

forum
CIMO

ciência e
desenvolvimento
2012

Livro de atas

..... novembro 2012

Fórum CIMO - Ciência e Desenvolvimento 2012
Centro de Investigação de Montanha

Titulo: Livro de Atas do Fórum CIMO - Ciência e Desenvolvimento 2012

Editores: Centro de Investigação de Montanha

Editor: Instituto Politécnico de Bragança

Apartado 1038, 5301-854 Bragança

<http://www.ipb.pt/>

ISBN: 978-972-745-146-3

Design: Atilano Suarez, Serviços de Imagem do Instituto Politécnico de Bragança

Fórum CIMO - Ciência e Desenvolvimento 2012

Centro de Investigação de Montanha

Livro de atas

Auditório Dionísio Gonçalves
Escola Superior Agrária, Instituto Politécnico de Bragança
20 e 21 de novembro de 2012
Bragança

Crescimento e sobrevivência de espécies florestais instaladas na região Mediterrânica: efeito da intensidade de preparação do terreno

Felícia Fonseca¹, Tomás de Figueiredo¹ & Afonso Martins²

1–Centro de Investigação de Montanha,

Instituto Politécnico de Bragança

Campus de Sta Apolónia, Apartado 1172, 5301-854 Bragança

2–Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Ap. 1013, 5001-911 Vila Real

ffonseca@ipb.pt

Resumo – Na região mediterrânica, onde o período seco é longo e com riscos de se intensificar no futuro, a disponibilidade de água constitui o principal factor limitante à sobrevivência e ao crescimento vegetal. Nestes ambientes, é frequente encontrar solos com fraca capacidade de suporte radical, elevado conteúdo de elementos grosseiros e baixo teor em matéria orgânica, o que tende a limitar o armazenamento de água no perfil do solo. Com o propósito de contribuir para o esclarecimento do efeito da técnica de preparação do terreno na resposta das plantas (aqui traduzida pelo crescimento em altura e diâmetro e pela sobrevivência), efectuou-se um estudo em povoamentos mistos de *Pseudotsuga menziesii* (PM) e *Castanea sativa* (CS) instalados com diferentes intensidades de preparação do terreno: ligeira, intermédia e intensiva. Na avaliação do crescimento e mortalidade das espécies PM e CS, foi observado o estado das plantas e realizadas medições da altura total da parte aérea e diâmetro do caule ao nível do solo de todas as plantas, imediatamente após a plantação e aos 12, 24, 27, 30, 36, 39 e 42 meses. Contabilizou-se a mortalidade antes e depois do período estival, por contagem das plantas mortas, no ano da plantação (2002) e nos anos 2003, 2004 e 2005. Os resultados mostram: (i) mortalidade mais elevada após plantação e antes do período estival nos tratamentos de mobilização ligeira; (ii) após o período estival, os tratamentos de mobilização ligeira continuam a registar os maiores valores de mortalidade, enquanto os tratamentos de mobilização intermédia registam os menores; (iii) durante o período experimental, o efeito dos tratamentos no crescimento das plantas (altura e diâmetro) foi estatisticamente significativo, no entanto, os resultados experimentais não conduzem ainda a uma relação clara entre a intensidade da preparação do terreno e a resposta das plantas.

Palavras-chave: região mediterrânica, preparação do terreno, *P. menziesii*, *C. sativa*, crescimento, mortalidade

1 Introdução

Considerando as limitações dos solos geralmente ocupados por floresta - deficiente suporte radical, fraca estabilidade, deficiente reserva de água e carências de nutrientes, é prática corrente recorrer-se a trabalhos de preparação do terreno, envolvendo mobilizações mais ou menos intensivas, de forma a diminuir ou eliminar essas limitações [1,2,3]. Porém, a orientação desses trabalhos não tem sido devidamente suportada por resultados experimentais que permitam a selecção das técnicas mais adequadas a cada situação e optimizem a rentabilidade e a sustentabilidade dos ecossistemas. Para as condições dos solos florestais portugueses, é escassa a informação sobre a influência da preparação do solo na resposta das plantas e nas modificações das propriedades do solo [4]. Por outro lado, a grande maioria dos estudos realizados em sistemas florestais são conduzidos em povoamentos adultos, pelo que a fase de instalação das espécies é menos compreendida e frequentemente esquecidos componentes importantes da dinâmica inicial do sistema [5,6].

A intensidade e a velocidade com que se processam as modificações provocadas pelas técnicas de preparação do terreno, que antecedem a instalação dos povoamentos dependem de vários factores tais como litologia, clima, solo, relevo, tipo de preparação do terreno e espécies utilizadas. Como consequência da realização daquelas operações ocorrem alterações mais ou menos intensas, nomeadamente aprofundamento da espessura de enraizamento e modificação do perfil original do solo, que se traduzem numa melhoria das condições de suporte vegetal, em resultado do aumento do volume de água e nutrientes disponíveis [7]. Porém, admite-se que em situações de solos com elevada proporção de material fino e com moderada e elevada espessura, essas mobilizações possam conduzir a um processo de degradação das condições físicas iniciais, por incremento da compactação e destruição estrutural com as inerentes consequências negativas. Nestas condições, a actividade biológica é reduzida, a restauração estrutural natural é muito lenta e os estragos causados pela mecanização

perduram durante vários anos. Por outro lado, resultados existentes para as nossas condições, mostram que nem sempre a intensidade de operações, com elevação de custos e possível agravamento de impactes ambientais, se traduz em resultados compensatórios tanto em propriedades medidas no solo, como no sucesso das plantações [8].

Assim, admite-se que as opções tomadas, podem ser: (i) excessivas, promovendo a degradação do solo, nomeadamente no caso de florestação de antigos solos agrícolas, ou de solos com características morfológicas e físico-químicas à partida adequadas à plantação de espécies florestais; (ii) desajustadas aos objectivos pretendidos, não conseguindo atingir os benefícios desejados. Adicionalmente, num e noutro caso, existem custos associados a essas operações que podem comprometer a viabilidade económica da exploração, devendo, como tal, ser devidamente planeadas. A diversidade de técnicas de preparação do terreno passíveis de utilização, enfatiza a necessidade de realizar estudos em plantações recentemente instaladas, especialmente nas áreas onde a informação disponível é limitada, com particular relevância na Região Mediterrânica [9].

No presente trabalho apresentam-se e discutem-se os resultados obtidos sobre o efeito de diferentes técnicas de preparação do terreno, na mortalidade e no crescimento em altura e diâmetro num período de 42 meses das espécies *Pseudotsuga menziesii* (PM) e *Castanea sativa* (CS).

2 Material e Métodos

O campo experimental foi instalado entre Novembro de 2001 e Março de 2002 em Lamas de Podence, concelho de Macedo de Cavaleiros, com as coordenadas geográficas 41° 35' N e 6° 57' W, e situado a uma altitude entre os 660 e os 701 m. De acordo com [10], o clima da região é classificado de Terra Fria de Planalto, caracterizado por invernos frios prolongados, verões curtos e quentes e ocorrência de geadas de Outubro a Maio. A precipitação média anual é de 656 mm e a temperatura média anual de 12°C [11]. O relevo varia de ondulado suave a ondulado, e os solos originais integram-se na associação de unidades Leptosolos dístricos órticos de xistos e Cambissolos dístricos crómicos de xistos [10]. O ensaio engloba três blocos, em áreas contíguas, mas com litologia e topografia diferentes. O bloco I situa-se na parte mais elevada do campo experimental, numa área sedimentar, aplanada, de relevo residual, com declive de 6% e os blocos II e III em zonas de encosta com declives de 22 e 12%, respectivamente e exposição idêntica. A acompanhar as diferenças na litologia, os solos dos blocos, formam dois grupos com algumas propriedades distintas - bloco I, por um lado e blocos II e III, por outro. No primeiro caso, os solos apresentam valores mais elevados de argila, limo, carbono e azoto total e capacidade de troca catiónica e, ao contrário, valores mais baixos em bases de troca, fósforo e potássio, mostrando um carácter mais ácido relativamente aos solos do outro grupo.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado dentro de cada bloco, totalizando 3 repetições (blocos) e 6 técnicas de preparação do terreno (tratamentos), que abrangem vários graus de mobilização e armação do terreno, com diferente intensidade (Tabela 1). O tratamento TSMO corresponde ao solo original e é tomado como referência para comparação com os restantes tratamentos no que diz respeito aos efeitos da preparação do terreno nas propriedades do solo.

As parcelas apresentam dimensões de 25 × 15 m, perfazendo uma área experimental de cerca de 1,5 hectares. As espécies utilizadas foram a *Pseudotsuga menziesii* (PM) e *Castanea sativa* (CS), num compasso de 2 × 4 m, em linhas alternadas, num total de quatro linhas (2 de PM e 2 de CS), com 12 plantas cada (24 PM e 24 CS), por parcela. A plantação foi efectuada manualmente, em fevereiro de 2002, com utilização de plantas de viveiro produzidas em sacos de plástico no caso da PM e plantas de raiz nua no caso da CS.

Para avaliação do comportamento das espécies (crescimento e mortalidade) foi observado o estado das plantas e realizadas medições da altura da parte aérea (h) e diâmetro do caule ao nível do solo (d) de todas as plantas, imediatamente após a plantação e aos 12, 24, 27, 30, 36, 39 e 42 meses, correspondendo a quatro estações de crescimento. Na terceira e quarta estação de crescimento, foram avaliados os crescimentos de Primavera (27 e 39 meses) e os crescimentos de Verão (30 e 42 meses). Os tratamentos de mobilização ligeira (SMPC e RCAV) foram excluídos destas medições devido à falta de árvores, resultante da elevada mortalidade aí registada. Contabilizou-se a mortalidade das espécies utilizadas antes do período estival (ape - Maio) e depois do período estival (dpe - Setembro), por contagem das plantas mortas, no ano da plantação (2002) e nos anos 2003, 2004 e

2005. Como complemento a estas medições foram efectuadas observações dos sistemas radicais de plantas que morreram durante o período estival.

Tabela 1 – Tratamentos representando o solo original e seis técnicas de preparação do terreno aplicadas antes da instalação de povoamentos florestais

Tratamentos	Descrição das operações de preparação do terreno
Testemunha	
TSMO	Solo original (sem plantação)
Mobilização ligeira	
SMPC	Sem mobilização, plantação à cova com broca rotativa (60 cm de profundidade)
RCAV	Ripagem contínua, abertura da vala de plantação com ripper equipado com aivequilhos (cerca de 60 cm de profundidade)
Mobilização intermédia	
SRVC	Sem ripagem prévia, armação do terreno em vala e câmore com duas passagens (cerca de 90 cm de profundidade)
RLVC	Ripagem localizada seguida de armação do terreno em vala e câmore com duas passagens (cerca de 90 cm de profundidade)
Mobilização intensiva	
RCVC	Ripagem contínua seguida de armação do terreno em vala e câmore com duas passagens (cerca de 90 cm de profundidade)
RCLC	Ripagem contínua seguida de lavoura contínua (cerca de 90 cm de profundidade)

Um ano após a plantação, observaram-se seis perfis de solo na linha de plantação por tratamento. Colheram-se amostras de solo nas profundidades 0-20, 20-40 e 40-60 cm para avaliar os efeitos das técnicas de preparação do terreno nas características do solo e possíveis relações com a resposta das plantas. A espessura efectiva do solo (espessura de enraizamento), definida como o conjunto de camadas mais exploradas pelas raízes das plantas, foi medida em cada perfil durante a descrição do perfil do solo. A resistência do solo à penetração foi avaliada com um *penetrologer set* com cone de 1 cm² e ângulo 60°, num total de 30 medições por tratamento.

O tratamento estatístico dos dados baseou-se em análises de variância e testes de comparação múltipla de médias (Tukey, 5%) para todas as características e determinações. A estimativa do grau de relação entre variáveis foi determinada por análise de correlação simples.

3 Resultados e Discussão

3.1 Características do solo

Os resultados apresentados nesta subsecção dizem respeito a propriedades do solo associadas à sobrevivência e crescimento das árvores em jovens povoamentos florestais: (i) expansão e desenvolvimento do sistema radicular permitindo o acesso a recursos do solo como água e nutrientes; (ii) fertilidade das camadas mais relevantes para a actividade biológica do solo, identificada por propriedades químicas da camada superficial do solo.

A espessura efectiva do solo (espessura de enraizamento) tende a aumentar nos tratamentos de mobilização do solo de intensidade intermédia a intensiva (Fig. 1). Os tratamentos SRVC, RLVC e RCLC apresentam espessura efectiva mais elevada tendo havido um acréscimo entre 30 a 40 cm na linha de plantação relativamente ao solo original (TSMO). Nos tratamentos de mobilização ligeira (SMPC e RCAV), os efeitos das técnicas de preparação do terreno na espessura de enraizamento são pouco expressivos.

Os tratamentos de mobilização ligeira (SMPC e RCAV) e o solo original (TSMO) apresentam maior resistência do solo à penetração e, ao contrário, o tratamento de mobilização mais intensiva (RCLC), apresenta a menor resistência. Os tratamentos com armação do terreno em vala e câmore (SRVC, RLVC e RCVC) mostram valores intermédios (Fig. 2). Assim, a intensificação da preparação do terreno ao contribuir para o aumento da espessura efectiva e redução da resistência do solo à penetração, afectou favoravelmente as condições físicas do solo, com reflexos positivos no desenvolvimento e expansão radical, nas trocas gasosas e na taxa de infiltração, contribuindo para o sucesso das arborizações. A resistência do solo à penetração pode constituir um índice apropriado para avaliar a influência da densidade do solo na distribuição e desenvolvimento do sistema radical

[12]. Relações entre o crescimento radical e a resistência do solo à penetração são referidas por diversos autores [13,14,15].

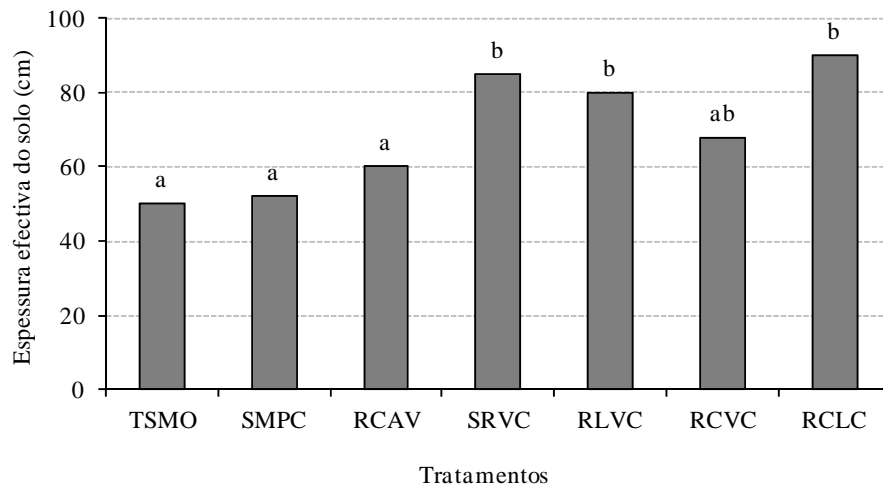


Figura 1 – Espessura efectiva do solo um ano após a preparação do terreno. Colunas com a mesma letra, não diferem significativamente os tratamentos ($P < 0,05$)

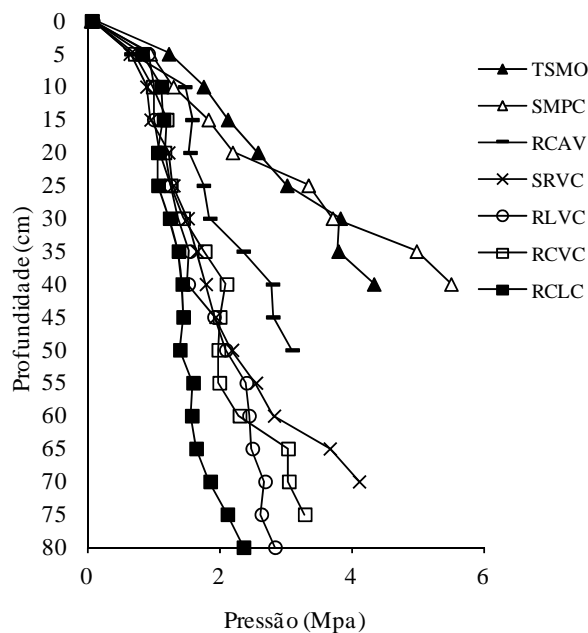


Figura 2 – Resistência do solo à penetração no solo original e nas linhas de plantação dos diversos tratamentos

Os valores de carbono orgânico do solo, azoto total, fósforo extraível, soma das bases de troca e pH (H_2O) são apresentados na Tabela 2. Os resultados, quando comparados com o solo original (TSMO), mostram que o carbono orgânico e o azoto total diminuíram significativamente nos tratamentos com mobilização intermédia (SRVC e RLVC) e intensiva (RCVC e RCLC) do solo, enquanto a soma das bases de troca aumentou, mas apenas de forma significativa no tratamento SRVC. Os valores de pH (H_2O) não variam significativamente com os tratamentos.

Normalmente, a preparação do terreno favorece a mistura entre a matéria orgânica e mineral do solo, o que estimula o crescimento da população bacteriana e a mineralização da matéria orgânica [16,17], conduzindo a

perdas ou transferência de nutrientes, nomeadamente carbono e azoto [18]. Apesar das modificações verificadas nos teores de carbono e azoto por aplicação das técnicas de preparação do terreno,[19] referem que as maiores variações no teor de matéria orgânica ocorrem durante os primeiros cinco anos após a preparação do terreno, com pequenas variações para além daquele período.

Tabela 2 – Propriedades químicas do solo na camada 0-20 cm, um ano após a plantação. Para a mesma linha, médias seguidas de letras iguais não diferem significativamente os tratamentos ($P < 0,05$)

Parâmetro	Tratamentos						
	TSMO	SMPC	RCAV	SRVC	RLVC	RCVC	RCLC
C orgânico (g kg ⁻¹)	11,4 ^b	11,1 ^b	8,3 ^{ab}	4,7 ^a	5,9 ^a	7,4 ^a	6,0 ^a
N total (g kg ⁻¹)	0,70 ^b	0,82 ^b	0,65 ^{ab}	0,46 ^a	0,57 ^a	0,59 ^a	0,47 ^a
P Olsen (mg kg ⁻¹)	28 ^a	47 ^b	40 ^{ab}	24 ^a	16 ^{ab}	32 ^{ab}	35 ^{ab}
Soma das bases de troca (cmol _c kg ⁻¹)	1,5 ^a	1,4 ^a	1,8 ^a	3,3 ^b	1,6 ^a	1,2 ^a	2,3 ^{ab}
pH (H ₂ O)	5,1 ^a	4,9 ^a	5,1 ^a	5,0 ^a	4,9 ^a	4,8 ^a	5,0 ^a

3.2 Mortalidade

Quando se consideram as plantas instaladas no ano da plantação (2002) e a sua evolução no tempo (2003, 2004 e 2005), observa-se que nos tratamentos de mobilização ligeira (SMPC e RCAV) a mortalidade atingiu valores frequentemente acima de 90% e idênticos para as duas espécies. Nos tratamentos de mobilização intermédia (SRVC e RLVC) a mortalidade é inferior a 35%, voltando a aumentar para valores de cerca de 50% nos tratamentos de mobilização mais intensiva (RCVC e RCLC), e sendo sempre mais elevada para a espécie *PM* (Tabela 3). A mortalidade, antes do período estival (ape) (Fig. 3), geralmente não apresenta diferenças significativas entre os vários tratamentos, o que parece sugerir que o material genético original apresentava homogeneidade. Durante o período estival (dpe) (Fig. 3), ocorreu a maior mortalidade sendo evidentes as diferenças entre os tratamentos SMPC e RCAV e os restantes, pois as árvores são especialmente sensíveis durante a fase de adaptação às novas condições ecológicas do meio [20,21]. Nos anos seguintes (2003 e 2004), só ocorreu mortalidade durante o período estival, o que evidencia o problema da escassez de água, nos meses de Verão, nos solos sob condições mediterrânicas. Resultados semelhantes foram obtidos por [21], em condições climáticas idênticas, com a espécie *Quercus rotundifolia*. No ano 2005, apesar da seca severa/extrema a nível nacional, não se registou qualquer mortalidade, o que pode sugerir que três anos após a instalação, as plantas estavam adaptadas às condições edafo-climáticas da área experimental. [22] faz notar que a taxa de mortalidade pode ser um indicador de adaptação das espécies às condições ecológicas do meio.

Tabela 3 – Valores cumulativos de mortalidade (%), das espécies *PM* e *CS* num período de 3 anos após a plantação. Para a mesma coluna, médias seguidas de letras iguais não diferem significativamente os tratamentos ($P < 0,05$)

Tratamento	<i>Pseudotsuga menziesii</i> , <i>PM</i>			<i>Castanea sativa</i> , <i>CS</i>		
	2002	2003	2004	2002	2003	2004
	média ± erro padrão			média ± erro padrão		
SMPC	97,3 ± 2,7 ^a	98,7 ± 1,3 ^a	98,7 ± 1,3 ^a	98,7 ± 1,3 ^a	98,7 ± 1,3 ^a	98,7 ± 1,3 ^a
RCAV	87,0 ± 13,0 ^a	87,0 ± 13,0 ^a	87,0 ± 13,0 ^a	88,7 ± 5,7 ^a	90,4 ± 5,3 ^a	90,4 ± 5,3 ^a
SRVC	32,2 ± 6,1 ^b	36,6 ± 7,8 ^b	42,4 ± 9,8 ^b	19,5 ± 10,2 ^b	29,5 ± 20,2 ^b	32,7 ± 18,9 ^b
RLVC	34,2 ± 4,8 ^b	43,2 ± 2,3 ^b	43,2 ± 2,3 ^b	19,6 ± 3,9 ^b	19,6 ± 3,9 ^b	19,6 ± 3,9 ^b
RCVC	51,2 ± 8,4 ^b	56,9 ± 8,3 ^b	58,2 ± 8,0 ^b	16,5 ± 9,2 ^b	19,7 ± 3,6 ^b	24,4 ± 6,2 ^b
RCLC	48,0 ± 7,3 ^b	48,0 ± 7,3 ^b	48,0 ± 7,3 ^b	44,8 ± 9,2 ^b	47,4 ± 8,9 ^b	48,8 ± 9,0 ^b

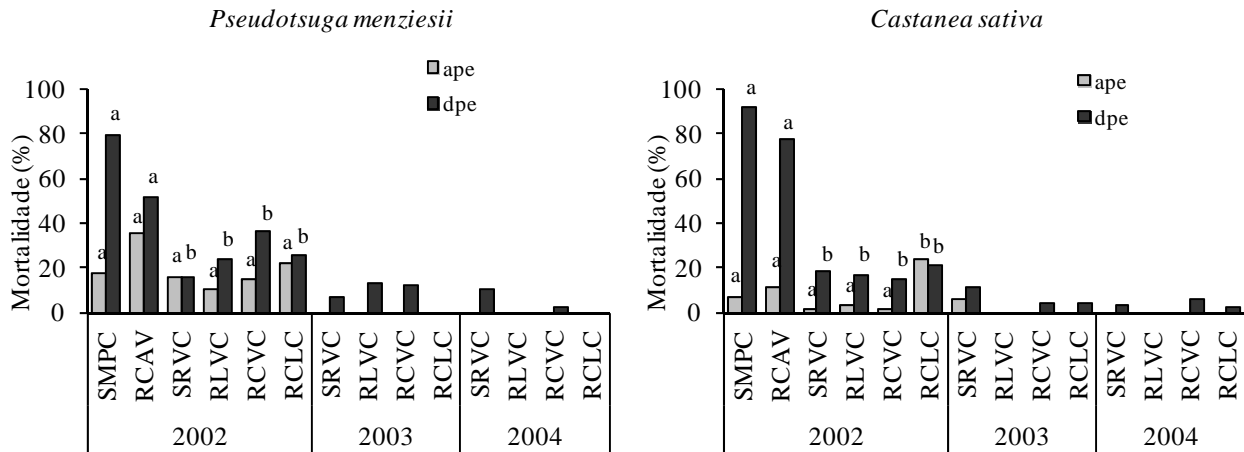


Figura 3 – Mortalidade antes (ape) e depois (dpe) do período estival, num período de 3 anos após a plantação, para as espécies *PM* e *CS*. Para o mesmo período e ano de observação, colunas com letras iguais não diferem significativamente os tratamentos ($P < 0,05$)

Na tentativa de melhor compreender as razões que conduziram a taxas de mortalidade tão elevadas nos tratamentos de mobilização ligeira (SMPC e RCAV), observou-se o sistema radical de plantas que morreram durante o período estival, em trincheiras abertas para esse efeito. No tratamento SMPC pôde observar-se a formação de uma camada mais compacta a partir dos 25-30 cm, que dificultou a penetração do sistema radical, comprovado pela conformação das raízes que pararam o crescimento quando atingiram essa camada. No tratamento RCAV a partir de cerca de 30 cm, observou-se uma elevada pedregosidade, constituída por material rochoso fragmentado com pouca terra fina, e um fraco desenvolvimento radical com as raízes a contornarem as pedras e a inflectir ou a crescer na horizontal. Isto leva a concluir que a acção do ripper terá apenas provocado uma fragmentação do material subjacente, sem conseguir uma mistura adequada entre fragmentos de rocha e terra fina dos horizontes suprajacentes. Deste modo, a elevada pedregosidade na linha de plantação originou elevada proporção de espaços vazios e uma fraca interface solo-planta, com efeitos desfavoráveis à instalação das plantas e à sua sobrevivência.

Em concordância com estas observações, e tendo presente as características climáticas da região em estudo (elevado défice hídrico estival), a espessura efectiva mostrou ser uma propriedade determinante da sobrevivência, sendo boa a correlação entre as duas variáveis nos anos 2002, 2003 e 2004 (Tabela 4). Nos solos cuja espessura efectiva não ultrapassou os 60 cm, a mortalidade foi superior a 95% para ambas as espécies.

Tabela 4 – Coeficientes de correlação entre a espessura efectiva e mortalidade nos anos 2002, 2003 e 2004 para as espécies *PM* e *CS* (* $0,05 > P > 0,01$; ** $0,01 > P > 0,001$; *** $P < 0,001$)

Espécie	Ano		
	2002	2003	2004
<i>PM</i>	0,843***	0,863***	0,868***
<i>CS</i>	0,662**	0,643**	0,661**

3.3 Crescimento em altura e diâmetro

No tocante aos parâmetros de crescimento das árvores (altura e diâmetro), a intensidade de mobilização do solo (tratamentos) continua a manifestar a sua influência, particularmente na espécie *CS* (Fig. 4).

No que respeita à altura, observam-se diferenças significativas entre tratamentos depois dos 12 meses na espécie *CS* e depois dos 36 meses na espécie *PM*. No entanto, a partir dos 24 meses, a espécie *PM*, mostra um destaque do crescimento no tratamento RCLC. Relativamente ao diâmetro, o efeito dos tratamentos também é visível para as duas espécies, continuando a ser mais retardado na espécie *PM*. O destaque no crescimento no tratamento RCLC, em ambas as espécies, pode estar associado ao menor coberto por vegetação herbácea e ao

maior desenvolvimento das raízes em profundidade. À primeira situação corresponde uma menor competição pela água entre vegetação herbácea e espécies florestais e, à segunda, a possibilidade de utilização de nutrientes e água de camadas mais profundas [18].

Tabela 5 – Coeficientes de correlação da espessura efectiva do solo (EES) com os parâmetros altura e diâmetro num período de 42 meses para as espécies *PM* e *CS* (* 0,05>P>0,01; ** 0,01>P>0,001)

Espécies	EES vs 12 meses	EES vs 24 meses	EES vs 36 meses	EES vs 42 meses
Altura				
<i>PM</i>	0,354	0,040	0,530	0,575*
<i>CS</i>	0,151	0,487	0,583*	0,594*
Diâmetro				
<i>PM</i>	0,422	0,346	0,462	0,469
<i>CS</i>	0,753**	0,715*	0,634*	0,644*

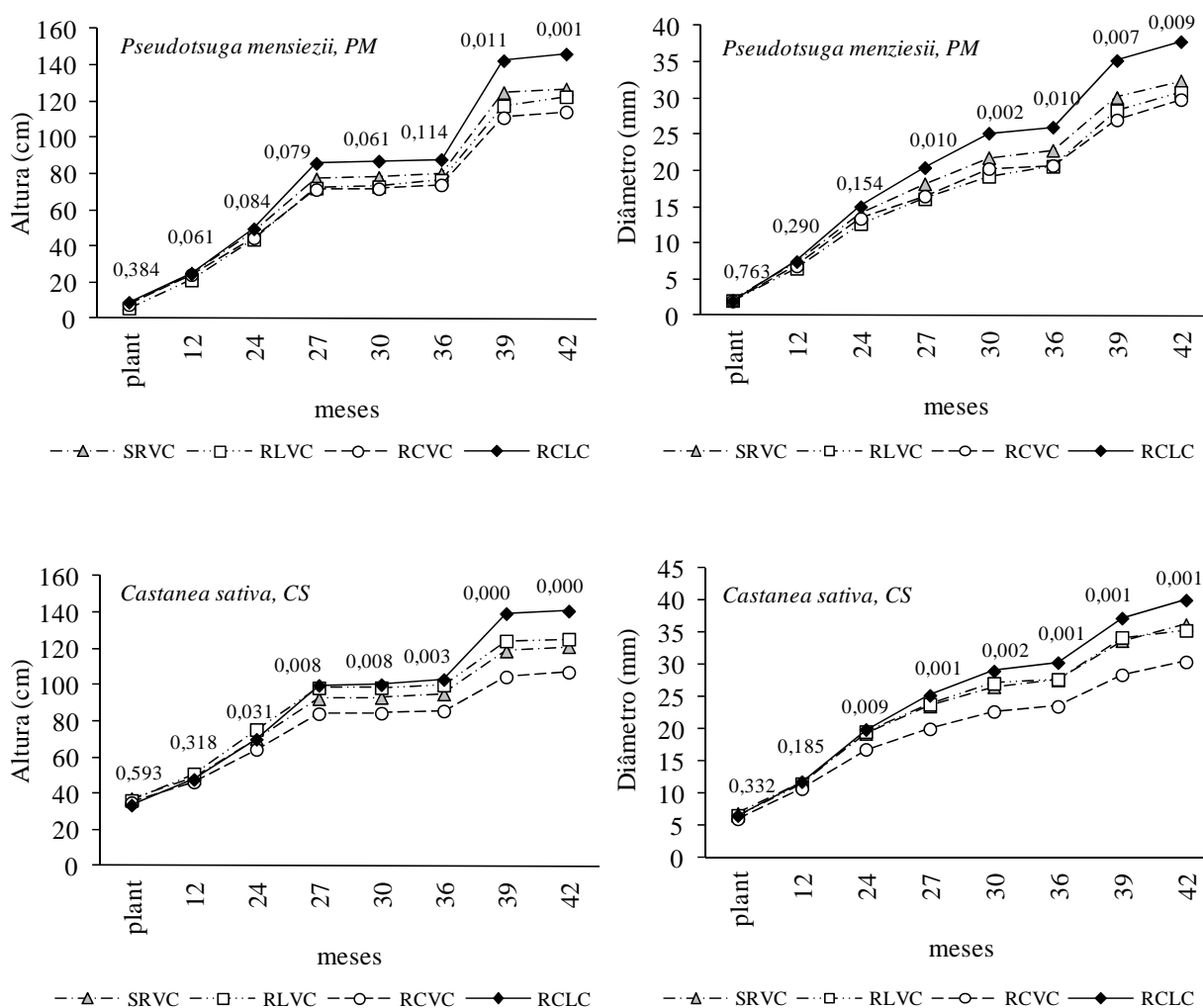


Figura 4 - Evolução do crescimento em altura e diâmetro desde a plantação (plant) até 42 meses após a plantação, para as espécies *PM* e *CS*. Significância das diferenças entre tratamentos assinalada pelos valores de *P* em cada data de medição ($P < 0,05$ significativo)

A terceira e quarta estação de crescimento foram divididas em crescimentos de Primavera (24-27 e 36-39 meses) e crescimentos de Verão (28-30 e 40-42 meses). Por observação da Fig. 4 pode constatar-se que o crescimento em altura ocorreu quase na totalidade durante a Primavera, enquanto o crescimento em diâmetro

prolongou-se pelo Verão mas com acréscimos superiores na Primavera. Este padrão de crescimento é consistente com a estratégia de adaptação aos défices hídricos estivais [23].

A relação entre espessura efectiva e crescimentos estreita-se substancialmente com o tempo (Tabela 5), verificando-se estreita relação entre aquelas variáveis num período de 42 meses. Isto coloca em evidência a importância da criação de condições que permitam uma exploração crescente de volume de solo pelas raízes nos primeiros anos de estabelecimento das plantas, como referido por vários autores [3,9,24].

Referências

- [1] Worrell, R. and Hampson, A. 1997. The influence of some forest operations on the sustainable management of forest soils – a review. *Forestry* 70 (1): 61-85.
- [2] Fisher, R. & Binkley, D. 2000. *Ecology and Management of Forest Soils*. John Wiley & Sons, New York, 489 pp.
- [3] Querejeta, J.I., Roldán, A., Albadalejo, J. & Castilllo, V. 2001. Soil Water availability improved by site preparation in a *Pinus halepensis* afforestation under semiarid climate. *Forest Ecology and Management* 149: 115-128.
- [4] Fernandes, J.A.P. & Fernandes, H.M.F. 1998. Ensaio de diferentes graus de mobilização em plantações de *Pinus pinaster* Aiton. *Revista Florestal* XI (2): 56-62.
- [5] Canham, C.C. 1989. Different responses to gaps among shade-tolerant tree species. *Ecology*, 70: 560-562.
- [6] Lieberman, M., Lieberman, D. & Peralta, R. 1989. Forests are not just swiss cheese: canopy stereogeometry of non-gaps in tropical forests. *Ecology*, 70: 550-552.
- [7] Fleming, R.L., Black, T.A. & Adams, R.S. 1996. Site preparation effects on Douglas-fir and lodgepole pine water relations following planting in a pinegrass-dominated clearcut. *Forest Ecology and Management* 83: 47-60.
- [8] Pinto, M.G.S. 2000. *Técnicas de preparação do terreno em sistemas florestais e implicações no solo e nas relações solo-planta*. Dissertação de Mestrado. UTAD, Vila Real.
- [9] Varevides, C. & Kritikos, T. 1995. Effect of site preparation intensity and fertilization on *Pinus pinaster* survival and height growth on three sites in northern Greece. *Forest Ecology and Management* 73: 111-115.
- [10] Agroconsultores & Coba. 1991. *Carta dos Solos do Nordeste de Portugal*. UTAD, Vila Real.
- [11] INMG.1991. *Normais Climatológicas da Região de “Trás-os-Montes e Alto Douro” e “Beira Interior” Correspondentes a 1951-1980*. Fascículo XLIX, Volume 3, 3ª Região, Lisboa.
- [12] Schoenholtz, S.H., Van Miegroet, H. & Burger, J.A. 2000. A review chemical and physical properties as indicators of forest soil quality: challenges and opportunities.. In Boyle, J.R. & Powers, R.F. (eds.), *Forest soils and ecosystems sustainability*, Elsevier, New York, p. 335-356.
- [13] Curt, T., Lucot, E. & Bouchaud, M. 2001. Douglas-fir root biomass and rooting profile in relation to soils in a mid-elevation area (Beaujolais Mountains, France). *Plant and Soil* 233, 109-125.
- [14] Fonseca, F., Martins A., Nogueira C., Figueiredo T. & Guerra A. 2005. Distribuição e desenvolvimento do sistema radicular em povoamentos jovens de *Castanea sativa* e *Pseudotsuga menziesii*. In Silva, R. & Páscoa, F. (eds.), *Actas das Comunicações do 5º Congresso Florestal Nacional*, Viseu, 8 pp.
- [15] Carlson, C.A., Fox, T.R., Colbert, S.R., Keltling, D.L., Allen, H.L. & Albaugh, T.J. 2006. Growth and survival of *Pinus taeda* in response to surface and subsurface tillage in the southeastern United States. *Forest Ecology and Management* 234: 209-217.
- [16] Hussain, I. Olson, K.R., Wander, M.M. & Karlen, D.L. 1999. Adaptation of soil quality indices and application to three tillage systems in southern Illinois. *Soil & Tillage Research* 50: 237-249.
- [17] Raimundo, F., Branco, I., Martins, A. & Madeira, M. 2001. Efeito da intensidade de preparação do solo na biomassa radical, regime hídrico, potencial hídrico foliar e produção de castanha de souts do Nordeste Transmontano. *Revista de Ciências Agrárias*, XXIV 3 e 4: 415-423.
- [18] Piatek, K.B., Harrington, C.A. & Debell, D.S. 2003. Site preparation effects on 20 year survival and growth of Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii*) and on selected soil properties. *Western J. Appl. For.* 18: 44-51.
- [19] Dick, W.A., Blevins, R.L., Frye, W.W., Peters, S.E., Christenson, D.R., Pierce, F.J. & Vitosh, M.L. 1998. Impacts of agricultural management practices on C sequestration in forest-derived soils of the eastern Corn Belt. *Soil & Tillage Research* 47: 235-244.

- [20] Cogliastro, A., Gagnon, D. & Bouchard, A. 1997. Experimental determination of soil characteristics optimal for the growth of ten hardwoods planted on abandoned farmland. *Forest Ecology and Management* 9: 49-63.
- [21] Bocio, I., Navarro, F.B., Ripoll, M.A., Jiménez, M.N. & de Simón, E. 2004. Holm oak (*Quercus rotundifolia* Lam.) and Aleppo pine (*Pinus halepensis* Mill.) response to different soil preparation techniques applied to forestation in abandoned farmland. *Annals Forest Science* 61: 171-178.
- [22] Gomes, A.L. 1982. *Preliminares do melhoramento florestal na zona norte do país. Ensaio juvenis de algumas essências*. UTAD, Vila Real.
- [23] Danner B.T. & Knapp. 2001. Growth dynamics of oak seedlings (*Quercus macrocarpa* Michx. and *Quercus muhlenbergii* Engelm.) from gallery forests: implications for forest expansion into grasslands. *Trees* 15: 271-277.
- [24] Abu-Hamdeh, N.H. 2003. Soil compaction and root distribution for okra as affected by tillage and vehicle parameters. *Soil & Tillage Research* 74, 25-35.