



# XXXIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo

Solos nos biomas brasileiros: sustentabilidade e mudanças climáticas  
31 de julho à 05 de agosto - Center Convention - Uberlândia/Minas Gerais

## DESENVOLVIMENTO DE MUDAS DE PINUS SOB ESTRESSE PROMOVIDO PELO NaCl EM CAMBISSOLO HÚMICO Distrófico

**Shizuo Maeda<sup>(1)</sup>; Helton Damin da Silva<sup>(2)</sup>; Itamar Antonio Bognola<sup>(2)</sup>**

<sup>(1)</sup> Pesquisador; Embrapa Florestas; Estrada da Ribeira, km 111, CP 319, Colombo, PR, 83411-000; maeda@cnpf.embrapa.br; <sup>(2)</sup> Pesquisador; Embrapa Florestas.

**Resumo** – A disposição de resíduos celulósicos em plantios florestais pode resolver o problema ambiental de descarte e contribuir para a manutenção da produtividade dos sítios florestais. A salinidade desses resíduos pode ser prejudicial às plantas. Com o objetivo de avaliar a resposta de *Pinus taeda* L. à aplicação de doses de NaCl, instalou-se, em casa de vegetação não climatizada, um experimento utilizando um CAMBISSOLO HÚMICO Distrófico argiloso coletado na camada 10 a 30 cm. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado com os tratamentos constituídos por doses de NaCl, na forma PA, equivalentes a 0; 156; 625; 1251 e 2925 mg kg<sup>-1</sup> de terra, o que resultaram nos seguintes valores para a condutividade elétrica – CE no extrato de saturação, respectivamente: 0,196; 0,503; 2,440; 2,940 e 9,240 dS m<sup>-1</sup>. No plantio das mudas, foram avaliadas a sua altura e diâmetro do caule e, aos 120 dias de cultivo, as plantas foram colhidas e avaliados o diâmetro do caule, a altura, as massas secas da raiz e da parte aérea. As mudas de *Pinus taeda* apresentaram sensibilidade à aplicação de NaCl; as variáveis biométricas mostraram sensibilidade diferenciada ao aumento da salinidade do solo.

**Palavras-Chave:** salinidade; lodo celulósico; insumo florestal; sensibilidade.

### INTRODUÇÃO

O setor florestal contribui expressivamente para o desenvolvimento sócio-econômico do Brasil. Em 2007, esse setor foi responsável pela geração de um PIB de US\$ 44,6 bilhões, o que equivaleu a 3,4 % do PIB brasileiro. O setor de florestas plantadas propiciou a geração de aproximadamente 4,6 milhões de empregos (656 mil diretos, 1,8 milhões indiretos e 2,1 milhões pelo efeito-renda) e divisas anuais de US\$ 9,059 bilhões, o que representou 5,6% das exportações do Brasil (SBS, 2008). A produção de celulose e papel ocupa lugar de destaque no setor florestal, qualificando o país entre os principais produtores mundiais.

Os processos de transformação de matérias-primas têm como consequência a geração de resíduos. Atualmente, um dos grandes desafios das indústrias de celulose e papel é a destinação final dos resíduos gerados, sendo esses dispostos em aterros industriais em muitas empresas do setor. Essa alternativa gera

uma responsabilidade pela sua guarda que pode se eternizar resultando em custo permanente.

O resíduo ou lodo celulósico, gerado em estação de tratamento de efluentes de indústrias de celulose e papel, apresenta teores consideráveis de nutrientes para as plantas, o que o potencializam como sucedâneo de fertilizantes industrializados sendo, no entanto, necessário para essa destinação o pleno conhecimento de suas características e de seus possíveis efeitos prejudiciais ao ambiente. Essa forma de disposição resolve o problema de descarte e contribui na reposição de nutrientes exportados com a colheita da madeira. Informações preliminares obtidas em pesquisa realizada com o objetivo de avaliar o efeito de lodo celulósico em mudas de *Pinus taeda* (0, 40, 80 e 160 Mg ha<sup>-1</sup>), em condições de vaso, mostraram efeitos prejudiciais do lodo, sendo considerada a hipótese do efeito salino devido a presença de Na, remanescente da fonte utilizada na digestão da madeira para extração da celulose (Silva, et al., 2005). O sintoma inicial apresentado pelas plantas foi a seca das acículas a partir do seu ápice, nas doses mais elevadas do resíduo, culminando com a morte das plantas.

Avaliou-se nesse trabalho o efeito do NaCl sobre o desenvolvimento de mudas de *Pinus taeda*.

### MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido em casa de vegetação da Embrapa Florestas, em Colombo, PR. A implantação foi feita em novembro/2008 utilizando mudas de *P. taeda* com cinco meses de idade, cujas sementes foram originadas de árvores clonais de primeira geração. Foram utilizados sacos plásticos preenchidos com 4,35 kg de um CAMBISSOLO HÚMICO Distrófico, coletado na camada de 10 a 30 cm, no município de Piraí do Sul, PR, com as seguintes características (SILVA, 1999): pH em CaCl<sub>2</sub> = 3,92; CO = 22,58 g dm<sup>-3</sup>; P = 1,60 mg dm<sup>-3</sup>; K = 0,05 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Ca = 0,18 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg = 0,19 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Al = 2,95 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; H + Al = 11,26 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; V = 3,6%; m = 87,6 %; areia = 31,2 %; silte = 9,6% e argila = 59,2 %. Após secagem, peneiramento e homogeneização, porções da amostra do solo foram colocadas nos recipientes.

Os tratamentos constituídos de doses de NaCl PA foram equivalentes a 0; 156; 625; 1251 e 2925 mg kg<sup>-1</sup> de terra, aplicados sob delineamento estatístico inteiramente ao acaso com quatro repetições. Avaliadas com base na incubação prévia durante 20 dias, em umidade correspondente a 80% da capacidade de campo, as doses

aplicadas resultaram em condutividade elétrica de 0,196; 0,503; 2,440; 2,940 e 9,240 dS m<sup>-1</sup>, respectivamente, determinada pelo método do extrato saturação (Raij et al., 2001). As alíquotas de NaCl, equivalentes às doses estudadas, foram dissolvidas em água destilada, em volume suficiente para atingir 80% da capacidade de campo, sendo o teor de água mantido nesse nível até o final do período de condução do estudo pela aplicação de água destilada por capilaridade.

A avaliação do ensaio foi realizada 120 dias após a implantação, sendo tomadas medidas da altura das mudas, do diâmetro do caule e as massas secas da parte aérea e da raiz. Com base nas avaliações de altura inicial e final e dos diâmetros do caule, inicial e final, foram determinados os crescimentos relativos. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (p 5%) e quando significativos os dados foram submetido a teste de média Scott-Knott, 5%) e à análise de regressão.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Das características biométricas avaliadas não se constatou efeito dos tratamentos no diâmetro do caule – DC e no seu incremento relativo, na matéria seca da raiz – MSR e na razão entre a matéria seca da parte aérea e MSR (Tabela 1). A altura final e o seu incremento foram positivamente influenciados até a CE de 2,44 dS m<sup>-1</sup>, proporcionada pela aplicação de 625 mg kg<sup>-1</sup> de NaCl. Na CE 3,94 dS m<sup>-1</sup>, resultante da aplicação de 1251 mg kg<sup>-1</sup> de NaCl, a altura final e o incremento em altura foram significativamente reduzidos. Nesse tratamento a redução no crescimento em altura, em relação à dose 0 foi de cerca de 10% (Figura 1). A menor altura e o menor incremento em altura foram observados na maior CE, o que correspondeu a uma redução de 20 % na altura e 80 % no incremento. O comportamento observado no incremento em altura foi quadrático como pode ser observado na Figura 2.

As massas da matéria seca da parte aérea e total foi diminuída apenas na maior dose de NaCl (Tabela 1). O efeito da salinidade sobre as plantas promovido pela aplicação de NaCl são relatados por Silva et al., 2000; Santos & Souza, 2003; Marinho et al., 2006; Mendonça et al., 2007; Nunes et al., 2008, os quais mencionam que a inibição do crescimento observado em plantas sensíveis deve-se à redução do potencial osmótico da solução do solo, promovida pelo excesso de sais ou mesmo pelo efeito tóxico dos mesmos. Para Tomé Jr. (1997), o excesso de sais na zona radicular pode prejudicar a germinação, o desenvolvimento e a produtividade das plantas, como consequência do maior gasto energético para absorver água, energia essa desviada de processos metabólicos essenciais. Conforme Salisbury e Ross (1991), o aumento da concentração salina pode promover um desequilíbrio nutricional devido ao aumento da concentração iônica e à inibição da absorção de outros cátions pelo Na e mesmo o efeito tóxico dos íons sódio e cloreto.

Por outro lado, o aumento observado na altura da mudas nos tratamentos que resultaram nas CE 0,503;

2,440 e 2,940 dS m<sup>-1</sup> pode estar relacionado com a substituição do K pelo Na em algumas funções fisiológicas da planta como observado por Almeida (2009), em *Eucalyptus grandis*. Nesse estudo, o autor observou resposta positiva à aplicação de NaCl na produtividade de madeira.

Embora o crescimento de muitas espécies de plantas seja prejudicado pela salinidade, para as halófitas o Na tem efeito benéfico (Marschner, 1985). Tais espécies apresentam a capacidade de promover o equilíbrio osmótico com a solução do solo acumulando os íons absorvidos no vacúolo das células, o que parece não ser o caso do *Pinus taeda*, uma vez que com CE de 3,940 dS m<sup>-1</sup>, observou-se redução na altura final e nas massas secas da parte aérea e total.

Para efeitos pedológicos, a partir da CE de 4,0 dS m<sup>-1</sup> até a CE 7 dS m<sup>-1</sup>, o solo é considerado como salino (Santos et al., 2006). Dessa forma, com base na resposta observada, o cultivo de *Pinus taeda* nas condições de um solo salino seria prejudicado significativamente.

## CONCLUSÕES

1. plantas de *Pinus taeda* mostraram sensibilidade à aplicação de NaCl;
2. as variáveis biométricas avaliadas mostraram sensibilidade diferenciada ao aumento da salinidade do solo.

## REFERÊNCIAS

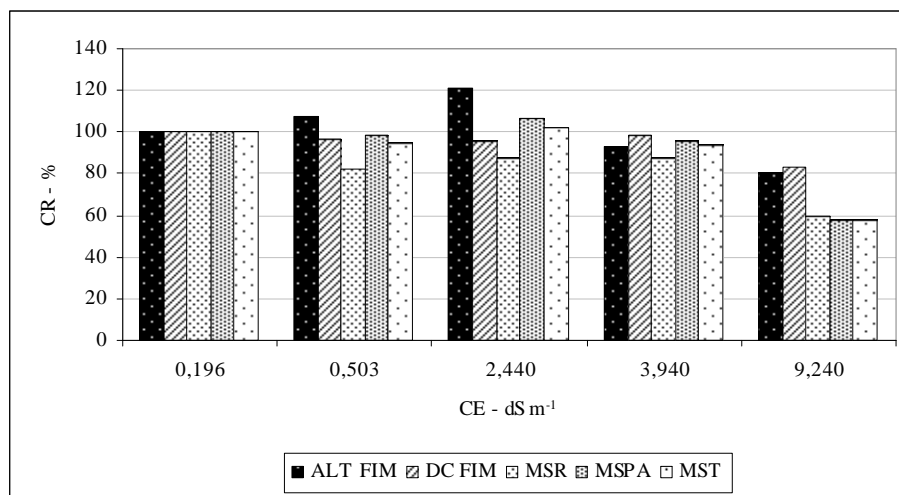
- ALMEIDA, J. C. R. de. Nutrição, crescimento, eficiência de uso de água e nutrientes em povoamento de *Eucalyptus grandis* fertilizados com potássio e sódio. 2009. 112f. Tese (Doutorado em Silvicultura e Manejo Florestal) – Esalq, USP, Piracicaba.
- CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. (Eds). Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais, Campinas: Instituto Agronômico. P. 277-324. 2001.
- MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. 2 ed. San Diego: Academic Press, 1985. 674 p.
- MARINHO, F.J.L.; GHEVY, H.R.; FERNANDES, P.D.; HOLANDA, J.S.de; FERREIRA NETO, M. Cultivo de coco “Anão Verde” irrigado com águas salinas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 41, n. 8, p. 1277-1284, 2006.
- MENDONÇA, A.V.R.; CARNEIRO, J.G.de A.; BARROSO, D.G.; SANTIAGO, A.R.; RODRIGUES, L.A.R.; FREITAS, T.A.S. de. Características biométricas de mudas de *Eudalyptus sp.* Sob estresse salino. *Revista Árvore*, Viçosa, MG, v.31, n.3, p. 365-372, 2007.
- NUNES, W.A.G.de A.; KER, J.C.; NEVES, J.C.L.; RUIZ, H.A.; BEIRIGO, R.M.; BONCOMPANI, A.L.P. Características químicas de solos da região de Janaúba, MG, irrigados com água de poços tubulares e do rio Gorutuba. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.32, n.1, p. 227-236, 2008.
- RAIJ, B. van; GHEYI, H.R.; BATAGLIA, O.C. Determinação da condutividade elétrica e de cátions solúveis em extratos aquosos de solos. 2001. In: RAIJ, B. van; ANDRADE, J.C. de; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. (Eds.) *Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais*, Campinas, Instituto Agronômico, p. 277-284.
- SALISBURY, F.B.; ROSS, C.W. *Plant physiology*. Belmont, CA, EUA, Wadsworth Publishing Company, 1999. 682p.
- SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; OLIVEIRA, J. B. de; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA,

- T. J. F. da (Ed.). Sistema brasileiro de classificação de solos. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.
- SANTOS, J.R. dos; SOUZA, R.F. Efeito do estresse salino no desenvolvimento inicial de mangueira (*Mangifera indica* L.). Magistra, Cruz das Almas, BA, v. 15, n.1, p. 2003.
- SILVA, F.C. da (Org.). Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Brasília, DF – Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia; Rio de Janeiro – Embrapa Solos; Campinas – Embrapa Informática Agropecuária, 1999. 370 p.
- SILVA, H.D. da; FERREIRA, C.A.; ANDRADE, G. de C.; MAGALHÃES, W.L.E.; DEDECEK, R.A.; CORREA, R. S.; TREVISAN, T.; FERRARI, M.A. Relatório de pesquisas realizadas no âmbito do contrato de cooperação técnica Embrapa Iguazu Celulose. 2005. 25p. Não publicado
- SILVA, F.A. de M.; MELLONI, R.; MIRANDA, J.R.P. de; CARVALHO, J.G. de. Efeito do estresse salino sobre a nutrição mineral e o crescimento de mudas de aroeira (*Myracrodruon urundeuira*) cultivado em solução nutritiva. *Cerne*, v. 6, n. 1, p. 52-59, 2000.
- SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA. Fatos e números do Brasil florestal, 2008. Disponível em <http://www.sbs.org.br/cdrom.html>. Consultado em 23/02/2011.
- TOMÉ JR., J. B. Manual para interpretação de análise de solo. Guaíba, RS, Livraria e Editora Agropecuária, 1997. 247p.

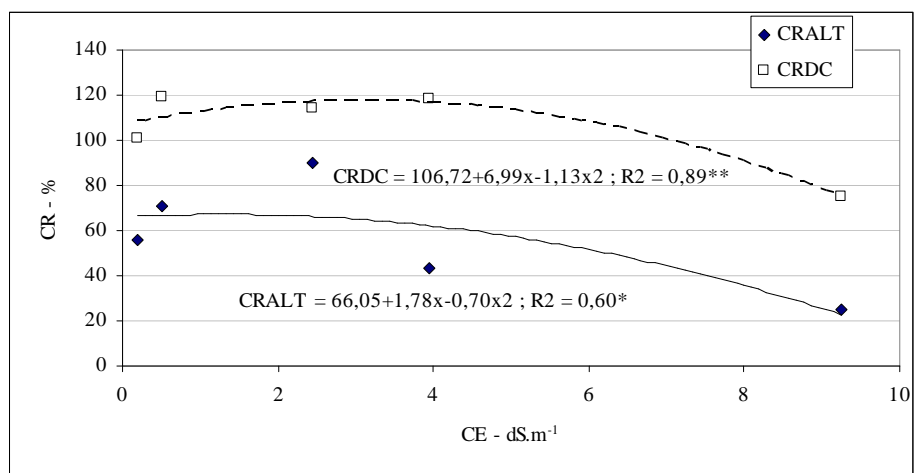
**Tabela 1.** Altura final e incremento em altura, diâmetro do caule – DC final e incremento no DC e massas da matéria seca da raiz - MSR, parte aérea - MSPA e total - MST e razão entre a matéria seca da parte aérea e da raiz de mudas de *Pinus taeda* avaliada aos 120 dias após plantio, em função dos tratamentos aplicados\*.

CE	Altura final	Incremento em altura	DC final	Incremento no DC	MSR	MSPA	MST	MSPA/MSR
dS m <sup>-1</sup>	cm	%	cm	%	----- g -----			-
0,196	39,37 b	55,96 b	5,97	100,66	2,02	6,51 a	8,53 a	3,29
0,503	42,37 a	70,55 a	5,78	119,36	1,66	6,43 a	8,09 a	3,92
2,440	47,62 a	89,66 a	5,71	113,84	1,76	6,92 a	8,68 a	3,98
3,940	36,75 b	43,72 b	5,90	117,97	1,77	6,23 a	8,01 a	3,58
9,240	31,5 c	24,63 c	4,95	75,15	1,19	3,75 b	4,94 b	3,22
CV - %	9,17	25,89	8,08	27,19	22,36	16,71	16,73	15,20

\* Valores, nas colunas, seguidas por letras iguais não diferem significativamente pelo teste de Scott-Knott 5%.



**Figura 1.** Crescimento relativo - CR de mudas de *Pinus taeda* submetidas a doses de NaCl avaliadas pelas altura final – ALT FIM, diâmetro do caule final - DC FIM, matérias secas da raiz – MSR, da parte aérea – MSPA e total – MST.



**Figura 2.** Crescimento relativo em altura (CRALT) e diâmetro do caule (CRDC) de mudas de *Pinus taeda* em resposta a alteração na condutividade elétrica (CE) promovida pela aplicação de doses de NaCl.

This document was created with Win2PDF available at <http://www.win2pdf.com>.  
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.  
This page will not be added after purchasing Win2PDF.