

# REGENERAÇÃO DE RAÍZES DE MUDAS DE EUCALIPTO EM RECIPIENTES E SUBSTRATOS

Deborah Guerra Barroso<sup>1,5\*</sup>; José Geraldo de Araújo Carneiro<sup>2</sup>; Paulo Sérgio dos Santos Leles<sup>3</sup>; Ivan Ferreira Morgado<sup>4</sup>

<sup>1</sup> UENF - CCTA/LFIT. Av. Alberto Lamego, 2000 - Horto - CEP: 28015-810 - Campos de Goytacazes, RJ.

<sup>2</sup> Setor de Silvicultura - UENF - CCTA/LFIT.

<sup>3</sup> Instituto de Florestas - UFRRJ, Antiga Estrada Rio-SP, km 47 - CEP: 23890-000 - Seropédica, RJ.

<sup>4</sup> Depto. de Fitotecnia - UFRRJ, Est. do Açúcar km 5 s/n<sup>o</sup> - CEP: 28020-560 - Campos dos Goytacazes, RJ.

<sup>5</sup> Bolsista FAPERJ.

\*Autor correspondente <deborah@uenf.br>

**RESUMO:** O trabalho teve como objetivo verificar o potencial de regeneração de raízes (P.R.R.) e seu efeito sobre o desempenho após o plantio de mudas de *Eucalyptus camaldulensis* e *E. urophylla*, produzidas em tubetes e em blocos prensados, utilizando os seguintes substratos: 1) composto orgânico de bagaço de cana-de-açúcar + torta de filtro de usina açucareira (3:2; v:v) + 0,6% N (uréia) e 2) casca decomposta de eucalipto + vermiculita (7:3; v:v). O P.R.R. foi avaliado, após a poda das raízes laterais a 2 cm da raiz pivotante, através do número, comprimento, peso de matéria seca, área superficial, volume e ritmo de crescimento das raízes regeneradas. No campo, as mudas foram avaliadas quanto à sobrevivência, nos dois primeiros meses e quanto ao crescimento em altura e diâmetro ao nível do solo, até o décimo mês. As mudas produzidas em blocos prensados apresentaram maiores valores de P.R.R. e maior crescimento após o plantio. O substrato que conferiu melhores características às mudas foi a casca de eucalipto decomposta + vermiculita, mas essa diferença não foi mantida no campo, exceto para a altura do *E. urophylla*. O P.R.R. não apresentou correlações lineares com a sobrevivência das mudas no campo, mas correlacionou-se positivamente com o crescimento em altura e diâmetro ao nível do solo, nos primeiros meses após o plantio.

Palavras-chave: *Eucalyptus camaldulensis*, *E. urophylla*

## ROOT REGENERATION OF EUCALYPTUS SEEDLINGS GROWN IN CONTAINERS AND SUBSTRATA

**ABSTRACT:** The objective of this research was to determine the root potential regeneration (P.R.R.) and its effect on the field performance of *Eucalyptus camaldulensis* and *E. urophylla* seedlings grown in tubes and pressed blocks, with the following substrates: 1) sugarcane bagasse + filter cake (3:2; v:v) + 0.6% N (urea), and 2) decomposed eucalyptus bark + vermiculite (7:3; v:v). After cutting the lateral roots 2 cm away from the taproot, the P.R.R. was evaluated measuring some characteristics of the regenerated roots such as: number, length, dry weight, area, volume, and growth rhythm. In the field, the survival was evaluated in the first two months, height growth and diameter at the soil level every other month, and number of primary lateral roots and deformations in 10 month-old plants. Compared to the seedlings grown in tubes, seedlings grown in pressed blocks showed higher values of the P.R.R., and a better growth in the field. In the nursery, decomposed eucalyptus bark + vermiculite was the best growing substrate. However, except for *E. urophylla* height, all other characteristics measured in the field, as well as for *E. camaldulensis*, did not differ among the studied substrata. The P.R.R. did not show linear correlation with seedling survival in the field, but it was positively correlated with height and diameter at the ground level, in the first months after planting.

Key words: *Eucalyptus camaldulensis*, *E. urophylla*

## INTRODUÇÃO

O potencial de regeneração de raízes (P.R.R.) representa a capacidade da muda iniciar e desenvolver novas raízes, em um determinado intervalo de tempo. Este índice é considerado um indicador da qualidade fisiológica das mudas (Tanaka et al., 1997).

Segundo Brissette & Ballenger (1985) e Carneiro (1995), um alto P.R.R. constitui condição essencial para a sobrevivência e crescimento após o transplante, principalmente quando as mudas são submetidas a algum tipo de estresse ambiental em seu primeiro ano no campo.

Assim, testes de P.R.R., conduzidos com mudas sob condições ambientais limitantes, podem permitir estimativas sobre o desempenho dessas mudas no campo (Folk & Grossnickle, 1996, citados por Noland et al., 1997).

Embora o P.R.R. seja considerado uma medida de qualidade, as correlações entre este potencial e a sobrevivência no campo são altamente contraditórias (Van den Driessche, 1991, citado por Bayley & Kietzka, 1997) e sugerem que o P.R.R., como indicador do vigor das mudas, não pode, em todas as situações, ser usado com confiança para prever a sobrevivência pós-plantio. Entretanto, vários pesquisadores têm correlacionado

positivamente o P.R.R. com a sobrevivência das mudas no campo (Larsen et al., 1986; Hallgren et al., 1993; McTague & Tinus, 1996).

Novaes (1998), avaliando a qualidade de mudas de *Pinus taeda*, produzidas em raiz nua e em diferentes tipos de recipiente, encontrou correlações positivas entre o comprimento total e o número de novas raízes, com a altura e diâmetro, alcançados aos 24 meses após o plantio. Brissette et al. (1988) também consideraram o P.R.R. como um bom indicador do desempenho das mudas no campo. Encontraram neste índice correlações positivas com vigor, tolerância à seca, a danos físicos que, freqüentemente, acompanham a retirada das mudas dos canteiros, armazenamento e plantio. Este potencial, segundo os autores, sofre influência de muitos fatores como o genótipo, fertilização e época de expedição das mudas para o plantio.

O objetivo deste trabalho foi comparar a qualidade de mudas de *Eucalyptus camaldulensis* e *E. urophylla*, produzidas em blocos prensados e em tubetes, com diferentes substratos, através do P.R.R. e sua correlação com o desempenho das mudas após o plantio.

## MATERIAL E MÉTODOS

Mudas de *Eucalyptus camaldulensis* e *E. urophylla* foram produzidas a partir de sementeira em blocos prensados (Morgado, 1998) e em tubetes.

Nos tubetes e na confecção dos blocos prensados, foram utilizados: 1) Bagaço de cana-de-açúcar + torta de filtro de usina açucareira (3:2, v:v) + 6 g kg<sup>-1</sup> de N (uréia); 2) Casca de eucalipto decomposta + vermiculita (7:3, v:v) + adubação (ARACRUZ FLORESTAL S/A<sup>1</sup>).

Para cada uma das espécies foi conduzido um experimento em esquema fatorial (2 x 2), com três repetições, inteiramente casualizado, constituído por dois tipos de recipientes e dois substratos. Cada parcela foi composta por 96 mudas.

Aos 75 dias foram instalados testes para avaliações do potencial de regeneração de raízes (PRR) e realizado o plantio, na Fazenda Angra, em área experimental da PESAGRO-RIO, Campos-RJ. Foram selecionadas mudas de cada tratamento, cuja altura e diâmetro do colo estivessem incluídos na faixa de  $\pm 0,5$  cm e  $\pm 0,3$  mm, respectivamente, com relação à média de cada parcela. As características das mudas de cada tratamento encontram-se no TABELA 1.

As avaliações para determinação do P.R.R. foram realizadas em rizotrons, na forma de aquários e tubos, segundo a metodologia proposta por Carneiro (1995).

As mudas tiveram suas raízes lavadas e podadas lateralmente a 2,0 cm da raiz pivotante, sendo imediatamente imersas na solução nutritiva, ou transplantadas para os tubos, para avaliação de sua regeneração.

Os testes nos aquários, para as duas espécies, seguiram esquema fatorial (2 x 2), constituído por mudas provenientes de dois recipientes e dois substratos, com cinco repetições, em delineamento inteiramente casualizado. Cada repetição foi composta por uma única muda.

Com capacidade para 45 litros, cada aquário foi preenchido com solução nutritiva de Bolles Jones (1954) a meia força e comportou cinco mudas, sustentadas por placas de isopor sobre a solução. Os aquários foram envoltos por lona preta e mantidos sob aeração constante, por meio de compressor.

Após 15 dias, as mudas foram retiradas da solução e as raízes regeneradas, a partir dos pontos de poda, foram avaliadas quanto ao número, comprimento (por meio de régua graduada), peso de matéria seca e área superficial. A estimativa da área transversal foi feita por meio de medidor de área de bancada (LI-3000, LI-COR Inc.) e a área superficial, obtida pela multiplicação destes valores por  $\pi$  (Rossiello et al., 1995). A partir do peso de matéria seca, foi também estimado o volume das raízes regeneradas, pela divisão deste valor pelo fator 0,4 (Claassen et al., 1986).

TABELA 1 - Altura (H), diâmetro (D), peso de matéria seca da parte aérea (PSA) e do sistema radicular (PSR) de mudas de eucalipto, usados nos testes de P.R.R aos 75 dias após a sementeira.

	<i>E. camaldulensis</i>							
	Tubete				Bloco prensado			
	D (mm)	H (cm)	PSA (g)	PSR (g)	D (mm)	H (cm)	PSA (g)	PSR (g)
BT+N <sup>1</sup>	0,94	8,80	0,08	0,03	2,95	42,15	2,37	0,33
CE+V <sup>2</sup>	1,41	15,82	0,39	0,10	3,35	44,83	3,85	0,55
	<i>E. urophylla</i>							
	D (mm)	H (cm)	PSA (g)	PSR (g)	D (mm)	H (cm)	PSA (g)	PSR (g)
	D (mm)	H (cm)	PSA (g)	PSR (g)	D (mm)	H (cm)	PSA (g)	PSR (g)
BT+N <sup>1</sup>	0,88	8,17	0,10	0,05	2,99	29,02	1,12	0,22
CE+V <sup>2</sup>	1,50	12,30	0,27	0,11	4,58	48,96	2,76	0,50

<sup>1</sup>Bagaço de cana-de-açúcar + torta de filtro de usina açucareira (3:2, v:v) + uréia.

<sup>2</sup>Casca de eucalipto decomposta + vermiculita (7 :3, v:v) + adubação.

<sup>1</sup>100 g m<sup>-3</sup> de Borax; 20 g m<sup>-3</sup> de Molibdato de Sódio; 400 g m<sup>-3</sup> de Sulfato de Magnésio; 50 g m<sup>-3</sup> de Sulfato de Cobre; 150 g m<sup>-3</sup> de Sulfato de Zinco; 2100 g m<sup>-3</sup> de Osmocote (17-9-13).

Para atender às pressuposições para a análise de variância, foram transformadas as seguintes variáveis: número (N), comprimento (C), C/N e volume de raízes regeneradas [ $\log(X+10)$ ], peso de matéria seca e área superficial de raízes regeneradas [ $(X+0,5)^{1/2}$ ].

Para a avaliação do número de raízes emitidas e do ritmo inicial de crescimento, foram usados tubos plásticos transparentes, confeccionados a partir de recipientes de plástico de refrigerante (2 litros), através da eliminação dos gargalos e a perfuração no fundo de cada recipiente. Os tubos com nove cm de diâmetro tiveram a altura padronizada em 25 cm, e foram preenchidos com uma mistura de terra de barranco + areia (2:1, v:v) cuja análise química encontra-se no TABELA 2. A esta mistura foram acrescentados 200 mg dm<sup>-3</sup> de P (superfosfato simples) e 30 mg dm<sup>-3</sup> de K (cloreto de potássio).

Os testes realizados nos tubos, para cada espécie, seguiram esquema fatorial (2 x 2), constituído por mudas provenientes de dois recipientes e dois substratos, com quatro repetições, em delineamento inteiramente casualizado. Cada repetição foi composta por uma única muda.

Neste teste, a avaliação foi realizada através da marcação, a cada três dias, das extremidades das raízes regeneradas, que atingiram a parede dos tubos. Foram realizadas cinco marcações, sobre o plástico transparente, com canetas de cinco diferentes cores, iniciadas três dias após o transplante das mudas para os tubos, obtendo-se o número de raízes emitidas em cada avaliação.

Paralelamente, e com a mesma periodicidade, foi avaliada a velocidade de crescimento das raízes, pelo seu acompanhamento, no plástico transparente sobre a superfície externa dos tubos, com a mesma variação de cores adotada no passo anterior. O comprimento das raízes foi obtido, após a última marcação, por meio de curvímeter.

A fim de atender às pressuposições para a análise de variância, o número e o comprimento das raízes regeneradas nos tubos foram transformados em  $\log(X+10)$ .

Embora nos testes de P.R.R. realizados em tubos plásticos tenha havido o acréscimo do fator época, este fator não foi considerado na análise estatística, sendo utilizado para o acompanhamento descritivo do ritmo de crescimento das raízes. Os valores totais dos tratamentos foram submetidos à análise de variância.

O plantio foi feito na Fazenda Angra, em área experimental da PESAGRO-RIO, Campos-RJ. As análises

TABELA 2 - Análise química<sup>1</sup> do substrato utilizado nos tubos para avaliação do PRR de mudas de *Eucalyptus camaldulensis* e *E. urophylla*.

pH	P	K	Ca	Mg	Al
	--- mg kg <sup>-1</sup> ---		----- mmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> -----		
4,3	1	16	4	4	11

<sup>1</sup>P e K (Mehlich); Ca, Mg e Al (KCl 1N).

química e granulométrica do solo encontram-se no TABELA 3.

O plantio foi realizado manualmente, após abertura de covas de 20 x 20 cm, com espaçamento de 2 x 3 m.

No campo, em esquema fatorial (2 x 2), as mudas provenientes de dois recipientes e dois substratos, foram dispostas em blocos casualizados, com três repetições, sendo cada parcela composta por 18 mudas.

As plantas foram avaliadas quanto à sobrevivência e monitoradas, bimestralmente, quanto à altura e diâmetro ao nível do solo, durante dez meses. Foi acrescentado o fator época no estudo de altura e diâmetro ao nível do solo, sendo estas características analisadas como parcelas subdivididas no tempo.

Foram realizados testes de correlação entre as características avaliadas no campo e os dados de P.R.R

TABELA 3 - Análises químicas<sup>1</sup> e granulométricas<sup>1</sup> da amostra do solo, onde foram plantadas as mudas de *Eucalyptus camaldulensis* e *E. urophylla*.

pH	Ca	Mg	H+Al	Al	K	P	C	MO	Areia	Silte	Argila
	--- mmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> ---		-mg kg <sup>-1</sup> -			----- g kg <sup>-1</sup> -----					
4.4	46	32	162	20	73	16	40	69	113	121	766

<sup>1</sup>Ca, Mg e Al (KCl 1N); H (Acetato de Ca 1N); P e K, (Mehlich) e C (colorimetria).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As mudas de *Eucalyptus camaldulensis*, produzidas no sistema de blocos prensados, apresentaram em solução hidropônica raízes regeneradas com médias superiores para todas as características avaliadas, com exceção do comprimento. (Figura 1). O maior valor observado para o comprimento total foi, portanto, reflexo do maior número de raízes emitidas pelas mudas produzidas em blocos.

Os substratos não influenciaram o comprimento médio das raízes regeneradas.

O substrato CE+V proporcionou maior número e comprimento total, para os dois tipos de recipientes utilizados. Este substrato também proporcionou maior peso de matéria seca e área superficial de raízes, nas mudas de *Eucalyptus camaldulensis* produzidas em tubetes, não sendo significativas estas diferenças, no sistema de blocos prensados.

Nas mudas de *Eucalyptus urophylla*, a utilização de blocos prensados proporcionou maior número, peso de matéria seca, área superficial e volume das raízes regeneradas (Figura 2).

As mudas de *Eucalyptus urophylla* não tiveram o comprimento total de raízes regeneradas influenciado significativamente pelo recipiente. Isto ocorreu porque, embora as mudas produzidas em blocos tenham apresentado um número maior de raízes regeneradas, as mudas produzidas em tubetes apresentaram regeneração de raízes mais compridas.

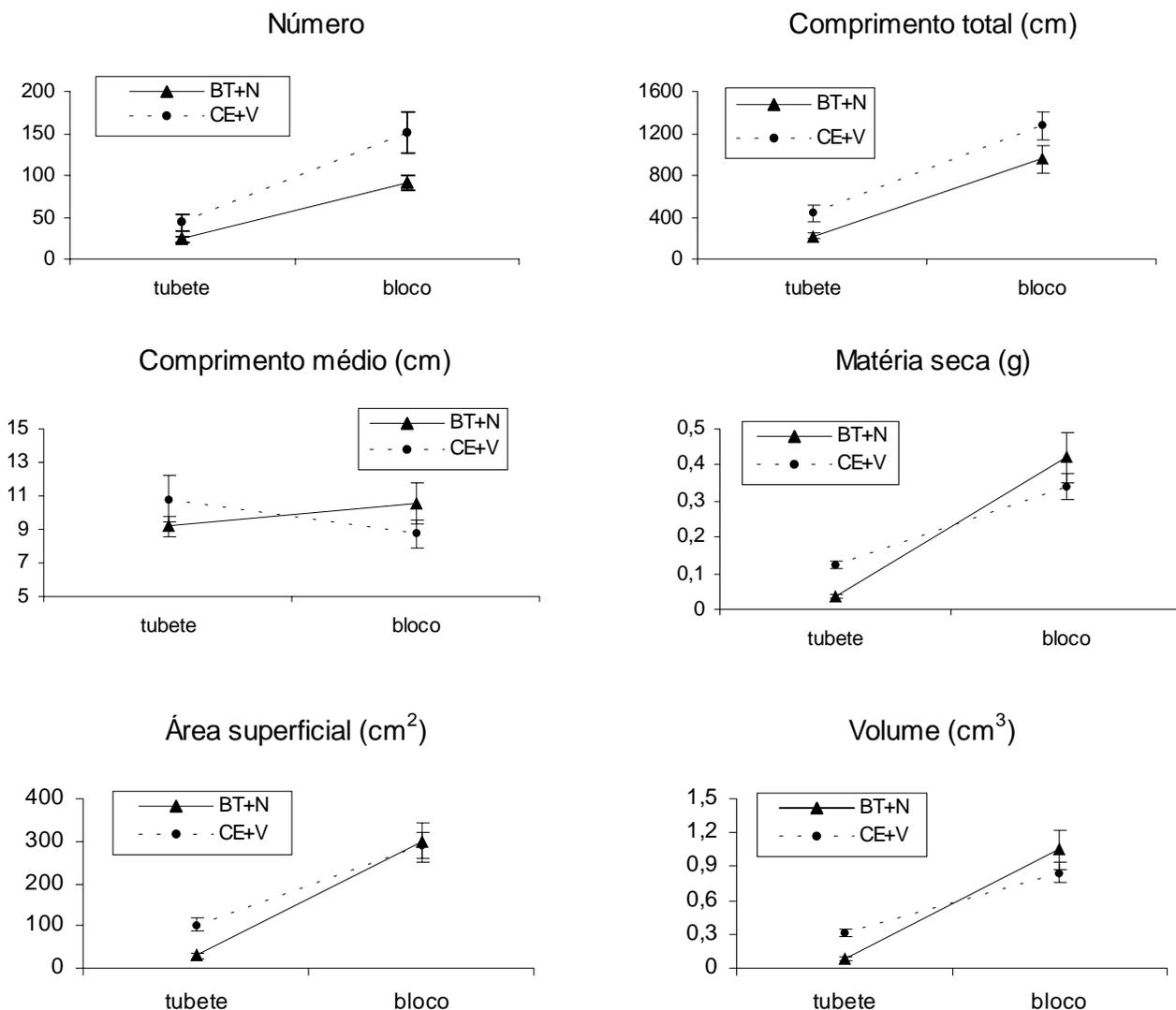


Figura 1 - Comportamento das raízes regeneradas, após poda padrão, em mudas de *Eucalyptus camaldulensis*, aos 15 dias em solução hidropônica. As barras verticais representam  $\pm 1$  erro padrão da média.

Para os dois tipos de recipientes, a utilização de CE+V resultou em maior número e comprimento total de raízes regeneradas. Entretanto, este substrato resultou em menor comprimento médio destas raízes, indicando que o maior comprimento total foi alcançado por um sistema radicular mais numeroso, ainda que com raízes mais curtas que as das mudas produzidas em BT+N. Estes valores, entretanto, não influenciaram no peso, volume e área, indicando que as mudas provenientes de CE+V originaram raízes mais finas nas mudas de *Eucalyptus urophylla* (Figura 2).

Pode-se observar que as mudas com maiores dimensões e pesos apresentaram maior P.R.R. O mesmo resultado foi observado por Brissette & Roberts (1984), Larsen & Boyer (1986) e Morgado (1998).

Assim, com base no P.R.R., as mudas produzidas em blocos prensados mostraram-se mais vigorosas e aptas para uma maior exploração de água e nutrientes no

sítio de plantio, em relação às mudas produzidas em tubetes. Este comportamento também foi constatado por Novaes (1998).

As mudas produzidas no substrato CE+V apresentaram, também, um P.R.R. maior que as produzidas no substrato BT+N, sendo esse fato mais acentuado para as mudas de *Eucalyptus camaldulensis* no sistema de produção em tubetes.

O P.R.R. avaliado nos tubos apresentou comportamento semelhante ao observado nos testes em solução hidropônica. Observou-se que, para as duas espécies, o maior valor de número de extremidades e comprimento total de raízes foi obtido nas mudas produzidas em blocos prensados (TABELA 4). Este mesmo comportamento, com relação ao número de extremidades foi observado por Novaes (1998) e Morgado (1998) em mudas de *Pinus taeda* e *Eucalyptus grandis*, respectivamente.

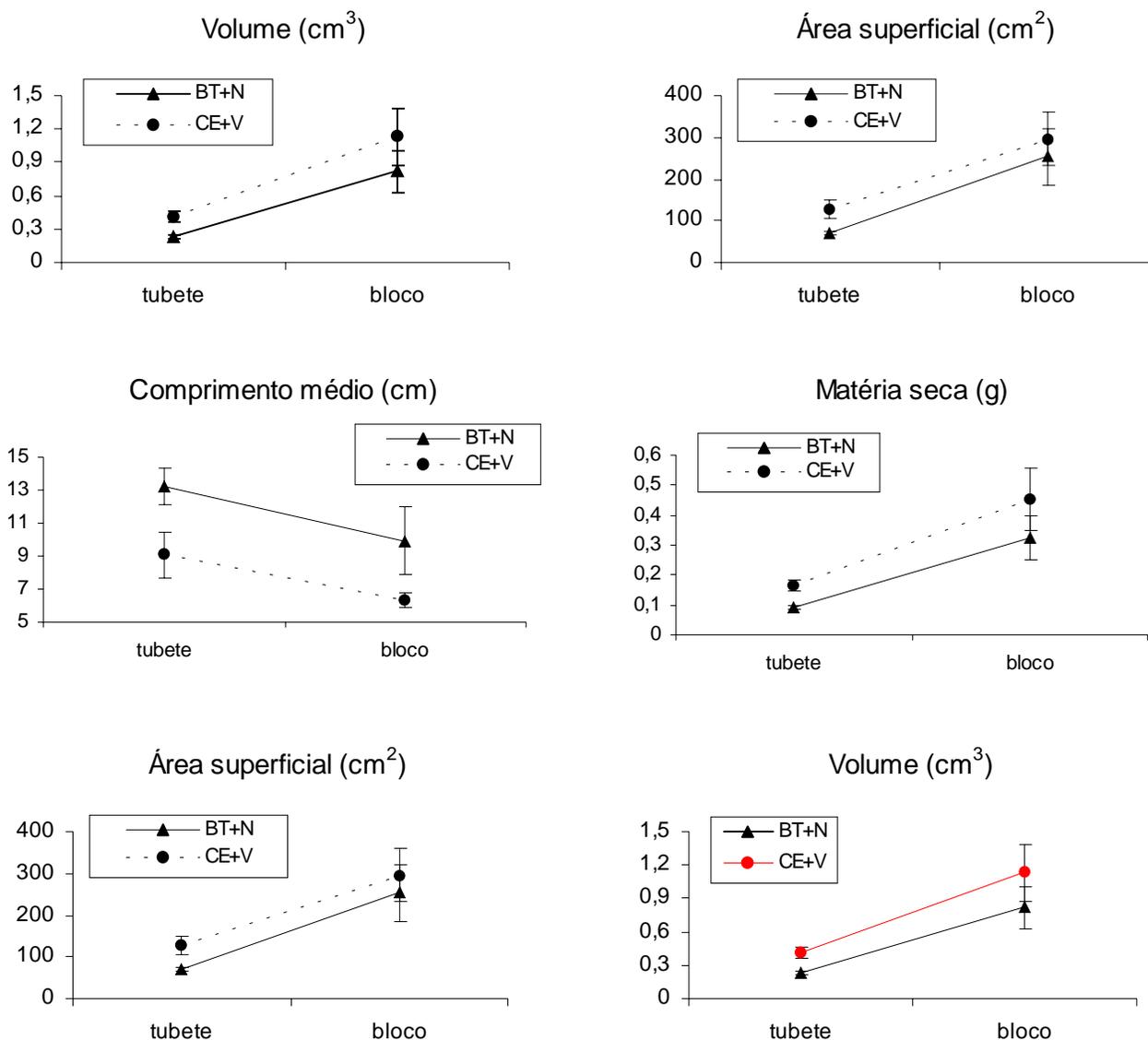


Figura 2 - Comportamento das raízes regeneradas, após poda padrão, em mudas de *Eucalyptus urophylla*, após 15 dias em solução hidropônica. As barras verticais representam  $\pm 1$  erro padrão da média.

TABELA 4 - Número de extremidades e comprimento de raízes regeneradas de mudas de eucalipto, após poda padrão, em testes conduzidos em tubos, 15 dias após o transplantio.

<i>E. camaldulensis</i>						
Recip.	Número de extremidades			Comprimento total (cm)		
	BT+N	CE+V	Média	BT+N	CE+V	Média
Tubete	14.3 Bb	38.0 Aa	26.1	78.1 Bb	167.2 Aa	122.6
Bloco	83.7 Aa	67.5 Aa	75.6	379.7 Aa	244.0 Aa	311.9
Média	49.0	52.7		288.9	205.6	
<i>E. urophylla</i>						
Recip.	BT+N	CE+V	Média	BT+N	CE+V	Média
Tubete	73.0	118.8	95.9 b	221.3	269.9	245.6 b
Bloco	124.8	204.8	164.8 a	432.9	630.4	531.6 a
Média	98.9 B	161.8 A		327.1 B	450.2 A	

Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na vertical, e maiúscula, na horizontal, não diferem pelo teste F a 5%.

O substrato CE+V também conferiu maior potencial de regeneração de raízes às mudas, exceto para as de *Eucalyptus camaldulensis* produzidas em blocos prensados. No sistema de prensagem a que os blocos são submetidos, a principal causa das diferenças entre os dois substratos, sua capacidade de agregação nos tubetes, pode ter sido eliminada, igualando, assim, os dois tipos de substratos.

As mudas produzidas em blocos prensados apresentaram um potencial de regeneração de raízes maior e com ritmo mais acelerado, independente do substrato utilizado, para as duas espécies estudadas (Figuras 3 e 4), indicando maior qualidade dessas mudas para plantio.

Após o plantio as mudas foram submetidas a um período de estresse, provocado por um alagamento da área, decorrente de altas precipitações e do alto teor de matéria orgânica do solo.

As mudas produzidas em tubetes com BT+N apresentaram os menores percentuais de sobrevivência (TABELA 5), este tratamento foi, também, o que conferiu às mudas os mais baixos valores dos caracteres morfofisiológicos, avaliados no viveiro.

Embora Barden et al. (1986), Carneiro (1995) e Novaes (1998) tenham obtido maiores percentuais de sobrevivência em mudas de *Pinus taeda* produzidas em blocos prensados, o comportamento das duas espécies não pode ser atribuído ao recipiente isoladamente, visto que, quando utilizados tubetes com CE+V, as mudas não apresentaram redução no percentual de sobrevivência.

Até o décimo mês, as mudas das duas espécies apresentaram diferenças em altura e diâmetro ao nível do solo, em função do recipiente, sendo os maiores valores obtidos pelas mudas produzidas em blocos prensados (Figuras 5 e 6).

TABELA 5 - Sobrevivência de mudas de eucalipto, dois meses após o plantio.

Recipiente	Substrato	Sobrevivência (%)	
		Tubete	Bloco prensado
<i>E. camaldulensis</i>	BT+N	67	98
	CE+V	98	96
<i>E. urophylla</i>	BT+N	64	100
	CE+V	96	100

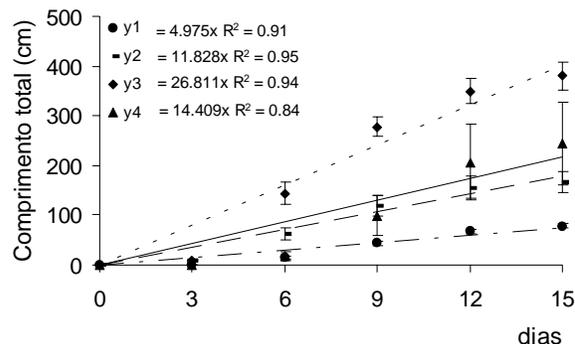
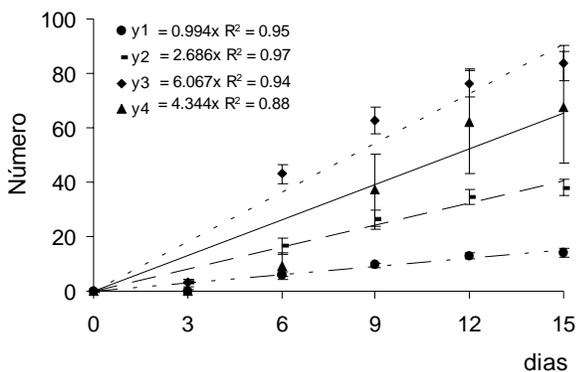


Figura 3 - Valores acumulados de número e comprimento de raízes regeneradas de mudas de *Eucalyptus camaldulensis*, em testes de potencial de regeneração de raízes, conduzidos em tubos, após poda padrão.

● = tubete (BT+N); ■ = tubete (CE+V); ◆ = bloco (BT+N); ▲ = bloco (CE+V). As barras verticais representam  $\pm 1$  erro padrão da média.

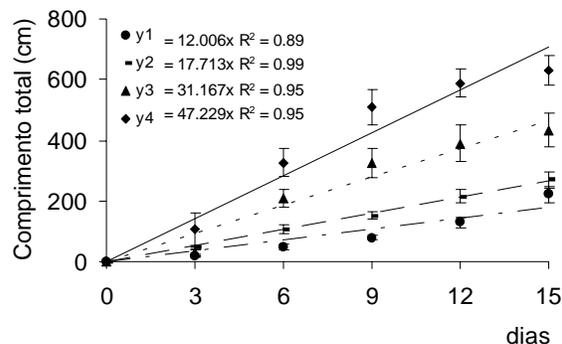
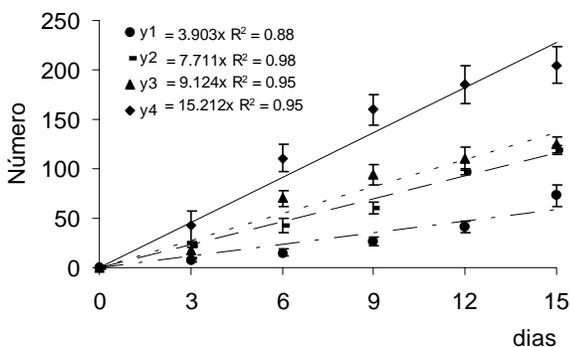


Figura 4 - Valores acumulados de número e comprimento de raízes regeneradas de mudas de *Eucalyptus urophylla*, em testes de potencial de regeneração de raízes, conduzidos em tubos, após poda padrão.

● = tubete (BT+N); ■ = tubete (CE+V); ◆ = bloco (BT+N); ▲ = bloco (CE+V). As barras verticais representam  $\pm 1$  erro padrão da média.

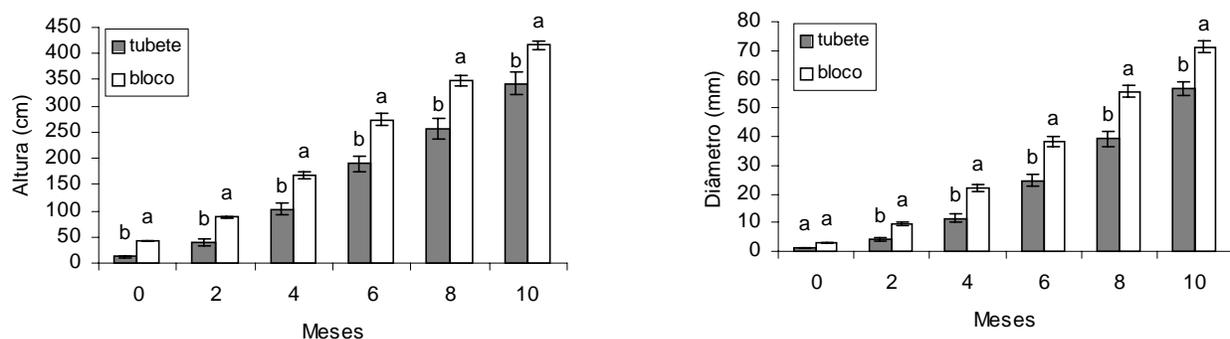


Figura 5 - Altura e diâmetro ao nível do solo de mudas de *Eucalyptus camaldulensis*, produzidas em diferentes recipientes, nos primeiros 10 meses após o plantio. As barras verticais representam  $\pm 1$  erro padrão da média.

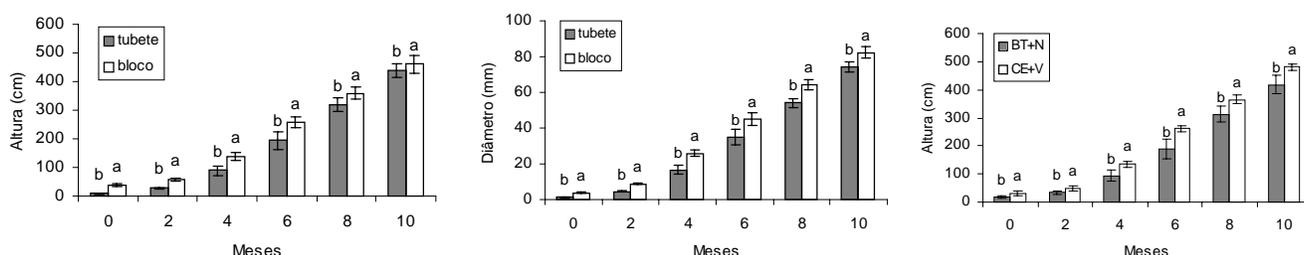


Figura 6 - Altura e diâmetro ao nível do solo de mudas de *Eucalyptus urophylla*, produzidas em diferentes recipientes e substratos, nos primeiros 10 meses após o plantio. As barras verticais representam  $\pm 1$  erro padrão da média.

Observa-se que o crescimento das mudas no campo, até o décimo mês após o plantio, foi bem acelerado para ambas as espécies, em todos os tratamentos, tendo as plantas alcançado, neste período, alturas acima de 4 m e diâmetros acima de 70 mm.

Ainda que as diferenças entre altura e diâmetro ao nível do solo, entre os tratamentos venham a desaparecer, como observou Morgado (1998), o maior crescimento inicial do *E. grandis* possibilita a cobertura da área antes do 6º mês, período em que ainda há efeito residual dos herbicidas aplicados na implantação dos povoamentos reduzindo, assim, custos no controle de plantas daninhas.

Entretanto, as mudas de *Eucalyptus urophylla* produzidas em CE+V apresentaram essa vantagem com relação às produzidas em BT+N, apenas para a taxa de crescimento em altura (Figura 6).

Não houve correlação entre o potencial de regeneração de raízes, em tubos ou em solução hidropônica e a sobrevivência das mudas no campo, embora o tratamento que apresentou menor percentual de sobrevivência, para as duas espécies, foi também o que apresentou menores índices de P.R.R. (TABELA 5).

Vários autores encontraram correlações positivas entre P.R.R. e a sobrevivência das mudas (Ferret & Kreh, 1985; Palmer & Holen, 1986; Larsen et al., 1986; Hallgren et al., 1993; McTague & Tinus, 1996), diferindo das citações de Bayley & Kietzka (1997).

Embora essas características não tenham predito a sobrevivência das mudas, apresentaram correlação positiva com o crescimento das mesmas após o plantio nas duas espécies (TABELAS 6 e 7).

O *Eucalyptus camaldulensis* apresentou, em todas as características de potencial de regeneração de raízes avaliadas, correlações lineares positivas com o crescimento em altura e diâmetro ao nível do solo das plantas até 10 meses (TABELA 6). A única exceção foi com relação ao comprimento total, obtido no teste em tubos, que aos 10 meses não apresentou mais correlação linear significativa com o diâmetro das plantas ao nível do solo.

Já para o *E. urophylla* as correlações lineares não foram mantidas por todas as características ao longo dos 10 meses de avaliações (TABELA 7). Para esta espécie, os testes de P.R.R. correlacionaram-se por mais tempo com o crescimento em diâmetro, sendo o comprimento total, em ambos os testes, a característica menos indicada na predição do desempenho das mudas após o plantio. Também Novaes (1998) encontrou correlações lineares positivas entre P.R.R. e o crescimento em altura e diâmetro de mudas de *Pinus taeda*, produzidas em diferentes recipientes, 24 meses após o plantio.

Estes dados sugerem que o P.R.R. pode ser um índice confiável na predição do crescimento das mudas após o plantio, como sugerido por Brissete & Ballenger (1985) e Carneiro (1995), refletindo a qualidade e o vigor das mudas produzidas, apesar das restrições relatadas por Bayley & Kietzka (1997), com relação à predição da sobrevivência das mudas no campo.

TABELA 6 - Correlações lineares entre as avaliações de P.R.R. e o desempenho das plantas de *Eucalyptus camaldulensis* no campo, através de seu crescimento em altura (H) e diâmetro ao nível do solo (DS), durante 10 meses após o plantio.

Variável	2 meses		4 meses		6 meses		8 meses		10 meses	
	H	DS	H	DS	H	DS	H	DS	H	DS
Tubo N <sup>1</sup>	0,82**	0,71**	0,72**	0,69**	0,69**	0,67**	0,76**	0,68**	0,71**	0,64*
Tubo C <sup>2</sup>	0,74**	0,60*	0,62*	0,58*	0,59*	0,58*	0,69**	0,58*	0,67**	0,57
Aqua P <sup>3</sup>	0,76**	0,72**	0,68**	0,72**	0,64*	0,69**	0,70**	0,70**	0,63*	0,68**
Aqua N <sup>4</sup>	0,80**	0,74**	0,71**	0,74**	0,70**	0,71**	0,74**	0,73**	0,64*	0,68**
Aqua C <sup>5</sup>	0,78**	0,74**	0,69**	0,73**	0,67**	0,70**	0,71**	0,72**	0,66**	0,61*
Aqua A <sup>6</sup>	0,78**	0,74**	0,69**	0,75**	0,66**	0,71**	0,71**	0,72**	0,69**	0,62*
Aqua V <sup>7</sup>	0,76**	0,72**	0,68**	0,72**	0,64*	0,69**	0,70**	0,70**	0,63*	0,68**

<sup>1,2</sup> número e comprimento total de raízes regeneradas, respectivamente, no teste de P.R.R. em tubos;

<sup>3,4,5,6,7</sup> peso, número, comprimento total, área e volume de raízes regeneradas, respectivamente, no teste de P.R.R. em solução hidropônica;

\*, \*\* correlações lineares significativas a 1 e 5%, respectivamente, pelo teste t.

TABELA 7 - Correlações lineares entre as avaliações de P.R.R. e o desempenho das plantas de *Eucalyptus urophylla* no campo, através de seu crescimento em altura (H) e diâmetro ao nível do solo (DS), durante dez meses após o plantio.

Variável	2 meses		4 meses		6 meses		8 meses		10 meses	
	H	DS	H	DS	H	DS	H	DS	H	DS
Tubo N <sup>1</sup>	0,89**	0,87**	0,73**	0,71**	0,64*	0,61*	0,48	0,69**	0,35	0,61*
Tubo C <sup>2</sup>	0,94**	0,92**	0,62*	0,66*	0,52	0,50	0,36	0,63*	0,18	0,51
Aqua P <sup>3</sup>	0,85**	0,87**	0,75**	0,76**	0,61*	0,66*	0,57	0,80**	0,36	0,68**
Aqua N <sup>4</sup>	0,88**	0,86**	0,85**	0,78**	0,77**	0,77**	0,66*	0,82**	0,55	0,76**
Aqua C <sup>5</sup>	0,64*	0,68**	0,56	0,60*	0,53	0,54	0,43	0,57	0,38	0,60*
Aqua A <sup>6</sup>	0,74**	0,77**	0,68**	0,66*	0,58	0,62*	0,56	0,69**	0,48	0,65*
Aqua V <sup>7</sup>	0,87**	0,88**	0,71**	0,71**	0,61*	0,63*	0,54	0,72**	0,44	0,65*

<sup>1,2</sup> número e comprimento total de raízes regeneradas, respectivamente, no teste de P.R.R. em tubos;

<sup>3,4,5,6,7</sup> peso, número, comprimento total, área e volume de raízes regeneradas, respectivamente, no teste de P.R.R. em solução hidropônica;

\*, \*\* correlações lineares significativas a 1 e 5%, respectivamente, pelo teste t.

## CONCLUSÕES

- As mudas produzidas em blocos prensados apresentaram maiores índices de P.R.R. e maior crescimento após o plantio.

- A mistura de casca de eucalipto + vermiculita possibilitou a produção de mudas com maiores índices de P.R.R., nos testes em solução hidropônica, o que foi mais acentuado no sistema de produção em tubetes para as mudas de *Eucalyptus camaldulensis*.

- A mistura de casca de eucalipto + vermiculita também conferiu maior potencial de regeneração de raízes às mudas, nos testes em tubos, exceto para as de *Eucalyptus camaldulensis* produzidas em blocos prensados.

- O P.R.R. não foi uma característica adequada na predição da sobrevivência, mas pode ser utilizado com segurança para predizer o crescimento inicial das mudas no campo, principalmente quando correlacionado com o diâmetro ao nível do solo.

## AGRADECIMENTO

À FENORTE e FAPERJ pelo suporte financeiro para condução do experimento e publicação dos artigos.

*Scientia Agricola*, v.57, n.2, p.229-237, abr./jun. 2000

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARDEN, J.C.; FERET, P.P.; KREH, R.E. Root growth potential and out planting performance of loblolly pine seedlings raised at 2 nurseries. In: BIENNIAL SILVICULTURAL RESEARCH CONFERENCE, 4., Atlanta, 1986. **Proceedings**. Atlanta, 1986. p.237-244 (Technical Report, 24)
- BAYLEY, A.D.; KIETZKA, J.W. Stock quality and field performance of *Pinus patula* seedlings produced under two nursery growing regimes during seven different nursery production periods. **New Forests**, v.13, p.341-356, 1997.
- BOLLES JONES, E.W. Nutrition of *Hevea brasiliensis* I. Experimental methods. **Journal Rubber Research Institute of Malaysia**, v.14, p.183, 1954.
- BRISSETTE, J.C.; BALLANGER, L. Using root growth potential for comparing the quality of loblolly pine seedlings from two nurseries in Arkansas. In: NORTHEAST AREA NURSERY SUPERVISORS CONFERENCE. New Orleans, 1985. **Proceedings**. New Orleans: USDA, 1985.
- BRISSETTE, J.C.; BARNETT, J.P.; GRAMLING, C.L. Root growth potential of southern pine seedlings grown at the W. Ashe nursery. In: SOUTHERN FOREST NURSERY ASSOCIATION, New Orleans, 1988. **Proceedings**. New Orleans: USDA, 1988. p.173-183.
- BRISSETTE, J.C.; ROBERTS, T.C. Seedling size and lifting date effects on root growth potential of loblolly pine from two Arkansas Nurseries. **Tree Planters' Notes**, v.38, p.34-38, 1984.

- CARNEIRO, J.G. de A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: UFPR;FUPEF, 1995. 451p.
- CLAASSEN, N., SYRING, K.M., JUNGCK, A. Verification of a mathematical model by simulating potassium uptake from soil. **Plant and Soil**, v.95, p.209-220, 1986.
- FERET, P.P.; KREH, R.E. Seedling root growth potential as an indicator of loblolly pine field performance. **Forest Science**, v.31, p.1005-1011, 1985.
- HALLGREN, S.W.; TAUER, C.G.; WEEKS, D.L. Cultural, environmental, and genetic factors interact to affect performance after planted short leaf pine. **Forest Science**, v.39, p.478-498, 1993.
- LARSEN, H.S.; BOYER, J.M. **Root growth potential of Loblolly Pine (*Pinus taeda* L.) Seedlings from twenty Southern Nurseries**. Auburn University, Alabama Agricultural Experiment Station, 1986. p.1-16. (Circular, 286)
- LARSEN, H.S.; SOUTH, D.B.; BOYER J.M. Root growth potential, seedling morphology and bud dormancy correlate with survival of loblolly pine seedlings planted in December in Alabama. **Tree Physiology**, n.1, p.253-263, 1986.
- McTAGUE, J.P.; TINUS, R. The effects of seedlings quality and forest site weather on field survival of ponderosa pine. **Tree Planters' Notes**, v.47, p.16-23, 1996.
- MORGADO, I.F. Resíduos agroindustriais prensados como substrato para a produção de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e *Saccharum* spp. Campos dos Goytacazes, 1998. 102p. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual do Norte Fluminense.
- NOLAND, T.L.; MOHAMMED, G.H.; SCOTT, M. The dependence of root growth potential on light level, photosynthetic rate, and root starch content in jack pine seedlings. **New Forests**, v.13, p.105-119, 1997.
- NOVAES, A.B. de. Avaliação morfofisiológica da qualidade de mudas de *Pinus taeda* L., produzidas em raiz nua e em diferentes tipos de recipientes. Curitiba, 1998. 118p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Paraná.
- PALMER, L.; HOLEN, I. The aquarium tester: A fast, inexpensive device for evaluating seedling quality. **Tree Planters' Notes**, v.37, p.13-16, 1986.
- ROSSIELLO, R.O.P., ARAÚJO, A.P., MANZATTO, C.V., FERNANDES, M.S. Comparação dos métodos fotoelétrico e da interseção na determinação de área, comprimento e raio médio radicular. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.30, p.633-638, 1995.
- TANAKA, Y.; BROTHERTON, P.; HOSTETTER, S.; CHAPMAN, D.; DYCE, S.; BELANGER, J.; JOHNSON, B.; DUKE, S. The operational planting stock quality testing program at Weyerhaeuser. **New Forests**, v.13, p.423-437, 1997.

---

Recebido em 26.08.99