

SAZONALIDADE E SOLUÇÕES NUTRITIVAS NA MINIESTAQUIA DE *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze¹

Patricia Pires², Ivar Wendling³, Celso Auer³ e Gilvano Brondani⁴

RESUMO – Objetivou-se avaliar o efeito da sazonalidade e de soluções nutritivas na produção, sobrevivência, enraizamento e vigor radicial de miniestacas juvenis de *Araucaria angustifolia*, bem como o hábito de crescimento das mudas formadas. As minicepas foram manejadas em minijardim sob sistema semi-hidropônico, em que foram aplicadas duas soluções nutritivas, com diferentes concentrações de nutrientes, fornecidas por gotejamento, durante as quatro estações do ano. Após 11 coletas, as minicepas apresentaram 100% de sobrevivência. A maior produção ocorreu no verão, com 1.356 miniestacas.m⁻².ano⁻¹, e a menor no inverno, com 429 miniestacas.m⁻².ano⁻¹. As coletas de inverno apresentaram os melhores resultados de enraizamento, com média de 83% em casa de sombra, contra 31% das demais estações. O maior vigor radicial ocorreu nas coletas de primavera e verão e o menor, no inverno. A solução nutritiva mais concentrada propiciou maior produção de miniestacas e melhor vigor radicial, e todas as mudas resultantes da miniestaquia apresentaram hábito ortotrópico de crescimento. A técnica de miniestaquia com propágulos vegetativos de origem seminal mostrou-se potencial para a produção de mudas de araucária, sendo significativamente influenciada pela época do ano e pelas soluções nutritivas empregadas.

Palavras-chave: Araucária; Hábito de crescimento; Silvicultura clonal.

SEASONALITY AND NUTRIENT SOLUTIONS IN MINICUTTING OF *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze

ABSTRACT – We aimed to evaluate the effect of seasonality and nutrient solutions in production, survival, rooting and roots vigor of juvenile *Araucaria angustifolia* minicuttings, as well as the growth habit of formed seedling. Ministumps were managed in semi-hydroponic system where we applied two nutrient solutions with different nutrients concentrations supplied by dripping during the four seasons. After 11 collections, the ministumps showed 100% survival and the highest production occurred in summer with 1,356 minicuttings.m⁻².year⁻¹, and the lowest in winter, with 429 minicuttings.m⁻².year⁻¹. The winter collections showed the best rooting results, with an average of 83% in the shade house, versus 31% of other seasons. The greatest roots vigor was obtained in spring and summer collections, and the lowest in winter. The most concentrated nutrient solution resulted in higher minicuttings production and better roots vigor and all the obtained minicuttings showed orthotropic growth habit. The minicuttings technique with vegetative propagules of seminal origin proved to be potential for minicuttings production of *A. angustifolia*, being significantly influenced by season and nutrient solution employed.

Keywords: *Araucaria*; Growth habit; Clonal forestry.

¹ Recebido em 11.01.2013 aceito para publicação em 09.12.2014.

² Universidade Federal do Paraná, Mestrado em Ciências Florestais, Curitiba, Paraná - Brasil. E-mail: <piresppatricia@gmail.com>.

³ Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Florestas, Estrada da Ribeira, Colombo, Paraná - Brasil. E-mail: <ivar@cnpf.embrapa.br> e <auer@cnpf.embrapa.br>.

⁴ Universidade Federal de Mato Grosso, UFMT - Brasil. E-mail: <gebrondani@yahoo.com.br>.



1. INTRODUÇÃO

A necessidade de produtos diversificados de madeira foi, por muito tempo, suprida com a matéria-prima extraída das florestas nativas (SHIMIZU, 1998). Em grande parte do país, a capacidade dessas florestas em atenderem tal demanda está praticamente esgotada e, em muitos casos, sua exploração está impedida por lei (IBAMA, 2008). Considerando esse aspecto, pode-se citar a *Araucaria angustifolia*, também conhecida como pinheiro-brasileiro, pinheiro-do-paraná ou araucária, que foi uma espécie florestal de grande importância para a Região Sul do Brasil, responsável por sustentar a economia dessa região durante muitos anos (WENDLING, 2010).

A única fonte segura para atender à demanda atual e futura de produtos oriundos de madeira está nas florestas plantadas e manejadas em regime de produção, seguindo os princípios da sustentabilidade. Isso fez que o foco da silvicultura brasileira se voltasse para os reflorestamentos com espécies de *Eucalyptus* e *Pinus* que, segundo ABRAF (2012), ocupam 93,4% da área total de plantios florestais no Brasil, sendo os 6,6% restantes ocupados por plantios florestais de outras espécies, incluindo a araucária. Comparando o período 2009-2011, os plantios de araucária diminuíram 7,7%, passando de 12.110 ha para 11.179 ha (ABRAF, 2012). No entanto, o início das pressões da sociedade contra os plantios extensivos de pinus e eucalipto, aliado à procura por produtos diferenciados à base de espécies florestais nativas, como a araucária, tem levado à necessidade do desenvolvimento de genótipos melhorados para tais espécies e tecnologias para o seu cultivo tecnificado.

Parte fundamental do desenvolvimento da silvicultura é a tecnologia de produção de mudas, que compreende desde o melhoramento florestal até a entrega das mudas para o plantio. Ao contrário do eucalipto, cuja tecnologia de produção de mudas está consolidada e desenvolvida na propagação clonal (XAVIER et al., 2009; WENDLING; DUTRA, 2010), em espécies florestais nativas ainda há pouco conhecimento sobre as técnicas de propagação. A maior parte da produção de mudas de espécies nativas ainda é realizada por meio de sementes, e muitas apresentam algum tipo de limitação quanto à produção de mudas para atender à demanda comercial (XAVIER et al., 2009).

A maior restrição da propagação sexuada da araucária refere-se à curta longevidade natural das

sementes, sendo comum a perda total de viabilidade em até um ano depois de coletadas (VON ANDRADE; KRAPPENBAUER, 1983; AQUILA; FERREIRA, 1984), restringindo a produção de mudas a alguns meses do ano (ANSELMINI et al., 2006). Nas tentativas de estabelecimento de protocolos de estaquia para a propagação de araucária, foram encontradas limitações para sua adoção em escala comercial, principalmente em relação a métodos eficientes de resgate e rejuvenescimento de material adulto (WENDLING et al., 2009) e ao hábito plagiotrópico de crescimento das brotações laterais (ZOBEL; TALBERT, 1984; OLIVEIRA, 2010). Além disso, as poucas pesquisas realizadas até o momento indicam a característica recalcitrante da espécie à propagação vegetativa, mesmo com indivíduos jovens ou muito jovens (via seminal), nos quais a capacidade morfogênica é reconhecidamente maior (IRITANI, 1997).

A nutrição mineral pode influenciar o enraizamento de estacas de duas formas distintas: em decorrência do vigor vegetativo da planta-matriz, da qual se coletaram as brotações e do próprio *status* nutricional do propágulo coletado (XAVIER et al., 2009). A época do ano em que são coletadas as estacas também exerce grande influência sobre o enraizamento, sendo para cada espécie necessário que se determine a melhor estação do ano para realizar a coleta do material para confecção das estacas, a qual está diretamente relacionada com a condição fisiológica da planta-matriz (HARTMANN et al., 2011). Cunha et al. (2009) relataram que, embora o enraizamento e a nutrição mineral estejam intimamente relacionados, poucos estudos têm sido divulgados visando à caracterização dos efeitos de nutrientes específicos envolvidos no processo.

Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da sazonalidade e soluções nutritivas na produção, sobrevivência, enraizamento e vigor radicular de miniestacas de *Araucaria angustifolia*, bem como o hábito de crescimento das mudas produzidas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado de maio de 2009 a abril de 2010, no Laboratório de Propagação de Espécies Florestais da Embrapa Florestas, Colombo, PR, caracterizado como clima temperado, do tipo Cfb, segundo a classificação de Köppen.

As minicepas foram formadas a partir de mudas de araucária com 45 dias, provenientes de sementes,

as quais foram transferidas para sistema semi-hidropônico de canaletão contendo areia, no espaçamento de 10 x 15 cm. Decorridos sete dias, procedeu-se à poda do ápice para a quebra da dominância apical e indução de brotações laterais. Foram estabelecidos dois minijardins, os quais diferiram pela composição da solução nutritiva (Tabela 1), com cinco repetições e cinco minicepas por repetição.

A solução nutritiva foi fornecida por gotejamento e distribuída três vezes ao dia, a uma vazão total de 5 L.m⁻². Na renovação da solução nutritiva, a cada três semanas a condutividade elétrica foi mantida em 1,6 mS m⁻² a 25 °C e o pH ajustado para 5,5±0,1, corrigido com ácido clorídrico (HCl) ou hidróxido de sódio (NaOH), ambos a 1 M. Os minijardins foram mantidos em condições de estufa coberta com polietileno sob sistema de aspersão, sem controle da temperatura.

Para a confecção das miniestacas, foram coletadas brotações com 5 a 8 cm de comprimento, as quais foram preparadas com remoção de 4±0,5 cm das acículas da base. Não foi estabelecido intervalo fixo entre as sucessivas coletas, variando de 20 a 90 dias, conforme o vigor das brotações, totalizando, assim, 11 coletas em 12 meses (quatro no outono, sendo duas em 2009 e duas em 2010; duas no inverno de 2009; três na primavera de 2009; e duas no verão de 2010).

As miniestacas preparadas tiveram aproximadamente 3 cm da sua base inseridos no substrato contido em tubetes plásticos cônicos (55 cm³) compostos pela mistura de casca de arroz carbonizada e vermiculita média (1:1 v/v). A nutrição de base consistiu de 4 kg m⁻³ de superfosfato simples (20% de P₂O₅ e 14% de S) e 1,5 kg.m⁻³ de FTEBR12 (9% Zn, 3% Fe, 2% Mn, 0,1% Mo, 1,8% B e 0,8% Cu).

A permanência das miniestacas em casa de vegetação variou de 100 a 120 dias, com base na observação de enraizamento, variável conforme a época do ano. A umidade relativa (UR > 80%) e a temperatura do ar (entre 20 e 30 °C) foram mantidas automaticamente, por meio de umidostato e termostato, respectivamente. Após o enraizamento, as miniestacas foram transferidas para casa de sombra (sombrite 50%), visando à aclimação durante 25 a 35 dias.

No minijardim, avaliou-se a produção de miniestacas por minicepa (PMC), com transformação para miniestacas por metro quadrado ao mês (PMM) e ao ano (PMA), conforme:

$$PMM = \left(\frac{PMC}{0,015} \right) * \left(\frac{30}{\text{Intervalo entre coletas}} \right)$$

$$PMA = \left(\frac{PMC}{0,015} \right) * \left(\frac{365}{\text{Intervalo entre coletas}} \right)$$

Outras variáveis mensuradas foram: porcentagem de sobrevivência na saída da casa de vegetação, enraizamento na saída da casa de sombra e vigor radicial (número de raízes, comprimento da maior raiz e comprimento total de raízes), na saída da casa de vegetação. O hábito de crescimento (ortotrópico ou plagiotrópico) foi avaliado por meio de análise visual do ângulo de tropismo das mudas de araucária produzidas aos 120 dias de idade.

O experimento referente à sobrevivência de minicepas, produção, sobrevivência, enraizamento e vigor radicial de miniestacas em relação à época de coleta foi realizado em delineamento inteiramente casualizado em arranjo fatorial (2 x 11), sendo os fatores

Tabela 1 – Composição da solução nutritiva para condução das minicepas de *Araucaria angustifolia* em sistema semi-hidropônico.
Table 1 – Nutrient solution composition for *Araucaria angustifolia* miniestacas conduction in semi-hydroponic system.

Nutriente	Concentração		Nutriente na (mg.L ⁻¹)	Nutriente	Concentração (mg.L ⁻¹)		Nutriente na (mg.L ⁻¹)
	Solução A	Solução B			Solução A	Solução B	
Macro				Micro			
N-NO ₃	65	54,2	1,4	B	0,2	0,5	0
N-NH ₄	35	49,55	0,4	Cu*	0,4	0,4	0,4
P	25,87	25,87	0,93	Fe	2	5	0,09
K	101,1	200,6	1,44	Mn	1,6	1	0,04
Ca	40	93,74	26,08	Zn	0,2	0,2	0,04
Mg	15	33,7	5,07	Mo	0,02	0,07	0
S	30,44	70,88	0,4				

* Não foi aplicado adubo, uma vez que a água continha a concentração recomendada de 0,4 mg.L⁻¹.

constituídos por duas soluções nutritivas e 11 coletas de brotações ao longo de 12 meses. Para tanto, utilizaram-se cinco repetições de cinco minicepas para sobrevivência e produção das minicepas e cinco repetições de 12 miniestacas por repetição, para enraizamento. Em relação à estação do ano, utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado em arranjo fatorial (2 x 4), sendo os fatores constituídos por duas soluções nutritivas e quatro estações do ano. Os dados foram submetidos ao teste de Bartlett ($p < 0,05$) para verificação da homogeneidade da variância entre os tratamentos. Em seguida, procedeu-se à análise de variância (ANOVA) ($p < 0,01$ e $p < 0,05$) e à correlação de Pearson entre as características amostradas ($p < 0,01$ e $p < 0,05$). De acordo com a significância, os valores médios foram comparados pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

3. RESULTADOS

3.1. Sobrevivência das minicepas e produção de miniestacas: época de coleta e estação do ano

Com base na análise de variância, observou-se que a época de coleta, a solução nutritiva e a estação do ano apresentaram efeito significativo ($p < 0,01$) para a PMM (produção de miniestacas por metro quadrado ao mês) e PMA (produção de miniestacas por metro quadrado ao ano). Não houve diferença significativa para a sobrevivência das minicepas, apresentando-se 100% vivas no decorrer das 11 coletas.

As PMM e PMA apresentaram correlação de 5% (solução A) e 1% (solução B) com os valores médios das temperaturas máximas ($T_{\text{máx}}$), temperaturas médias ($T_{\text{méd}}$) e temperaturas mínimas ($T_{\text{mín}}$), e o aumento da temperatura resultou no aumento das produções de miniestacas. Os valores das correlações foram de 0,70; 0,67; e 0,61 (solução A) e 0,72; 0,73; e 0,72 (solução B).

As coletas de números 1, 3, 4 e 5 (entre os meses de maio a outubro) exibiram as menores PMM e PMA (média de 39 miniestacas. $\text{m}^{-2}.\text{mês}^{-1}$ e 476 miniestacas. $\text{m}^{-2}.\text{ano}^{-1}$). Na sexta coleta (novembro), com maiores temperaturas, o intervalo entre coletas diminuiu e a PMM e PMA aumentaram (média de 66 miniestacas. $\text{m}^{-2}.\text{mês}^{-1}$ e 806 miniestacas. $\text{m}^{-2}.\text{ano}^{-1}$), resultando em média de 111 miniestacas. $\text{m}^{-2}.\text{mês}^{-1}$ e 1.356 miniestacas. $\text{m}^{-2}.\text{ano}^{-1}$, na coleta 7 (Figura 1AB).

Ao analisar a PMM (Figura 1C) e a PMA (Figura 1D) nas diferentes estações do ano, verificou-se que

no verão ocorreram as maiores produções, com médias de 119 miniestacas. $\text{m}^{-2}.\text{mês}^{-1}$ e 1.237 miniestacas. $\text{m}^{-2}.\text{ano}^{-1}$, respectivamente, considerando que no inverno essa produção caiu mais de 65%. No outono e na primavera, a produção de miniestacas foi semelhante, tendo queda, em média, de 25%, comparada no verão. A solução nutritiva B propiciou aumento na produção de miniestacas em cerca de 27%, comparada à solução A (Figura 2AB).

3.2. Sobrevivência e enraizamento das miniestacas: época de coleta e estação do ano

A época de coleta e a estação do ano apresentaram efeito significativo ($p < 0,01$) sobre a sobrevivência das miniestacas na saída da casa de vegetação (SSCV) e enraizamento na saída da casa de sombra (ESCS). As coletas 3 e 4, realizadas nos meses de julho e agosto, apresentaram as maiores porcentagens de sobrevivência em casa de vegetação (média de 89%). Na coleta 7, realizada em dezembro, a sobrevivência foi de apenas 12% (Figura 3A). À vista disso, o inverno apresentou os melhores resultados de SSCV, próxima a 90%. As demais estações comportaram-se de forma semelhante, com sobrevivência média entre 30 e 40% (Figura 3C). O ESCS seguiu o comportamento da SSCV, no qual as coletas de brotações realizadas no inverno (coletas 3 e 4) apresentaram a maior taxa de enraizamento (média de 83%) (Figura 3BD).

3.3. Vigor radicial das miniestacas: época de coleta e estação do ano

Houve efeito significativo ($p < 0,05$) para a interação época de coleta e solução nutritiva no comprimento da maior raiz (CMR). A época de coleta e a estação do ano apresentaram efeito significativo ($p < 0,01$) sobre todas as características de vigor radicial avaliadas.

Verificou-se maior número de raízes (NR) nas miniestacas das coletas 2, 5, 8 e 9 (média de 2,4 raízes por miniestaca), realizadas em maio e outubro de 2009 e janeiro e fevereiro de 2010, respectivamente. O menor valor foi encontrado na quarta coleta (1 raiz por miniestaca), realizada em agosto de 2009. Nas demais coletas, o comportamento foi semelhante, com média geral de 1,7 raiz por miniestaca (Figura 4A). Avaliando a estação do ano, as miniestacas provenientes da primavera e do verão apresentaram NR superior em relação às coletas de inverno (Figura 4D).

Entre a quinta e a décima coleta ocorreram os maiores valores de comprimento total de raízes (CTR),

com destaque para a coleta 5 (15 cm). Na coleta 4, pôde-se constatar o menor valor de CTR (1,5 cm) (Figura 4B). Houve correlação ($p < 0,05$) de CTR

com as temperaturas médias e mínimas, com valores de 0,70 e 0,70, respectivamente. As menores temperaturas refletiram em redução de 78% no CTR

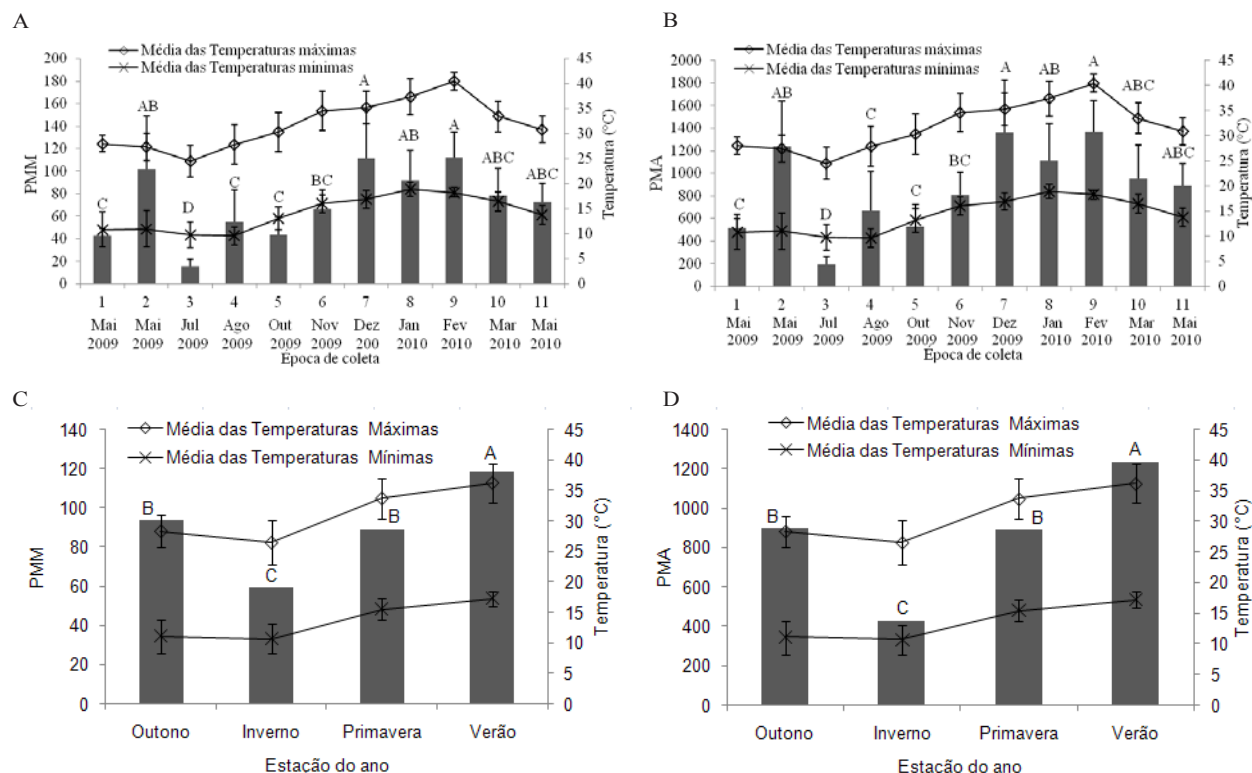


Figura 1 – Produção de miniestacas de *Araucaria angustifolia* por: (A) metro quadrado ao mês (PMM), (B) metro quadrado ao ano (PMA), (C) PMM e (D) PMA, em relação às estações de coleta. Médias seguidas pela mesma letra não diferem, significativamente, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. Dados apresentados como: média \pm desvio-padrão.

Figure 1 – *Araucaria angustifolia* minicuttings production: (A) per square meter a month (PMM), (B) per square meter a year (PMY), (C) PMM and (D) PMY regarding the collection season. Means followed by the same letter do not significantly differ by Tukey test at 5% probability of error. Data presented as mean \pm standard deviation.

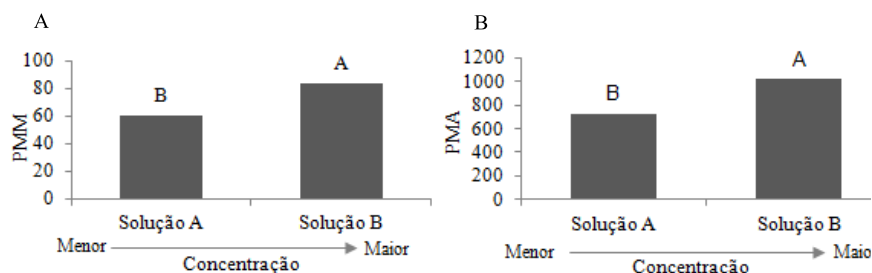


Figura 2 – Produção de miniestacas por (A) metro quadrado ao mês (PMM) e (B) metro quadrado ao ano (PMA) de *Araucaria angustifolia*, em relação à solução nutritiva. Médias seguidas pela mesma letra não diferem, significativamente, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. Dados apresentados como: média \pm desvio-padrão.

Figure 2 – *Araucaria angustifolia* minicuttings production by (A) square meter per month (PMM) and (B) square meter per year (PMY) according to nutrient solution. Means followed by the same letter do not significantly differ by Tukey test at 5% probability of error. Data presented as mean \pm standard deviation.

na estação do inverno, comparado à primavera e ao verão (Figura 4E).

Os maiores valores do CMR ocorreram entre a quinta e a décima coleta (média de 7,0 cm), e a coleta 4 apresentou os menores resultados nas duas soluções nutritivas (1,2 cm) (Figura 4C). De acordo com a estação do ano, os maiores valores do CMR aconteceram na primavera (6,2 cm), verão (5,7 cm) e outono (4,5 cm), respectivamente (Figura 4F).

A solução B mostrou-se superior para o CMR nas coletas 3, 6, 9 e 10, porém nas coletas 7 e 8 a solução A (menos concentrada) resultou no melhor desempenho; essas coletas ocorreram no fim da primavera e no verão (Figura 4C). Destaca-se também a correlação ($p < 0,05$) no CMR para a solução A com as temperaturas médias (0,71) e mínimas (0,71).

3.4. Hábito de crescimento das mudas produzidas

Todas as mudas resultantes da miniestaquia de araucária, as quais foram provenientes de propágulos de origem seminal, apresentaram comportamento normal, com hábito de crescimento ortotrópico.

4. DISCUSSÃO

A alta sobrevivência das minicepas indicou excelente vigor e adequado potencial de sua resposta à emissão de novas brotações, por meio do sistema de coleta adotado. Essa resposta está de acordo com resultados obtidos na miniestaquia de outras espécies nativas, como: *Cedrela fissilis* (XAVIER et al., 2003), *Ilex paraguariensis* (WENDLING et al., 2007), *Erythrina falcata* (CUNHA et al., 2008), *Cariniana strellensis* e *Piptadenia gonoacantha* (CASTRO, 2011). Pode-se

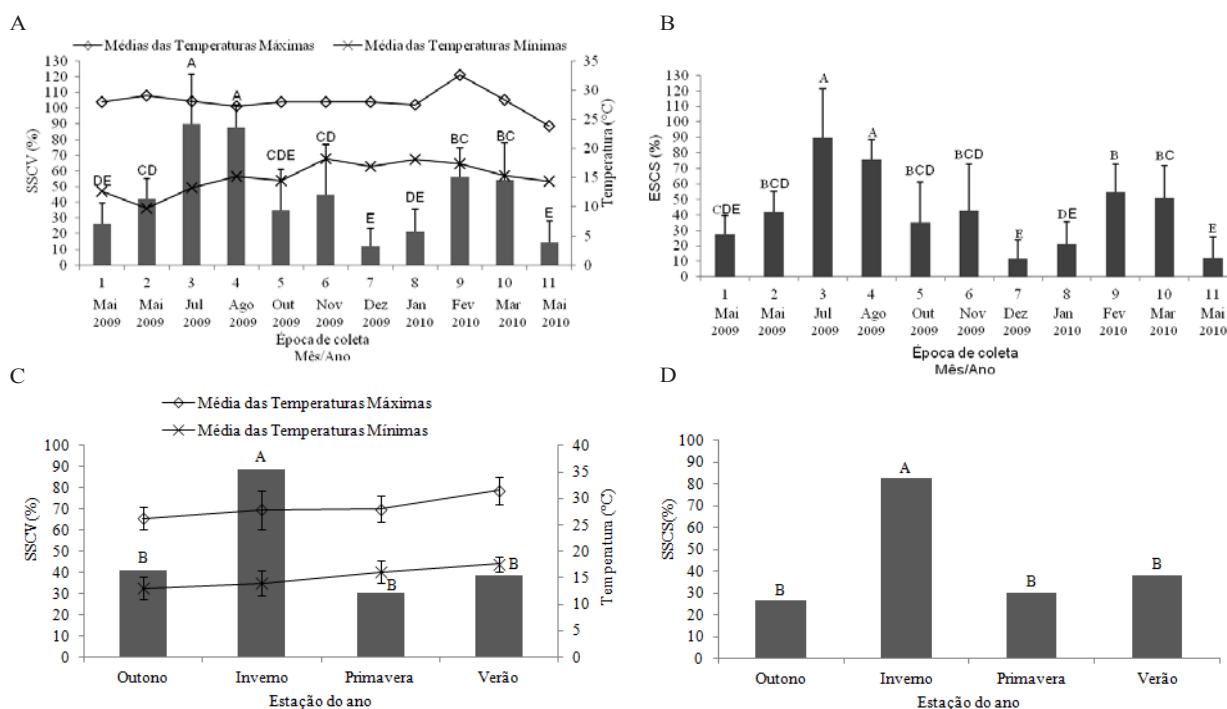


Figura 3 – (A) Sobrevivência das miniestacas de *Araucaria angustifolia* na saída da casa de vegetação (SSCV), (B) enraizamento na saída da casa de sombra (ESCS) em relação à época de coleta, (C) SSCV e (D) ESCS em relação à estação do ano. Médias seguidas por mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. Dados apresentados como: média \pm desvio-padrão.

Figure 3 – (A) Survival of *Araucaria angustifolia* minicuttings in the greenhouse exit (SGHE), (B) rooting at the shade house exit (RSHE) depending on collection time, (C) SGHE and (D) RSHE depending on the season. Means followed by the same letter do not significantly differ by Tukey test at 5% probability of error. Data presented as mean \pm standard deviation.

sugerir também que a metodologia adotada neste estudo, quanto à condução e manejo do minijardim, foi tecnicamente viável, possibilitando a produção de miniestacas de araucária em contínuas coletas durante o ano.

Neste estudo, verificou-se que o aumento da temperatura favoreceu a emissão de brotações, e esse comportamento também foi observado em outras espécies, como do gênero *Eucalyptus* (TORRES, 2003;

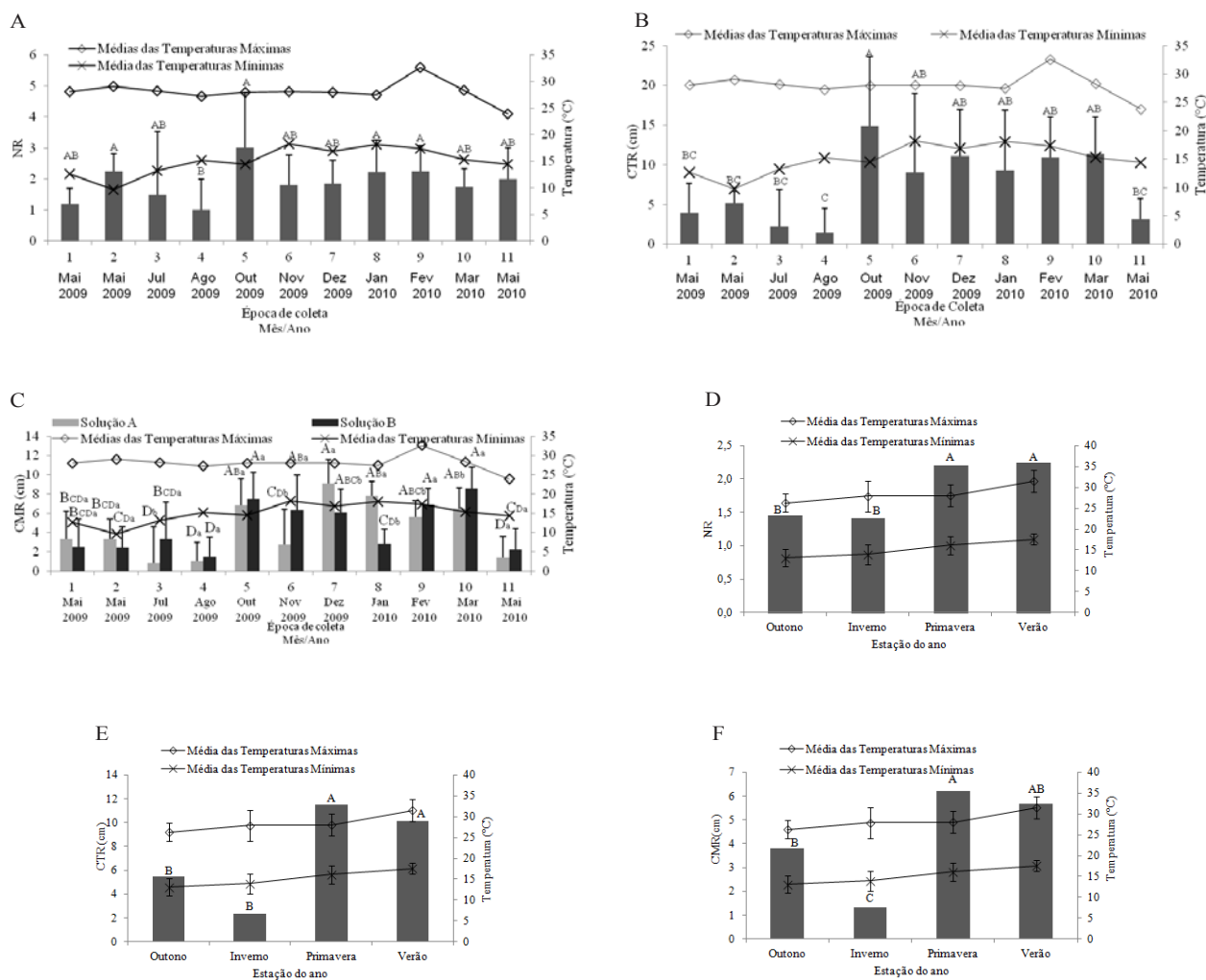


Figura 4 – (A) e (D) número de raízes (NR), (B) e (E) comprimento total de raízes (CTR), (C) e (F) comprimento da maior raiz (CMR) por miniestaquia de *Araucaria angustifolia* na saída da casa de vegetação. Sendo: (A), (B) e (C) em relação à época de coleta e solução nutritiva e (D), (E) e (F) em relação à estação do ano. Médias seguidas por mesma letra maiúscula na mesma solução entre as diferentes coletas e letras minúsculas entre soluções dentro da mesma coleta não diferem, significativamente, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. Dados apresentados como: média \pm desvio-padrão.

Figure 4 – (A) and (D) number of roots (NR), (B) and (E) total root length (TRL), (C) and (F) longest root length (LRL) per *Araucaria angustifolia* minicutting in greenhouse exit. Where: (A), (B) and (C) depend on the collection time and the nutrient solution and (D), (E) and (F) depend on the season. Means followed by the same capital letter for the same solution between different collections and lowercase letters within the same collection did not significantly differ by Tukey test at 5% probability of error. Data presented as mean \pm standard deviation.

ROSA, 2006; BRONDANI et al., 2012), *Erythrina falcata* (CUNHA et al., 2008), *Sapium glandulatum* (FERREIRA et al., 2010) e *Piptocarpha angustifolia* (FERRIANI et al., 2011).

A menor produção da primeira coleta pode ter sido em decorrência da necessidade de adaptação das minicepas ao ambiente semi-hidropônico. Assim, na segunda coleta, estando as cepas mais adaptadas, ocorreu aumento na produção de brotações. Porém, a produção voltou a reduzir-se, juntamente com a temperatura no mês de julho, ressaltando também que a queda na temperatura aumentou o intervalo entre a segunda e a terceira coleta (90 dias). Assunção (2008) relatou a existência de um crescimento acelerado da araucária de outubro a abril (primavera e verão), fase de maior crescimento vegetativo, com desaceleração do crescimento no mês de abril.

Além da sazonalidade, a produção de miniestacas também foi influenciada pela nutrição diferenciada das minicepas. Essa influência pode estar relacionada à condição fisiológica das minicepas, mesmo sabendo que estas apresentaram adequado vigor no decorrer das coletas, sem a constatação da mortalidade. Um possível esgotamento fisiológico na capacidade de emissão de novas brotações fez que as minicepas demandassem concentração maior de nutrientes para o seu metabolismo; com isso, a solução B (mais concentrada) apresentou os melhores resultados.

Simões e Couto (1973), estudando os efeitos da omissão de nutrientes essenciais sobre o desenvolvimento de mudas de araucária cultivadas em vaso durante um ano, constataram que os nutrientes nitrogênio e fósforo foram os de maior exigência para a espécie, e a omissão desses restringiu o desenvolvimento da muda, incluindo também o magnésio para o crescimento radicular. Nadolny (1990) também verificou em *Pinus taeda* que os nutrientes cuja omissão mais afetou o desenvolvimento das mudas foram o nitrogênio e o fósforo, seguidos do magnésio, cobre e potássio. Neste estudo, as concentrações de nitrogênio e fósforo não variaram; no entanto, a solução B apresentou o dobro da concentração de potássio e magnésio em relação à solução A, fator que pode ter influenciado a produção, vigor e enraizamento das miniestacas, pois, segundo Xavier et al. (2009), o status nutricional das miniestacas é capaz de influenciar os índices de enraizamento e a velocidade de formação das raízes.

Não há definição se a solução B é a ideal para a araucária ou se há necessidade de modificações da sua formulação para acréscimos ainda maiores que os encontrados, buscando, segundo Ingestad e Ågren (1995), sua estabilização fisiológica e seu máximo incremento. Desse modo, há necessidade de estudos mais aprofundados que busquem respostas quanto às necessidades nutricionais da araucária no processo de miniestquia, tanto ao considerar propágulos juvenis quanto adultos.

Higashi et al. (2002) ressaltaram que não existe solução nutritiva padrão para todas as espécies vegetais e condições de cultivo. Os nutrientes necessários para o desenvolvimento são os mesmos, mas as quantidades extraídas diferenciam-se entre e dentro de cada espécie. As doses utilizadas na solução nutritiva devem ser corrigidas conforme a exigência nutricional de cada clone/espécie e época do ano, por meio do monitoramento nutricional, procurando correlacionar o teor foliar com a produtividade e o enraizamento das miniestacas.

Contrário à produção de brotos, o melhor enraizamento das miniestacas ocorreu em épocas frias. Em híbridos de *Eucalyptus benthamii* x *Eucalyptus dunnii*, Brondani et al. (2010) inferiram que as elevadas temperaturas podem induzir estresse nas miniestacas, ocasionando a mortalidade em razão da presença de um incipiente sistema radicular e tendo em vista a maior sensibilidade delas às condições ambientais, principalmente nos primeiros dias após a entrada em casa de vegetação.

O fato de a araucária ser espécie subtropical de altitude, tolerante ao frio, pode ter refletido a baixa sobrevivência e o enraizamento nas épocas de temperaturas elevadas, pois, de acordo com Assis e Mafia (2007), espécies subtropicais são consideradas recalcitrantes ao enraizamento. Mesmo sabendo que a casa de vegetação é um ambiente controlado, com menores variações de temperatura, e que não houve correlação significativa entre esse ambiente e a sobrevivência, o estado fisiológico das miniestacas coletadas no canaletão em épocas com maiores temperaturas pode ter influenciado o enraizamento. Segundo Hartmann et al. (2011), as variações climáticas sazonais podem afetar significativamente o estado fisiológico da planta-matriz, podendo sofrer alterações hormonais endógenas e nutricionais e no balanço entre promotores e inibidores do enraizamento.

Iritani et al. (1986), na estaquia de araucária, verificaram maior enraizamento de estacas no inverno (19,4%). Brondani et al. (2010) também concluíram que o inverno foi a melhor época para o enraizamento de miniestacas de híbridos formados por espécies subtropicais de *Eucalyptus*.

Neste estudo, não foi avaliada a concentração de estimuladores de enraizamento nas diferentes estações do ano, porém essas substâncias possuem influência direta no enraizamento da miniestaca. De acordo com Fachinello et al. (1994), reservas mais abundantes de carboidratos correlacionam-se com maiores porcentagens de enraizamento, pelo fato de a formação celular requerer fonte de carbono para a biossíntese de ácidos nucleicos e proteínas, levando à necessidade de energia e carbono para a formação das raízes.

Ao analisar todas as características do vigor radicial, verificou-se que, mesmo as miniestacas apresentando melhores índices de sobrevivência e enraizamento em épocas frias, a sua qualidade radicial foi favorecida pelas estações quentes, as quais propiciaram o maior número e o comprimento de raízes. Taiz e Zeiger (2004) afirmaram que a maior taxa de síntese de auxinas ocorre na primavera e no verão e a temperatura tem efeito direto sobre o metabolismo da planta, e, quanto maior, mais aceleradas serão as reações químicas. Fachinello et al. (1994) salientaram que o aumento da temperatura favorece a divisão celular nas estacas.

De acordo com Oliveira (2010), a nova planta formada tem o hábito de crescimento do propágulo que lhe deu origem, isto é, se o propágulo foi proveniente de segmentos de ramo lateral, o crescimento da nova parte aérea resultará em um ramo com crescimento horizontalizado (plagiotrópico). Neste trabalho, as brotações originadas das minicepas tinham comportamento ortotrópico. Assim, as miniestacas enraizadas continuaram com o mesmo comportamento (crescimento vertical), característica importante para a qualidade final da muda. Wendling et al. (2009), trabalhando com métodos de resgate para a clonagem de araucária, destacaram o propágulo de hábito ortotrópico como o mais adequado para a clonagem, visando à produção de madeira.

5. CONCLUSÕES

A produção e o vigor radicial das miniestacas de *Araucaria angustifolia* foram estimulados pelas épocas

quentes, e a sobrevivência e enraizamento pelas épocas frias e a solução nutritiva mais concentrada aumentaram a produção de miniestacas e o crescimento da maior raiz das mudas formadas.

A miniestaquia de araucária com propágulos juvenis de origem seminal resulta em mudas com hábito de crescimento ortotrópico, o que, aliado aos demais resultados encontrados neste trabalho, sugere que a técnica vem a ser alternativa para a formação de mudas normais durante todo o ano.

6. REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS - ABRAF. **Anuário Estatístico da ABRAF 2012: ano base 2011**. Brasília, DF: ABRAF, [2012]. 145p.
- ANSELMINI, J. I.; ZANETTE, F.; BONAC. Fenologia reprodutiva da *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze, na região de Curitiba – Pr. **Floresta e Ambiente**, v.13, n.1, p.44-52, 2006.
- AQUILA, M. E. A.; FERREIRA, G. Germinação de sementes escarificadas de *Araucaria angustifolia* em solo. **Ciência e Cultura**, v.36, n.9, p.1583-1589, 1984.
- ASSUNÇÃO, A. **Plastocromo e flocromo aparente anual em *Araucaria angustifolia* Bert.) O. Ktze, no município de Colombo – PR**. 2008. 54f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.
- ASSIS, T. F.; MAFIA, R. G. Hibridação e clonagem. In: BOREM, A. (Ed.). **Biotecnologia Florestal**. Viçosa, MG: Suprema, 2007. p.93-121.
- BRONDANI, G. E.; WENDLING, I.; GROSSI, F.; DUTRA, L. F.; ARAUJO, M. A. Miniestaquia de *Eucalyptus benthamii* × *Eucalyptus dunnii*: (II) Sobrevivência e enraizamento de miniestacas em função das coletas e estações do ano. **Ciência Florestal**, v.20, n.3, p.453-465, 2010.
- BRONDANI, G. E.; WENDLING, I.; GROSSI, F.; DUTRA, L. F.; ARAUJO, M. A. Miniestaquia de *Eucalyptus benthamii* × *Eucalyptus dunnii*: (I) Sobrevivência de minicepas e produção de miniestacas em função das coletas e estações do ano. **Ciência Florestal**, v.22, n.1, p.11-21, 2012.

- CASTRO, W. H. **Propagação vegetativa do jequitibá-rosa (*Cariniana strellensis* (Raddi) Kuntze) e do pau-jacaré (*Piptadenia gonoacantha* (Mart) Macbr) por estaquia**. 2011. 73f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2011.
- CUNHA, A. C. M. C. M.; WENDLING, I.; SOUZA JUNIOR, L. Miniestaquia em sistema de hidroponia e em tubetes de corticeira-do-mato. **Ciência Florestal**, v.18, n.1, p.85-92, 2008.
- CUNHA, A. C. M. C. M.; PAIVA, H. N.; LEITE, H. G.; BARROS, N. F.; LEITE, F. P. Influência do estado nutricional de minícepas no enraizamento de miníestacas de eucalipto. **Revista Árvore**, v.33, n.4, p.607-615, 2009.
- FACHINELLO, J.C.; HOFFMANN, A.; NACHTIGAL, J.C.; KERSTEN, E.; FORTES, G.R.L. **Propagação de plantas frutíferas de clima temperado**. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 1994. 179p.
- FERREIRA, B. G. A.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; WENDLING, I.; KOEHLER, H. S.; NOGUEIRA, A. C. Miniestaquia de *Sapium glandulatum* (Vell.) PAX com o uso de ácido indol butírico e ácido naftaleno acético. **Ciência Florestal**, v.20, n.1, p.19-31, 2010.
- FERRIANI, A. P.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; HELM, C. V.; BOZA, A.; WENDLING, I.; KOEHLER, H. S. Produção de brotações e enraizamento de miníestacas de *Piptocarpha angustifolia*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v.31, n.67, p.257-264, 2011.
- IBAMA. **Lista oficial de espécies da flora brasileira ameaçada de extinção**. Ministério do Meio Ambiente. Instrução Normativa N°6, de 23 de setembro de 2008.
- INGESTAD, T.; ÅGREN, G.I. Plant nutrition and growth: Basic principles. **Plant and Soil**, v.168-169, p.15-20, 1995.
- IRITANI, C.; SOARES, R. V.; GOMES, A.V. Aspectos morfológicos da ação de reguladores do crescimento em estacas de *Araucaria angustifolia* (Bert) O. Ktze. **Acta Biológica Paranaense**, v.15, n.1/4, p.1-20, 1986.
- IRITANI, C. Aspectos múltiplos da cultura *in vitro* da *Araucaria angustifolia* (BERT) O.Ktze. **Floresta**, v.27, p.141-142, 1997.
- HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E.; DAVIES, F. T., Jr.; GENEVE, R. L. **Plant propagation: principles and practices**. 8th ed. Boston: Prentice-Hall, 2011. 915p.
- HIGASHI, E. N.; SILVEIRA, R. L. V. A.; GONÇALVES, A. N. **Nutrição e adubação em minijardim clonal hidropônico de *Eucalyptus***. Piracicaba: IPEF, 2002. 22p. (Circular Técnica IPEF, 194)
- NADOLNY, M. C. **Efeito da omissão de nutrientes no desenvolvimento e no estado nutricional de *Pinus taeda* durante a fase de viveiro**. 1990. 148f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1990.
- OLIVEIRA, L. S. **Enxertia, microenxertia e descrição do tropismo em *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze**. 2010. 90f. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.
- ROSA, L. S. **Adubação nitrogenada e substratos na miniestaquia de *Eucalyptus dunnii* Maiden**. 89 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal)- Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.
- SIMÕES, J. W.; COUTO, H. T. Z. Efeitos da omissão de nutrientes na alimentação mineral do Pinheiro do Paraná *Araucaria angustifolia* (BERT.) O KTZE cultivado em vaso. **IPEF**, n.7, p.3-39, 1973.
- SHIMIZU, J. Y. Espécies não tradicionais para plantios com finalidades produtivas e ambientais: silvicultura e usos. In: GALVAO, A. P. M. (Coord.). **Espécies não tradicionais para plantios com finalidades produtivas e ambientais**. Colombo: Embrapa Florestas, 1998. p. 63-71. Seminário realizado em Curitiba, de 6 a 8 de outubro de 1998.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.

TORRES, A. G. M. **Relação entre sazonalidade, desrama e carboidratos no crescimento do eucalipto na propagação vegetativa por miniestaquia**. 2003. 65f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2003.

von ANDRADE, F.; KRAPPENBAUER, A. Ensaio de preservação do poder germinativo de *Araucaria angustifolia* através de diminuição do conteúdo de água. In: **Pesquisas austro-brasileiras 1973-1982 sobre *Araucaria angustifolia*, *Podocarpus lambertii* e *Eucalyptus saligna***. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria/Viena: Universitaet fuer Bodenkultur, 1983. p.1-15.

WENDLING, I.; DUTRA, L. F.; GROSSI, F. Produção e sobrevivência de miniestacas e minicepas de erva-mate cultivadas em sistema semi-hidropônico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.2, p.289-292, 2007.

WENDLING, I.; DUTRA, L. F.; HOFFMANN, H. A.; BETTIO, G.; HANSEL, F. A. Indução de brotações epicórmicas ortotrópicas para a propagação vegetativa de árvores adultas de *Araucaria angustifolia*. **Agronomia Costarricense**, v.33, n.2, p.309-319, 2009.

WENDLING, I. A araucária na silvicultura brasileira. **Referência: A revista da indústria da madeira**, v.12, n.108, p.21-22, 2010.

WENDLING, I.; DUTRA, L. F. (Ed.). **Produção de mudas de eucalipto**. Colombo: Embrapa Florestas, 2010. 184p.

XAVIER, A.; SANTOS, G. A.; WENDLING, I.; OLIVEIRA, M. L. Propagação vegetativa de cedro-rosa por miniestaquia. **Revista Árvore**, v.27, n.2, p.139-143, 2003.

XAVIER, A.; WENDLING, I.; SILVA, R. L. **Silvicultura clonal: princípios e técnicas**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2009. 272p.

ZOBEL B., TALBERT J. **Applied forest tree improvement**. New York: North Carolina State University, 1984. 505p.