

Efeitos do ácido indolilbutírico (AIB) e da coleta de brotações em diferentes estações do ano no enraizamento de miniestacas de *Pinus taeda* L.Effect of indolbutyric acid (IBA) and the collection of shoots in different seasons of the year on minicutting rooting of *Pinus taeda* L.Giovana Bomfim de Alcantara<sup>1</sup>, Luciana Lopes Fortes Ribas<sup>2</sup>,  
Antônio Riroyei Higa<sup>3</sup> e Katia Christina Zuffellato Ribas<sup>2</sup>**Resumo**

*Pinus taeda* L. é a principal espécie florestal plantada no Sul do Brasil e sua madeira é usada em serrarias, laminadoras, indústrias de aglomerado, MDF, celulose e papel. Devido à sua grande importância econômica é crescente o interesse no desenvolvimento e no domínio de técnicas de propagação vegetativa com esta espécie. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos de diferentes concentrações do ácido indolbutírico - AIB (0, 250, 500 e 1000 mg L<sup>-1</sup>) e da época de coleta, envolvendo as quatro estações do ano, no enraizamento de miniestacas de *P. taeda*. Para tanto, ramos de mudas de *P. taeda* de 2,5 anos de idade foram coletados e miniestacas de 5 cm confeccionadas e tratadas com solução de Captan® a 0,1%. A estadia foi realizada em tubetes com substrato Mecplant® na camada inferior e 2 cm de vermiculita na porção superior. As miniestacas foram mantidas em casa de vegetação, durante 120 dias, durante 120 dias, sob temperatura de 20-25°C e 85-95% de umidade relativa do ar. Em todas as estações do ano o AIB reduziu a porcentagem de enraizamento das miniestacas. O verão e a primavera foram as melhores épocas do ano para coleta das brotações, confirmada pela maior porcentagem de enraizamento.

**Palavras-chave:** Propagação vegetativa, Silvicultura clonal, Mudas florestais, Auxina

**Abstract**

*Pinus taeda* L. is the main forest tree species grown in southern Brazil. Its wood is used for veneer, particle boards, medium density fiberboard (MDF), and pulp and paper industries. Due to its economic importance the development and the use of vegetative propagation techniques is important. Thus, the aim of this work was to evaluate the effect of different concentrations of indolebutyric acid - IBA (0, 250, 500 and 1000 mg L<sup>-1</sup>) and the time of collection involving the four seasons of the year in rooting minicuttings of *P. taeda*. Thus branches of seedlings of *P. taeda* of 2.5 years of age were collected and minicuttings of 5 cm made and treated with a 0.1% of Captan® solution. Cutting was carried out in plastic tubes containing Mecplant® substrate in the lower layer and vermiculite in the upper layer. The minicuttings were maintained for 120 days in a greenhouse at temperatures between 20 and 25°C and relative humidity between 85 and 95%. IBA reduced the percentage of rooting in all seasons of the year. Summer and spring were the best times of the year for collection of the shoots, as shown by the highest rooting percentages.

**Keywords:** Vegetative propagation, Clonal forestry, Forest seedlings, Auxin

**INTRODUÇÃO**

As plantações de *Pinus* do estado do Paraná representam mais de 36% da área total de florestas plantadas com este gênero no Brasil e, no estado, representa 83% da área com florestas plantadas, ocupando 677.772 ha (ABRAF, 2006). Atualmente, a maioria das áreas reflorestadas é plantada com espécies de *Pinus* originárias do sul dos Estados Unidos, sendo o *P. taeda* e *P. elliottii* as espécies mais expressivas (IAP, 2007). *P. taeda* é

usado principalmente em serrarias, laminadoras, indústrias de aglomerado, MDF, celulose e papel (SCHULTZ, 1997). Em função da sua importância econômica e do déficit na oferta de toras de *Pinus* no Brasil, existe interesse nos programas de melhoramento genético com *P. taeda*.

A propagação vegetativa por estaquia de espécies florestais apresenta-se como um instrumento importante em um programa de melhoramento genético, pois atua no aumento da produção e na manutenção da uniformidade do material ge-

<sup>1</sup>Doutoranda pelo Departamento de Produção Vegetal da Universidade Federal do Paraná - E-mail: [giobomfim@ufpr.br](mailto:giobomfim@ufpr.br)

<sup>2</sup>Professor Associado do Departamento de Botânica do Setor de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Paraná - Rua Lothário Meissner, 632 - Jardim Botânico - Curitiba, PR - 80210-170 - E-mail: [lfribas@ufpr.br](mailto:lfribas@ufpr.br); [kazu@ufpr.br](mailto:kazu@ufpr.br)

<sup>3</sup>Professor Adjunto do Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal do Paraná - Rua Lothário Meissner, 632 - Jardim Botânico - Curitiba, PR - 80210-170 - E-mail: [higa@ufpr.br](mailto:higa@ufpr.br)

nético já melhorado (HORGAN *et al.*, 1997). Entretanto, um dos obstáculos à otimização da estaquia é o baixo índice de enraizamento e a baixa qualidade do sistema radicial. Visando contornar estas dificuldades têm-se utilizado a técnica da miniestaquia na clonagem de genótipos de *Eucalyptus* spp. de difícil enraizamento (ALFENAS *et al.*, 2004). Acredita-se que a miniestaquia pode ser potencialmente empregada para outras espécies lenhosas de interesse florestal, como o *P. taeda*, pois além dos incrementos em enraizamento, as miniéstacas desenvolvem um sistema radicial de melhor qualidade em termos de vigor, uniformidade e volume, o que reflete positivamente na sobrevivência e no desempenho do clone no campo (WENDLING e XAVIER, 2005).

Dentre os principais fatores envolvidos no crescimento e no desenvolvimento radicial estão as auxinas, sendo o ácido indolbutírico (AIB) uma das mais utilizadas para a maioria das espécies vegetais, por apresentar-se menos tóxica, em uma maior amplitude de concentrações, quando comparado a outras auxinas (LUDWIG-MÜLLER, 2000). Para espécies de difícil enraizamento, tais como as coníferas, a aplicação de fitoregulador pode compensar um baixo nível endógeno ou mesmo a falta de auxina (WAGNER *et al.*, 1989). A aplicação de auxina é utilizada no enraizamento de muitas espécies e pode proporcionar além de maior índice de enraizamento, maior velocidade de formação, qualidade e uniformidade do sistema radicial (HARTMANN *et al.*, 2002).

A estação do ano em que as brotações são coletadas também é um fator decisivo para o sucesso do enraizamento. Para algumas espécies, normalmente consideradas de fácil enraizamento, a época da coleta não influencia a formação de raízes. Entretanto, outras espécies somente apresentam porcentagens satisfatórias de enraizamento quando a coleta das brotações ocorre em períodos específicos (HARTMANN *et al.*, 2002). Segundo Howard (1996) a estação do ano irá influenciar o enraizamento das estacas por afetar as condições fisiológicas, o estágio de crescimento, balanço hormonal e grau de lignificação da planta matriz, da qual serão coletadas as brotações para confecção das estacas. Estações do ano que apresentam temperaturas mais elevadas muitas vezes coincidem com o aumento da atividade das brotações, florescimento e maiores taxas de crescimento (KIBBLER *et al.*, 2004).

O objetivo do presente trabalho foi avaliar os efeitos da aplicação de quatro concentrações

de AIB (0, 250, 500 e 1000 mg L<sup>-1</sup>) e da época de coleta das brotações no enraizamento de miniéstacas de *P. taeda*.

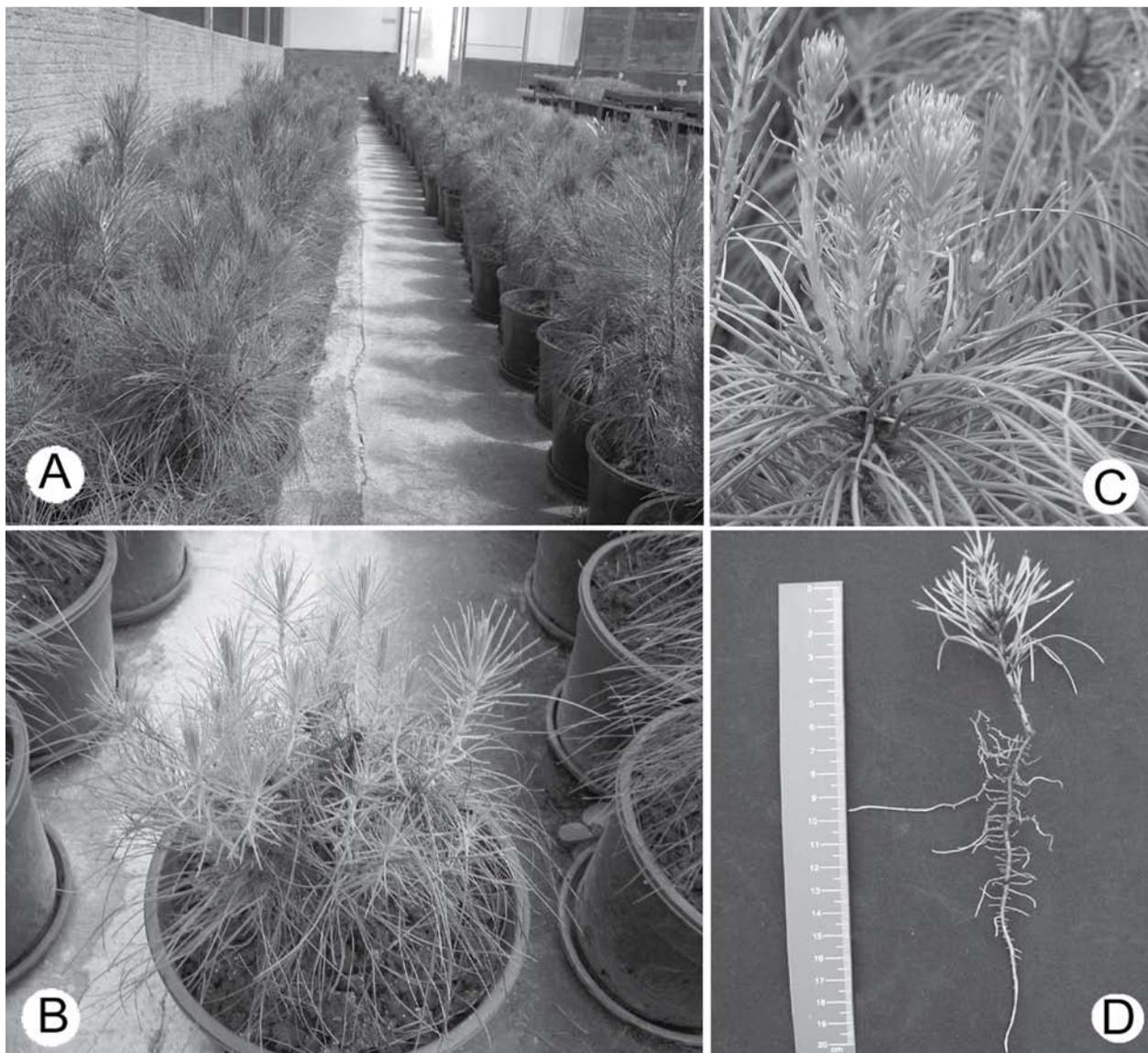
## MATERIAL E MÉTODOS

Mudas de *P. taeda* L., obtidas de sementes de pomar clonal de segunda geração trazidas de Summerville, Carolina do Sul, nos Estados Unidos, foram produzidas em casa de vegetação do Departamento de Ciências Florestais, no Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba, PR (Figura 1-A e B), sob temperatura média de 20°C, com mínima de 11°C e máxima de 26°C e umidade relativa do ar em torno de 78%. Os experimentos foram realizados nas quatro estações do ano, no inverno de 2003 (agosto/ 2003), na primavera (outubro/ 2003), no verão (janeiro/ 2004) e no outono (abril/ 2004).

Brotações novas foram coletadas (Figura 1-C) de mudas de *P. taeda*, com 2,5 anos de idade, e miniéstacas de 5 cm de comprimento confeccionadas, com corte em bisel na base. As acículas da metade inferior da miniéstaca foram retiradas e a gema apical mantida, sendo confeccionada uma miniéstaca por brotação coletada. Após o preparo das miniéstacas, estas foram desinfestadas por imersão total em solução de Captan® (0,1%), durante 15 minutos, seguido de quatro lavagens sucessivas em água corrente. Posteriormente, a base das miniéstacas foi imersa em solução etanólica (50%) com diferentes concentrações de AIB (0, 250, 500 e 1000 mg L<sup>-1</sup>), por 10 segundos.

As miniéstacas foram estaqueadas em bandejas de 12 x 8 células, contendo tubetes de polipropileno, com 12 cm de comprimento, 3 cm de diâmetro e capacidade volumétrica de 56 cm<sup>3</sup>, preenchidos com substrato composto de casca de *Pinus* bioestabilizada (Mecplant®) na camada inferior e dois centímetros de vermiculita, granulometria média, na porção superior do tubete. O experimento foi conduzido sob delineamento inteiramente casualizado em arranjo de parcelas subdivididas no tempo (época de coleta das brotações), com cinco repetições, sendo 16 miniéstacas por parcela.

Após a estaquia, as miniéstacas foram levadas para casa de vegetação e mantidas durante 120 dias sob temperatura de 20-25°C e umidade relativa do ar de 85-95%, quando foram avaliadas as porcentagens de miniéstacas enraizadas (miniéstacas com pelo menos uma raiz) (Figura 1-D); comprimento (cm) das três maiores raízes por miniéstaca; número de raízes por minies-



**Figura 1.** Miniestacaia de *P. taeda*, primavera de 2003: A e B- Mudas de *P. taeda* em casa de vegetação; C- Detalhe das brotações utilizadas na miniestacaia; D- Miniestaca enraizada.

**Figure 1.** Minicutting of *P. taeda*, spring, 2003: A and B- Seedlings of *P. taeda* in greenhouse; C- Details of the shoots used in minicutting; D- rooted minicutting.

taca; massa seca de raízes por miniestaca (mg); porcentagens de sobrevivência (miniestacas que estavam vivas, sem ter formado raiz) e de miniestacas mortas (miniestacas com necrose em toda ou na maior parte de sua extensão).

Os dados foram submetidos à análise de variância e de regressão, usando o programa MSTAT-C®, versão 2.10 (Russel D. Freed, MSTAT Director, Crop and Soil Science Department, Michigan State University, EUA).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

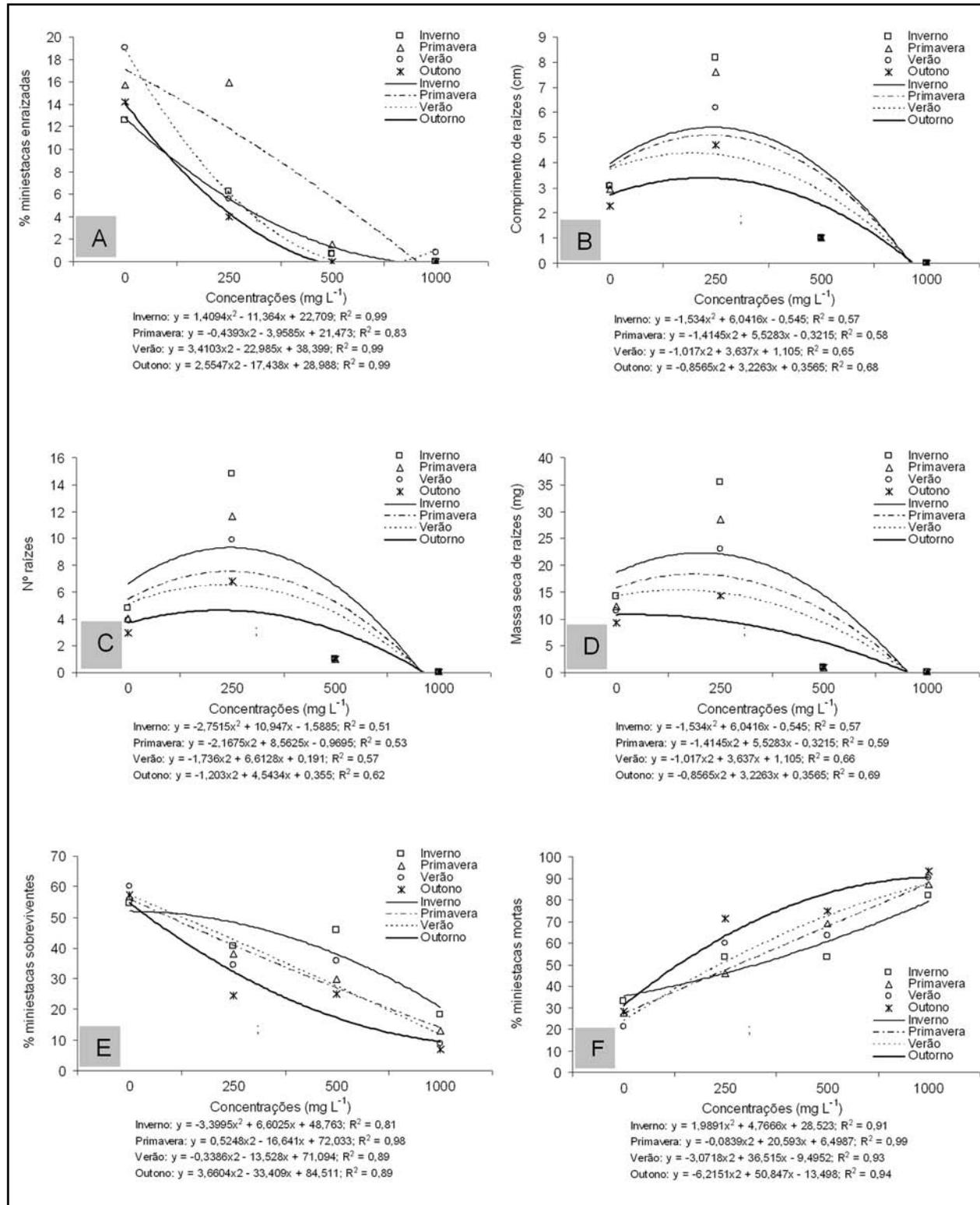
A análise de variância revelou que a interação dos fatores concentrações de AIB e épocas de coleta das brotações foi estatisticamente significativa ( $p \leq 0,01$ ) para todas as características avaliadas (Tabela 1).

A utilização de AIB causou redução na porcentagem de enraizamento, para todas as épocas de coleta das brotações (Figura 2). Estes resultados sugerem que o requerimento de auxina exógena não se faz necessário ao enraizamento de *P. taeda*, possivelmente pelo fato de que a habilidade em formar raízes adventícias está mais relacionada com a competência das células a iniciar divisões celulares em resposta à auxina, do que com a limitação do nível endógeno (DIAZ-SALA *et al.*, 1996).

Resultados semelhantes aos do presente trabalho também foram verificados por Greenwood e Weir (1994), constatando que a aplicação de auxina, em estacas de *P. taeda* de cinco meses a dois anos e quatro meses, não promoveu a formação de raízes, mas que a presença de inibidores do enraizamento, a existência de poucos

grupos de células responsivas a auxina ou até mesmo a ausência de sítios receptores específicos para a auxina poderiam limitar o enraizamento. GREENWOOD *et al.* (2001) também observaram,

em estacas de *P. taeda*, que a ausência da competência de enraizamento se deve, principalmente às inabilidades intrínsecas das células em se organizar em meristemas radiciais em resposta a auxina.



**Figura 2.** Miniestaquia de *P. taeda* sob diferentes concentrações de AIB (0, 250, 500 e 1000 mg L<sup>-1</sup>) e para a coleta das brotações em diferentes épocas do ano. A) Porcentagem de miniestacas enraizadas; B) Comprimento das três maiores raízes (cm); C) Número de raízes; D) Massa seca de raízes (mg); E) Porcentagem de miniestacas sobreviventes; F) Porcentagem de miniestacas mortas.

**Figure 2.** Minicutting of *P. taeda* for different concentrations of IBA (0, 250, 500 e 1000 mg L<sup>-1</sup>) and for the collection of shoots in different seasons. A) Percentage of rooted minicuttings; B) Length of the three biggest roots (cm); C) Root number; D) Dry weight of roots (mg); E) Percentage of surviving minicuttings; F) Percentage of dead minicuttings.

**Tabela 1.** Análise de variância para miniestacas de *P. taeda* enraizadas, comprimento das três maiores raízes (cm), número e massa seca (mg) de raízes, miniestacas sobreviventes e mortas, sob diferentes concentrações de AIB (0, 250, 500 e 1000 mg L<sup>-1</sup>) e para a coleta das brotações em diferentes épocas do ano (inverno, primavera, verão e outono).

**Table 1.** Analysis of variance for rooted minicuttings of *P. taeda*, length of three biggest roots (cm), root number and dry weight (mg), surviving and dead minicuttings; for different concentrations of IBA (0, 250, 500 e 1000 mg L<sup>-1</sup>) and for the collection of shoots at different times of the year (winter, spring, summer and autumn).

Fator de variação	G.L.	Quadrado Médio					
		Miniestacas enraizadas	Comprimento de raízes	Número de raízes	Massa seca	Miniestacas sobreviventes	Miniestacas mortas
AIB	3	0,561**	4,333**	20,781**	149,509**	3,376**	15,521**
Erro	16	0,034	0,296	0,431	1,110	0,248	0,628
Época	3	10,162**	172,358**	472,872**	2784,558**	61,959**	347,846**
AIB x época	9	0,369**	2,798**	12,629**	89,689**	0,931**	4,965**
Erro	48	0,072	0,271	0,416	0,795	0,284	1,087
Total	79						
Média		0,60	2,62	3,93	9,53	3,65	7,16
CV %(parc)		30,49	20,71	16,71	11,05	13,61	11,06
CV %(subpar)		44,37	19,81	16,42	9,35	14,56	14,56

\*\* significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

O verão e a primavera foram as melhores épocas de coletas das brotações, sem a aplicação de auxina, uma vez que propiciaram maior porcentagem de enraizamento (Figura 2). A maior porcentagem de enraizamento nas épocas mais quentes do ano (verão e primavera), possivelmente esteja relacionada ao fato de as estacas terem sido expostas anteriormente a um período de repouso vegetativo, ocasionado pelos meses de inverno, que antecederam a coleta das brotações, proporcionando acúmulo de carboidratos favoráveis à formação de raízes. Os meses mais quentes, também, estão associados à fase de maior atividade metabólica, propiciando maior porcentagem de enraizamento. Conforme Rowe *et al.* (2002), reservas mais abundantes de carboidratos correlacionam-se com maiores porcentagens de enraizamento e sobrevivência de estacas. Assim, a real importância dos carboidratos para formação de raízes é que a auxina requer fonte de carbono para a biossíntese de ácidos nucléicos e proteínas, levando à necessidade de energia e carbono para formação das raízes (FACHINELLO *et al.*, 1995).

As variáveis que definem a qualidade da raiz formada (comprimento, número e massa de raízes) apresentam os melhores resultados com a aplicação de 250 mg L<sup>-1</sup> de AIB, para todas as épocas do ano (Figura 2). Desta forma, a auxina não apresenta efeito na porcentagem de enraizamento, mais em baixas concentrações auxilia a formação de um sistema radicial de melhor qualidade. Segundo Hartmann *et al.* (2002) a auxina pode propiciar o desenvolvimento de um sistema radicial de melhor qualidade em termos de vigor, uniformidade e volume o que reflete

positivamente na sobrevivência e no desempenho do clone no campo.

A não utilização de AIB proporcionou maiores porcentagens de sobrevivência das miniestacas, para todas as épocas do ano e, com a concentração de 1000 mg L<sup>-1</sup> foram observadas as menores taxas de sobrevivência (Figura 2).

O AIB apresentou-se tóxico para as miniestacas, o que pode ser evidenciado pelo aumento da mortalidade das mesmas com o aumento da concentração (Figura 2). Concentrações excessivas de auxina podem inibir o desenvolvimento radicial e causar o amarelecimento e queda das folhas, além de necrose na base da estaca, ocasionando sua morte (DIAZ-SALA *et al.*, 1996).

## CONCLUSÕES

- A porcentagem de enraizamento de miniestacas de *P. taeda* diminui com a aplicação de AIB;
- O verão e a primavera são as épocas mais favoráveis para coleta das brotações de *P. taeda*.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES, pela concessão de bolsa de mestrado à primeira autora e à empresa Comfloresta, pelo fornecimento do material e financiamento do projeto.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAF – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS. Anuário estatístico da ABRAF: ano base 2005. Brasília, 2006. 86p.

- ALFENAS, A.C.; ZAUZA, E.A.V.; MAFIA, R.G.; ASSIS, T.F. **Clonagem e doenças do eucalipto**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2004. 442p.
- DIAZ-SALA, C.; HUTCHISON, K.W.; GOLDFARB, B.; GREENWOOD, M.S. Maturation-related loss in rooting competence by loblolly pine stem cuttings: the role of auxin transport, metabolism and tissue sensitivity. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v.97, p.481-490, 1996.
- FACHINELLO, J.C.; HOFFMANN, A.; NACHTIGAL, J.C.; KERSTEN, E.; FORTES, G.R.L. **Propagação de plantas frutíferas de clima temperado**. 2.ed. Pelotas: Editora Universitária, 1995. 178p.
- GREENWOOD, M.S.; WEIR, R.J. Genetic variation in rooting ability of loblolly pine cuttings: effects of auxin and family on rooting by hypocotyls cuttings. **Tree Physiology**, Victoria, v.15, p.41-45, 1994.
- GREENWOOD, M.S.; CUI, X.; XU, F. Response to auxin changes during maturation-related loss of adventitious rooting competence in loblolly pine (*Pinus taeda*) stem cuttings. **Physiologia Plantarum**, Victoria, v.111, p.373-380, 2001.
- HARTMANN, H.T.; KESTER, D.E.; DAVIS JÚNIOR, F.T.; GENEVE, R.L. **Plant propagation: principles and practices**. 7.ed. New Jersey: Prentice Hall, 2002. 880p.
- HORGAN, K.; SKUDDER, D.; HOLDEN, G. In: IUFRO 97 GENETICS OF RADIATA PINE, 23, 1997, Rotorua. **Proceedings...** Rotorua: New Zealand Forest Research Institute, 1997. p.273-280.
- HOWARD, B.H. Relations between shoot growth and rooting of cuttings in three contrasting species of ornamental shrub. **Journal of Horticulture Science**, Warwick, v.71, p.591-605, 1996.
- IAP - INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ. **Biodiversidade e áreas protegidas**. Disponível em: <http://www.pr.gov.br/meioambiente/iap>. Acesso em: 20 abril 2007.
- KIBBLER, H.; JOHNSTON, M.E.; WILLIAMS, R.R. Adventitious root formation in cuttings of *Backhousia citriodora* F. Muell: 2- seasonal influences of temperature rainfall, flowering and auxins on the stock plant. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.102, p.343-358, 2004.
- LUDWIG-MÜLLER, J. Indole-3-butyric acid in plant growth and development. **Plant Growth Regulation**, Dordrecht, v.32, p.219-230, 2000.
- ROWE, D.B.; BLAZICH, F.A.; RAPER, C.D. Nitrogen nutrition of hedged stock plants of loblolly pine: 1- tissue nitrogen concentrations and carbohydrate status. **New Forests**, Amsterdam, v.24, p.39-51, 2002.
- SCHULTZ, R.I. Genetics and tree improvement. In: SCHULTZ, R.I. **Loblolly pine: the ecology and culture of loblolly pine (*Pinus taeda* L.)**. New Orleans: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, 1997. p.1-50.
- WAGNER, A.M.; FISHER, J.T.; FANCHER, G.A. Vegetative propagation of 10-year-old Blue Spruce by stem cuttings. In: FOREST NURSERY ASSOCIATION MEETING, 1989, Bismarck. **Proceedings...** Coeur d'Alene: Intermountain Forest Nursery Association, 1989. p.70-75.
- WENDLING, I.; XAVIER, A. Influência da miniestaca seriada no vigor radicular de clones de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa, v.29, p.681-689, 2005.

Recebido em 01/08/2007  
Aceito para publicação em 18/09/2008