécies de luz e de rápido crescimento como o eucalipto, condiciona de forma relevante a produtividade média do povoamento ao fim da rotação (CORREIA & OLIVEIRA, 2003; FABRES *et al.*, 2021b).

Parâmetros dendrométricos

Os resultados da altura média observados um ano após a instalação do ensaio são apresentados na Tabela 13.

Tabela 13 - Valores médios de altura (m), observados ao fim de 1 ano no ensaio instalado em Mortágua.

Tratamento	Gestão de Sobrantes	Descrição das operações ¹	Nº ²	Altura média (m) ³ média ± SE
Operacional A3	A*	Gradagem e Ripagem c/ 1 dente	60	2,24 ± 0,05 ^c
Teste A1 ripado	A* e alinha os sobrantes	Ripagem c/ 1 dente na linha	28	1,92 ± 0,08 ^d
Teste A2 Coveado		Coveamento na linha	35	2,64 ± 0,05 ^{ab}
Teste B1 ripado	B - Com remoção	Ripagem c/ 1 dente na linha	39	2,38 ± 0,08 ^{bc}
Teste B2 Coveado		Coveamento na linha	32	2,24 ± 0,04 ^{cd}
Terraços C		Reconstrução de Terraços	76	2,75 ± 0,06 ^a
Total geral			270	2,42 ± 0,03

A* Sem remoção de sobrantes; ¹Prévio destroçamento de cepos em todos os tratamentos com enxó acoplada a uma giratória; ²Nº de plantas; ³Os valores representam a média ± SE; Letras diferentes mostram a existência de diferenças significativas (P<0,05) Teste de Duncan.

A altura média observada (ao fim de 1 ano) foi de 2,42±0,03m, com resultados significativamente superiores nos tratamentos de Terraços C e de “Teste-TA2-coveado”. O maior crescimento nos terraços deverá estar associado à ripagem com 2 dentes na plataforma do terraço, sendo a planta colocada na linha exterior da bancada de passagem do dente do riper. A mobilização do solo, em profundidade (cerca de 60 cm) nas linhas de passagem do riper, facilitam o

desenvolvimento do sistema radicular e consequentemente o volume do solo a ser explorado, aumentando a disponibilidade de água e nutrientes e promovendo o crescimento em altura. O tratamento TA2-coveado (destroçamento de cepos, alinhamento de sobrantes na entre linha e coveamento no espaço entre cepos com giratória para plantação) apresentou resultados (ao fim de 1 ano) significativamente superiores ao Tratamento operacional (destroçamento de cepos, gradagem e ripagem). O tratamento TA2-coveado, associado a uma única máquina e equipamento (giratória e enxó), com menor custo no transporte de máquinas e com uma única passagem no terreno (menor efeito de compactação do solo), permite maior proteção do solo da erosão, devido ao alinhamento dos sobrantes na linha, reduzindo o escoamento superficial da água, promovendo o aumento da matéria orgânica do solo e reduzindo a competição com infestantes (devido à cobertura do solo, inibição da germinação e à não mobilização do solo na entre linha). FABRES (*et al.* 2021b) e MADEIRA & ARAUJO (2015) referem também os efeitos positivos da gestão de sobrantes no seu contributo para o aumento da matéria orgânica do solo, a retenção de água e consequentemente no crescimento das plantas. No entanto, estes valores reportam ao crescimento em altura ao fim de 1 ano, sendo por isso necessário aguardar os resultados aos 4 anos, de acordo com ERIKSSON *et al.* (2006) e WHITE *et al.* (2007) ou 3 anos, considerando a sua integração na região RM1, de melhor aptidão para o eucalipto relativamente à classificação climática PROJ. IPLANT (2019).

Considerações Finais

Os resultados obtidos trazem novo conhecimento sobre alternativas para a mobilização de terreno em áreas de menores dimensões. Nos 4 ensaios instalados não foi verificada diferença significativa nas taxas de sobrevivência entre tratamentos. Em ensaios de Cantanhede, verificou-se um melhor arranque em termos de crescimento das plantas com as técnicas de preparação de terreno convencionais mas cujas diferenças para os tratamentos em teste (tri-riper e coveamento com enxó) parecem estar a diminuir com o ciclo de crescimento, sugerindo a sua viabilidade em áreas de pequena dimensão. Pretende-se no final do projeto apresentar os resultados ao fim de 4 e 3 anos nos ensaios instalados respetivamente em Cantanhede e Mortágua com o objetivo de identificar os tratamentos mais favoráveis à sobrevivência, ao crescimento das plantas, à proteção do solo e com menor impacto ambiental, de forma a identificar os

tratamentos mais adequados para a espécie, nas áreas de minifúndio, em função da qualidade da estação.

Estes resultados e informação adicional encontra-se disponível para consulta no site do GO-IEPE (www.iepe.pt) e na plataforma e-globulus (www.e-globulus.pt).

Agradecimentos

Este estudo foi financiado pelo projeto GO- IEPE - Instalação eficiente de povoamentos de eucalipto, PDR2020-101-001, sob a coordenação da Entidade Líder a OFA.

Agradecimento especial a Paulo Cavaleiro, da empresa Leitão e Cavaleiro, entidade parceira, pelo trabalho realizado para a instalação dos ensaios.

Bibliografia

- CARDOSO, J.C., BESSA, M.T., MARADO, M.B., 1973. Carta Dos Solos de Portugal. *Agronomia Lusitana* **33**: 481-602.
- 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, A.C., 2003. *Principais Espécies Florestais com Interesse para Portugal: Zonas de Influência Atlântica, Estudos e Informação*, n.º 322. Lisboa: Direcção-Geral das Florestas, 187 pp.
- DUNCAN, D.B., 1955. Multiple Range and Multiple F Tests. *Biometry* **11**: 1-42.
- MENDES, E., 2022. Webinar Instalação dos ensaios. <https://www.ofatlantis.org/c%C3%B3pia-go-iepe-1>
- 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., 2021a. Floresta de produção em Portugal. Disponível em: www.e-globulus.pt
- FABRES, S., QUINTELA, A., FERREIRA, D., TEIXEIRA, C., AIRES, A., COUTINHO, J., MADEIRA, M., 2021b. As Plantações de Eucalipto e o Solo em Portugal. AS PLANTAÇÕES DE EUCALIPTO E OS RECURSOS NATURAIS EM PORTUGAL: AVANÇOS RECENTES E DESAFIOS Sétimo caderno técnico da *Revista Silva Lusitana*: 7-30
- FRANÇA, J.S., REICHERT, J.M., HOLTHUSEN, D., RODRIGUES, M.F., DE ARAÚJO, E.F., 2021. Subsoiling and mechanical hole-drilling tillage effects on soil physical properties and initial growth of eucalyptus after eucalyptus on steep lands. *Soil and Tillage Research*, 207, 104860.
- IFN6, 2019. 6º Inventário Florestal Nacional. Principais resultados - Relatório Sumário. Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas, Lisboa, 34 pp.
- 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.
- MILLER, J.N., MILLER, J.C., 2005. *Statistics and Chemometrics for Analytical Chemistry*. Fifth edit. Edinburgh: Pearson Education Limited., 268 pp.
- KÖPPEN, W. *Grundriss der Klimakunde*; Walter de Gruyter: Berlin, Germany, 1931, 388 pp.
- L.Q.A.R.S. - Laboratório Químico Agrícola Rebelo da Silva, 1977. *Sector de Fertilidade do Solo*. DGSA - Ministério da Agricultura. Lisboa, Portugal, 39 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.
- MADEIRA, M., ARAÚJO, C., 2015. Soil degradation risks and prevention measures in planted forests. The case of eucalyptus plantations in Portugal. In *Soil degradation risks in planted forests*. González, A.A., Bengoetxea, N.G. (Eds). Eusko Jaurlaritzaren Argitalpen Zerbitzua/Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco, pp. 107-118.
- MADEIRA, M., CORTEZ, N., AZEVEDO, A., MAGALHÃES, M.C., RIBEIRO, C., FABIÃO, A., 2007. As plantações de eucalipto e o solo (Capítulo 5). In *O Eucalipto em Portugal. Impactes Ambientais e Investigação Científica*. Alves, A.M., Pereira, J.S., Silva, J.M.N. (Eds). Instituto Superior de Agronomia, ISAPress, Lisboa, pp.137-174.

- MADEIRA, M., FABIÃO, A., CARNEIRO, M., 2012. Do harrowing and fertilisation at middle rotation improve tree growth and site quality in *Eucalyptus globulus* Labill. plantations in Mediterranean conditions? *European Journal of Forest Research* **131**: 583–596.
- OFA. “GO-IEPE Instalação Eficiente de Povoamentos de Eucalipto.” <https://www.iepe.pt/>.
- PROJ. IPLANT, 2019. *Inovação na identificação e produção de plantas melhoradas de eucalipto para enfrentar desafios atuais*. Altri e RAIZ. 48 pp. <https://www.e-globulus.pt/api/file> PROJ. IPLANT.
- RAIZ, 2023. Ferramenta de apoio à decisão de gestão florestal. <https://produtoresflorestais.pt/ferramenta-de-apoio-a-decisao-de-gestao-florestal/> (03/08/2023).
- REICHERT, J.M., MORALES, C.A. S., LIMA, E.M., DE BASTOS, F., SAMPIETRO, J.A., DE ARAÚJO, E.F., SRINIVASAN, R., 2021. Best tillage practices for early-growth of clonal eucalyptus in soils with distinct granulometry, drainage and profile depth. *Soil and Tillage Research*, **212**, 105038. doi:10.1016/j.still.2021.105038
- SKALAR®, 2004. Skalar Methods, Analysis: Boron. *catnr* **197**: 335–42.
- SILVA, A.M., SOARES, D.A., 1983. *Carta Litológica – Notícia Explicativa I.13*. ed. Comissão Nacional do Ambiente Atlas do Ambiente, Estação Agronómica Nacional. Lisboa, 37 pp.
- 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.
- WHITE, T.L., ADAMS, W.T., NEALE, D.B., 2007. *Forest Genetics*. CAB Internacional Oxfordshire, 682 pp.
- ZOBEL, B., TALBERT, J., 2003. *Applied Forest Tree Improvement*. The Blackburn Press, 505 pp.