



Revista Árvore

ISSN: 0100-6762

r.arvore@ufv.br

Universidade Federal de Viçosa
Brasil

Rodrigues Borges, Silvano; Xavier, Aloisio; Silva de Oliveira, Leandro; Amaral de Melo, Lucas;
Rosado, Antônio Marcos

Enraizamento de miniestacas de clones híbridos de *Eucalyptus globulus*

Revista Árvore, vol. 35, núm. 3, mayo-junio, 2011, pp. 425-434

Universidade Federal de Viçosa

Viçosa, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=48819140006>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal

Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

ENRAIZAMENTO DE MINIESTACAS DE CLONES HÍBRIDOS DE *Eucalyptus globulus*¹

Silvano Rodrigues Borges², Aloisio Xavier³, Leandro Silva de Oliveira⁴, Lucas Amaral de Melo⁵ e
Antônio Marcos Rosado⁶

RESUMO – Este estudo teve como objetivo avaliar o efeito do regulador de crescimento ácido indolbutírico (AIB) no enraizamento de miniestacas apicais e intermediárias de clones de *Eucalyptus urophylla* x *E. globulus* e *Eucalyptus grandis* x *E. globulus*. O enraizamento das miniestacas foi conduzido durante 30 dias em casa de vegetação climatizada e, em seguida, as mudas foram transferidas para casa de sombra, permanecendo por 10 dias. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, em arranjo fatorial triplo, constituído de dois tipos de miniestacas (apicais e intermediárias), três concentrações de AIB (0, 2000 e 4000 mg L⁻¹) e 11 clones, em três repetições, compostas de parcelas com 12 miniestacas por repetição. Não houve efeito do AIB sobre as características avaliadas. A sobrevivência e o enraizamento das miniestacas apicais foram significativamente superiores. Houve diferença significativa entre clones quanto às características avaliadas, exceto a sobrevivência após 30 dias na casa de vegetação.

Palavras-chave: Propagação clonal, Miniestaca e Ácido indolbutírico.

ROOTING OF MINI-CUTTINGS OF *Eucalyptus globulus* HYBRID CLONES

ABSTRACT – The objective of this study was to evaluate the effect of the growth regulator indol butyric acid (IBA) on the rooting of apical and intermediate mini-cuttings of *Eucalyptus urophylla* x *E. globulus* and *Eucalyptus grandis* x *E. globulus* clones. The mini-cutting rooting was carried out for 30 days in acclimatized greenhouse and after the cuttings were transferred to shade house, where they remained for 10 days. The experimental design was in random blocks with a triple factorial arrangement constituted by two types of mini-cuttings (apical and intermediate), three IBA concentrations (0, 2000 and 4000 mg L⁻¹) and eleven clones, in three repetitions, composed of 12 mini-cuttings per repetition. The IBA did not affect the characteristics evaluated. The survival and rooting of apical mini-cuttings were significantly higher. There was significant difference among clones regarding the evaluated variables, except for survival after 30 days in greenhouse.

Keywords: Clonal propagation, Mini-cuttings and Indol butyric acid.

¹ Recebido em 31.08.2009 e aceito para publicação em 14.04.2011.

² Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas pela Universidade Federal de Viçosa, UFV, Brasil. E-mail: <borgesilvano@yahoo.com.br>.

³ Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Viçosa, UFV, Brasil. E-mail: <xavier@ufv.br>.

⁴ Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal pela Universidade Federal de Viçosa, UFV, Brasil. E-mail: <leandrooliveiraufv@yahoo.com.br>.

⁵ Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Lavras, UFLA, Brasil. E-mail: <samelinho@yahoo.com.br>.

⁶ Celulose Nipo-Brasileira, CENIBRA, Brasil. E-mail: <antonio.rosado@cenibra.com.br>.

1. INTRODUÇÃO

A propagação vegetativa tem-se tornado uma importante ferramenta para aumentar a competitividade das indústrias de base florestal, alcançando seu maior potencial quando está atrelada aos programas de melhoramento genético, estabelecendo florestas clonais de híbridos com maior produtividade e melhor qualidade da madeira. No entanto, algumas espécies e clones, particularmente *Eucalyptus*, têm apresentado dificuldades no processo de produção de mudas pelo enraizamento de estacas, dificultando o aproveitamento dos benefícios da clonagem.

A clonagem de *Eucalyptus* no Brasil passou por inúmeras transformações tendo iniciado com a técnica de estaquia, implementada em escala comercial no final da década de 70 (ALFENAS et al., 2004). Devido às dificuldades de enraizamento encontradas em algumas espécies e clones na propagação por estaquia, principalmente no que envolve material adulto, foram desenvolvidas as técnicas de miniestaquia (XAVIER; WENDLING, 1998; WENDLING, 1999; HIGASHI et al., 2000) e de microestaquia (ASSIS et al., 1992; XAVIER; COMÉRIO, 1996), possibilitando consideráveis ganhos, principalmente quanto ao aumento das taxas e a qualidade de enraizamento e redução do tempo para a formação da muda.

A formação de raízes em estacas é um processo anatômico e fisiológico complexo, associado à desdiferenciação e ao redirecionamento do desenvolvimento de células vegetais totipotentes para a formação de meristemas que darão origem a raízes adventícias. O enraizamento de estacas pode ser influenciado por injúrias, pelo balanço hormonal, pela constituição genética, pela presença de inibidores e pelas condições nutricionais e hídricas da planta doadora de propágulos (ALFENAS et al., 2004; ASSIS et al., 2004), além de ser fortemente influenciado pela maturação/juvenildade dos propágulos e pelas condições ambientais (WENDLING et al., 2000a; XAVIER et al., 2009).

Em certas condições, a aplicação de substâncias promotoras do enraizamento pode gerar melhores resultados na propagação vegetativa das plantas, sendo as auxinas naturais e sintéticas os grupos de substâncias de maior interesse no processo de enraizamento adventício de estacas. Aplicações de auxinas proporcionam maior percentagem, velocidade, qualidade e uniformidade

de enraizamento (HARTMANN et al., 2002). No entanto, o efeito sobre a resposta rizogênica das espécies e clones depende do tipo, concentração e forma de aplicação da auxina (ASSIS et al., 2004). Em *Eucalyptus*, o ácido indolbutírico tem sido a auxina mais usada com a finalidade de melhorar o enraizamento de estacas (WENDLING et al., 2000b; XAVIER et al., 2001; SOUZA JUNIOR e WENDLING, 2003; WENDLING; XAVIER, 2005; ALMEIDA, 2006; GOULART, 2007; BRONDANI, 2008).

O *Eucalyptus globulus* tem-se mostrado como uma das espécies recalcitrantes ao enraizamento de estacas, com índices de enraizamento que variam de 5 a 90 % (SASSE, 1995) e com apenas 1 a 2 % das árvores-elite selecionadas apresentando enraizamento médio igual ou superior a 60 % (ALFENAS et al., 2004). No entanto, atualmente essa espécie tem sido alvo de grande interesse da indústria de papel e celulose por possuir a madeira com excelentes características físicas, químicas e anatômicas para tal objetivo (CARDOSO, 2002; ALFENAS et al., 2004; XAVIER et al., 2007). Em regiões tropicais, as empresas têm optado pela hibridação do *Eucalyptus globulus* com outras espécies do gênero *Eucalyptus*, visando melhorar a adaptação da espécie às condições ambientais e a facilidade de propagação vegetativa, dentre outras vantagens (ASSIS; MAFIA, 2007).

A carência de estudos com espécies recalcitrantes ao enraizamento de estacas, como o *Eucalyptus globulus* (ALFENAS et al., 2004; XAVIER et al., 2009), e de estudos sobre o processo de enraizamento dos atuais híbridos dessa espécie tem incentivado o desenvolvimento de pesquisas que viabilizem a propagação clonal desses genótipos. Dessa forma, este estudo teve como objetivo avaliar o efeito do regulador de crescimento ácido indolbutírico (AIB) no enraizamento de miniestacas apicais e intermediárias de clones de *Eucalyptus urophylla* x *E. globulus* e *Eucalyptus grandis* x *E. globulus*.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Material experimental

O experimento foi conduzido no Viveiro de Pesquisas Florestais do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa – UFV, localizado no município de Viçosa, Minas Gerais. O clima dessa região é do tipo Cwb (verões chuvosos e invernos

frios e secos), segundo a classificação de Köppen, com latitude 20°45'S, longitude 42°55'W e altitude média de 648 m. A precipitação média anual é de 1.221,4 mm e a temperatura média anual é de 19,4 °C, com máxima média de 26,4 °C e mínima média de 14,8 °C. O experimento foi conduzido durante os meses de outubro e novembro de 2008 e, durante esse período, a temperatura média foi de 21,2 °C, com média das máximas de 27, 3 °C e média das mínimas de 17,5 °C.

Foram utilizados propágulos vegetativos de minicepas de nove clones de *Eucalyptus urophylla* x *E. globulus* (C01, C04, C07, C08, C12, C14, C16, C17 e C19) e dois clones de *Eucalyptus grandis* x *E. globulus* (C24 e C29), oriundos da empresa Cenibra, localizada no município de Belo Oriente, Minas Gerais. Os clones utilizados nos experimentos são resultado do programa de melhoramento genético da empresa Cenibra e foram gerados a partir de cruzamentos utilizando pólen de *Eucalyptus globulus*, provenientes do Instituto Raiz de Portugal, e como genitores femininos, matrizes superiores de *Eucalyptus grandis* ou *Eucalyptus urophylla* da própria empresa (Tabela 1).

Os clones foram selecionados em testes de progênie híbrida, avaliando-se as características silviculturais (DAP, altura, forma) aos três anos de idade. Nessa idade, foram produzidas mudas pelo processo de estaquia convencional para multiplicação do material vegetativo, as quais foram conduzidas como minicepas em minijardim clonal, sob sistema semi-hidropônico de canaletão de

areia, no Viveiro de Pesquisas Florestais do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa.

2.2. Manejo do minijardim clonal

Conforme a técnica de miniestaquia (XAVIER; WENDLING, 1998; HIGASHI et al., 2000; ALFENAS et al., 2004; ASSIS et al., 2004; XAVIER et al., 2009), as minicepas foram obtidas pelo enraizamento de estacas coletadas de brotações de cepas de árvores matrizes decepadas em campo. As mudas, com aproximadamente 120 dias e altura de 25 cm, foram plantadas no espaçamento de 10 cm x 10 cm em minijardim clonal sob sistema semi-hidropônico de canaletão de areia, em casa de vegetação com as laterais abertas e coberta com plástico transparente de polietileno. Após 20 dias, procedeu-se à poda do ápice das mudas a uma altura de 10 cm da base para a formação das minicepas.

As plantas receberam solução nutritiva por gotejamento, aplicada quatro vezes ao dia, numa vazão total diária de 4 L m⁻². A solução nutritiva foi composta de nitrato de cálcio (0,92 g L⁻¹), cloreto de potássio (0,24 g L⁻¹), nitrato de potássio (0,14 g L⁻¹), monoamônio fosfato (0,096 g L⁻¹), sulfato de magnésio (0,364 g L⁻¹), hidróferro (0,04 g L⁻¹), ácido bórico (2,8 mg L⁻¹), sulfato de zinco (0,48 mg L⁻¹), sulfato de manganês (1,12 mg L⁻¹), sulfato de cobre (0,1 mg L⁻¹) e molibdato de sódio (0,04 mg L⁻¹). A condutividade elétrica da solução nutritiva foi mantida em 2 mS m⁻² a 25 °C.

2.3. Coleta e preparo das miniestacas e instalação do experimento

Miniestacas apicais e intermediárias foram coletadas no minijardim clonal e acondicionadas em caixas de poliestireno expandido, contendo água para manter as condições de turgescência do material vegetativo. As miniestacas apicais foram preparadas com dimensões variando de 5 a 7 cm, contendo de dois a três pares de folhas, e as miniestacas intermediárias medindo de 3 a 5 cm, com um par de folhas, sendo as folhas reduzidas à metade de sua dimensão original. As miniestacas denominadas intermediárias foram obtidas da base do ramo que deu origem à miniestaca apical (Figura 1).

Após o preparo, as miniestacas apicais e intermediárias foram tratadas com AIB Sigma® nas concentrações de 0, 2000 e 4000 mg L⁻¹, na formulação líquida, dissolvido em hidróxido de potássio (KOH)

Tabela 1 – Clones de *Eucalyptus urophylla* x *E. globulus* e *Eucalyptus grandis* x *E. globulus* e seus genitores femininos e masculinos.

Table 1 – *Eucalyptus urophylla* x *E. globulus* and *Eucalyptus grandis* x *E. globulus* clones and their female and male parents.

Clones	Genitor Feminino	Genitor Masculino
	<i>Eucalyptus urophylla</i>	<i>Eucalyptus globulus</i>
C01	U03	G02
C04	U09	G07
C07	U09	G06
C08	U05	G06
C12	U08	G09
C14	U06	G10
C16	U14	G07
C17	U13	G08
C19	U12	G02
	<i>Eucalyptus grandis</i>	<i>Eucalyptus globulus</i>
C24	M16	G04
C29	M18	G02

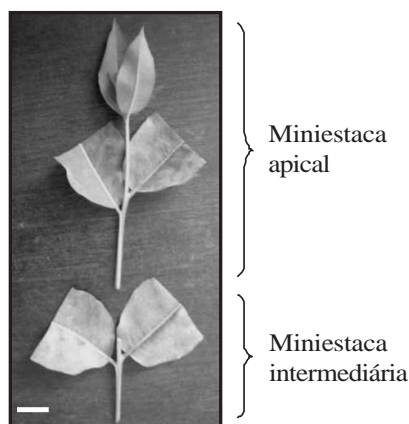


Figura 1 – Miniestacas apical e intermediária de *Eucalyptus urophylla* x *E. globulus* usadas como padrão neste estudo. Barra = 1 cm.

Figure 1 – Apical and intermediate mini-cutting of *Eucalyptus urophylla* x *E. globulus* used as standard in this work. Bar = 1 cm.

a 1 mol L⁻¹ e diluídos em água desionizada. As miniestacas tiveram suas bases (1 cm) mergulhadas na solução de AIB por um período de 10 segundos, antes de serem inseridas no substrato. O período compreendido entre a coleta das miniestacas e a inserção no substrato, na casa de vegetação, foi sempre inferior a 30 minutos.

Utilizaram-se como recipientes tubetes plásticos de 55 cm³ de capacidade, contendo substrato constituído de casca de arroz carbonizada (50 %) e vermiculita de granulometria média (50 %). A nutrição mineral utilizada no substrato foi composta de superfosfato simples (8 kg m⁻³), sulfato de amônio (0,69 kg m⁻³), cloreto de potássio (0,21 kg m⁻³), sulfato de zinco (13,9 g m⁻³), sulfato de cobre (13,9 g m⁻³), sulfato de manganês (13,9 g m⁻³) e ácido bórico (27,8 g m⁻³).

Após a inserção no substrato, o enraizamento das miniestacas foi conduzido em casa de vegetação climatizada (umidade relativa do ar ≥ 80 % e temperatura entre 20 e 30 °C) com permanência de 30 dias. Posteriormente, as miniestacas foram transferidas para casa de sombra coberta com sombrite 50 %, permanecendo por 10 dias.

2.4. Condução e avaliações experimentais

O experimento foi conduzido no delineamento em blocos ao acaso, em arranjo fatorial triplo, constituído de dois tipos de miniestacas (apicais e intermediárias),

três concentrações de AIB (0, 2000 e 4000 mg L⁻¹) e onze clones (C01, C04, C07, C08, C12, C14, C16, C17, C19, C24 e C29), em três repetições, compostas de parcelas com 12 miniestacas por repetição.

As características avaliadas no final de 30 dias, em casa de vegetação, foram a porcentagem de sobrevivência e a porcentagem de miniestacas com emissão de raízes no fundo do tubete. Na data de saída da casa de sombra (40 dias de idade), foram avaliadas a porcentagem de sobrevivência; a de enraizamento; a de miniestacas com emissão de raízes no fundo do tubete; e o número de raízes por miniestaca enraizada.

Para efeito das avaliações, foram consideradas enraizadas as miniestacas com raízes maiores ou iguais a 0,5 cm; e miniestacas vivas aquelas verdes e emitindo brotações. Para a contagem do número de raízes, foram consideradas as raízes emitidas diretamente das miniestacas.

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey, utilizando-se o programa computacional Sisvar (FERREIRA, 2000).

3. RESULTADOS

De acordo com os resultados obtidos, observou-se interação significativa ($P < 0,01$) entre clones e tipo de miniestaca para as características avaliadas, exceto para sobrevivência na data de saída da casa de vegetação. No entanto, não foi observada interação entre as concentrações de AIB com os clones e tipos de miniestacas em todas as características estudadas.

Não houve efeito significativo das concentrações de AIB sobre as características avaliadas ($P > 0,01$). O teste de Tukey foi utilizado para comparar as médias de todos os tratamentos estudados, no entanto, como não houve diferença significativa entre os tratamentos com AIB e diante da aplicabilidade em condições operacionais, são apresentados apenas os resultados referentes ao tratamento sem regulador de crescimento, comparando o efeito de clones e tipos de miniestaca.

A sobrevivência das miniestacas no final de 30 dias em casa de vegetação (Figura 2A) foi alta para todos os clones (superior a 91 %), não havendo diferenças estatísticas ($P > 0,01$) entre os tratamentos, evidenciando um adequado controle das condições ambientais (temperatura e umidade) na casa de vegetação. Quanto à sobrevivência na data de saída da casa de sombra

(Figura 2C), de modo geral esta também apresentou valores altos nas miniestacas apicais (maiores que 86 %). No entanto, houve uma ligeira redução no índice de sobrevivência das miniestacas intermediárias, principalmente no clone C12 (52,8 %), o qual diferiu significativamente ($P < 0,01$) das miniestacas apicais e também dos demais clones.

A emissão de raízes no fundo do tubete foi maior nas miniestacas apicais em relação às intermediárias em todos os clones estudados, tanto na data de saída da casa de vegetação quanto na de sombra, com variação entre clones (Figura 2B e 2D). Este critério tem sido

muito utilizado pelas empresas florestais como indicador prático para identificar as miniestacas enraizadas e aptas a serem transferidas para a área de crescimento em pleno sol. Vale destacar que o clone C12 nas miniestacas apicais apresentou alto índice de emissão de raízes no fundo do tubete (97,2 %) no final de 30 dias em casa de vegetação, chegando a 100 % na data de saída da casa de sombra. No entanto, as miniestacas intermediárias apresentaram resultados muito inferiores, tanto na data de saída da casa de vegetação quanto na de sombra (25 e 27,8 %, respectivamente). Este resultado evidencia alta predisposição do clone ao enraizamento, porém determinada pelo tipo de propágulo usado.

Médias seguidas por uma mesma letra maiúscula entre tipos de miniestacas dentro do mesmo clone e letras minúsculas entre clones dentro do mesmo tipo de miniestaca não diferem significativamente pelo teste de Tukey, a 1 % de probabilidade de erro.

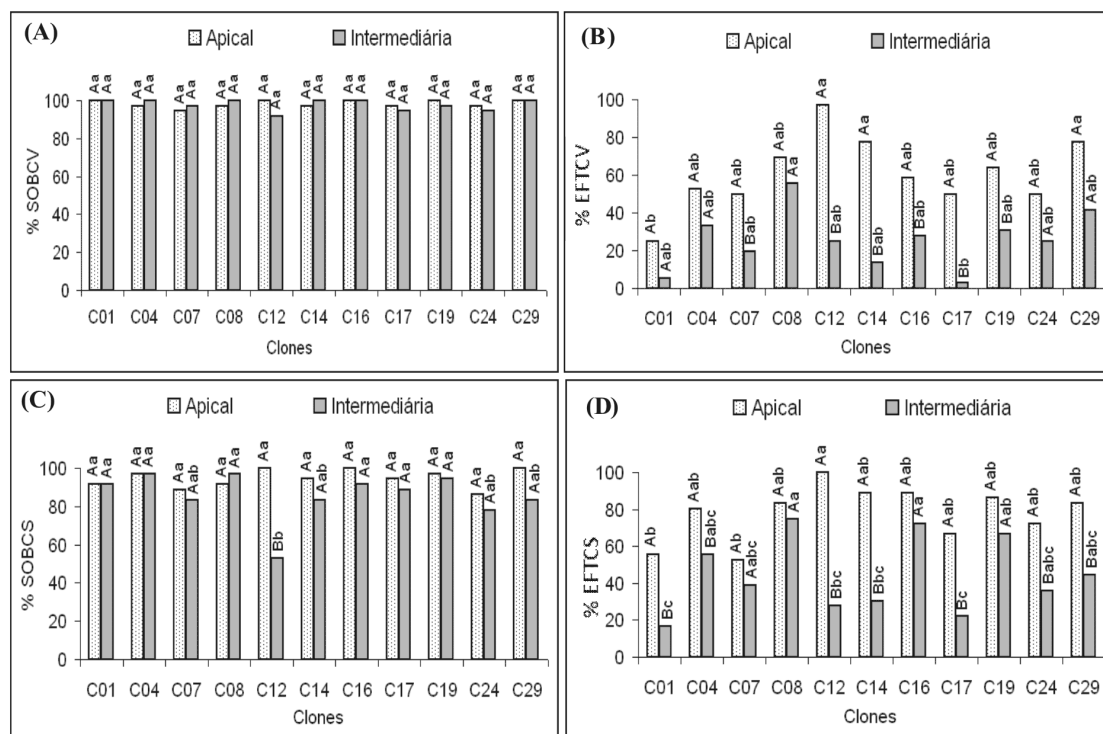


Figura 2 – Sobrevivência (SOBCV e SOBCS) e emissão de raízes no fundo do tubete (EFTCV e EFTCS) de miniestacas apicais e intermediárias de clones de *Eucalyptus grandis* x *E. globulus* (C24 e C29) e *Eucalyptus urophylla* x *E. globulus* (demais clones) no final de 30 dias em casa de vegetação (A e B) e na data de saída da casa de sombra (C e D), aos 40 dias de idade.

Figure 2 – Survival (SOBCV and SOBCS) and root emission at the bottom of the dibble tube (EFTCV and EFTCS) of apical and intermediate mini-cuttings of *Eucalyptus grandis* x *E. globulus* (C24 and C29) and *Eucalyptus urophylla* x *E. globulus* (other clones) clones after 30 days in the greenhouse (A and B), and in the shade house (C and D), at the age of 40 days.

No enraizamento das miniestacas na saída da casa de sombra, aos 40 dias de idade (Figura 3A), notou-se que as miniestacas apicais apresentaram índices superiores de enraizamento na maioria dos clones, com valores entre 58,3 e 100 %. Nas miniestacas intermediárias, os índices de enraizamento variaram entre 25 e 86,1 % entre clones. No entanto, em cinco clones (C04, C07, C08, C16 e C19) não houve diferença estatística ($P > 0,01$) entre os tipos de miniestacas testados para porcentagem de enraizamento. Cinco clones apresentaram índices de enraizamento superiores a 90 % (C12, C14, C16, C19 e C29), quando se utilizaram miniestacas apicais, e somente um clone (C01) apresentou índice de enraizamento inferior a 60 %.

Em relação ao número de raízes por miniestaca enraizada, assim como nas demais características avaliadas, as miniestacas apicais apresentaram resultados superiores, variando entre 1,3 e 7,3 raízes por miniestacas, enquanto as intermediárias apresentaram valores entre 1,2 e 2,6 raízes por miniestaca (Figura 3B). O clone C12 (Figura 4), além de ter apresentado o maior índice de enraizamento, também apresentou o maior número de raízes por miniestaca apical (7,3). O clone C01 (Figura 4) teve os valores mais baixos de número de raízes, tanto nas miniestacas apicais quanto nas intermediárias (1,2 e 1,3, respectivamente).

Médias seguidas por uma mesma letra maiúscula entre tipos de miniestacas dentro do mesmo clone e letras minúsculas entre clones dentro do mesmo tipo de miniestaca não diferem significativamente pelo teste Tukey, a 1 % de probabilidade de erro.

4. DISCUSSÃO

Neste estudo, os valores encontrados de enraizamento, sobrevivência e número de raízes em miniestacas na data de saída da casa de sombra estão de acordo com os obtidos por Schwambach et al. (2008) em estudo com um clone de *Eucalyptus globulus* x *maidenii*. Da mesma forma, alguns autores encontraram resultados semelhantes de enraizamento e sobrevivência de miniestacas ao trabalharem com outras espécies de *Eucalyptus* (WENDLING et al., 2000a,b; XAVIER et al., 2001; SOUZA JUNIOR; WENDLING, 2003; ALMEIDA, 2006).

Foi observado que a emissão de raízes no fundo do tubete se iniciou a partir de 17 dias em casa de vegetação, sendo este resultado próximo do encontrado por Titon et al. (2002) com miniestaquia de *Eucalyptus grandis*.

Menos de 2 % das árvores-elite de *Eucalyptus globulus* selecionadas em programas de melhoramento apresentam enraizamento de miniestacas igual ou superior a 60 % (ALFENAS et al., 2004). No entanto, esses autores relatam que a hibridação de *Eucalyptus globulus* com outras espécies de *Eucalyptus* pode aumentar a facilidade de propagação vegetativa, conforme observado neste

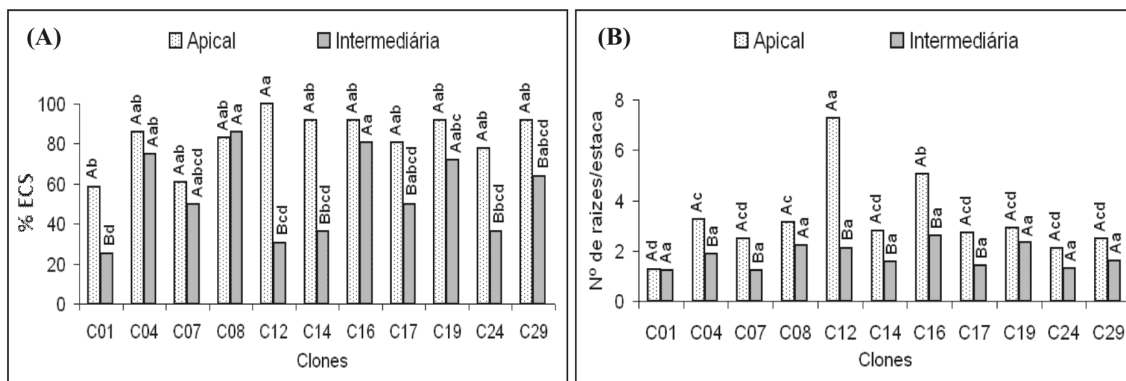


Figura 3 – Enraizamento (ECS - A) e número de raízes por miniestaca enraizada (B) de miniestacas apicais e intermediárias de clones de *Eucalyptus grandis* x *E. globulus* (C24 e C29) e *Eucalyptus urophylla* x *E. globulus* (demais clones) na data de saída da casa de sombra, aos 40 dias de idade.

Figure 3 – Rooting (ECS – A) and number of roots per mini-cutting rooted (B) of apical and intermediate mini-cuttings of *Eucalyptus grandis* x *E. globulus* (C24 and C29) and *Eucalyptus urophylla* x *E. globulus* (other clones) clones in the shade house, at the age of 40 days.

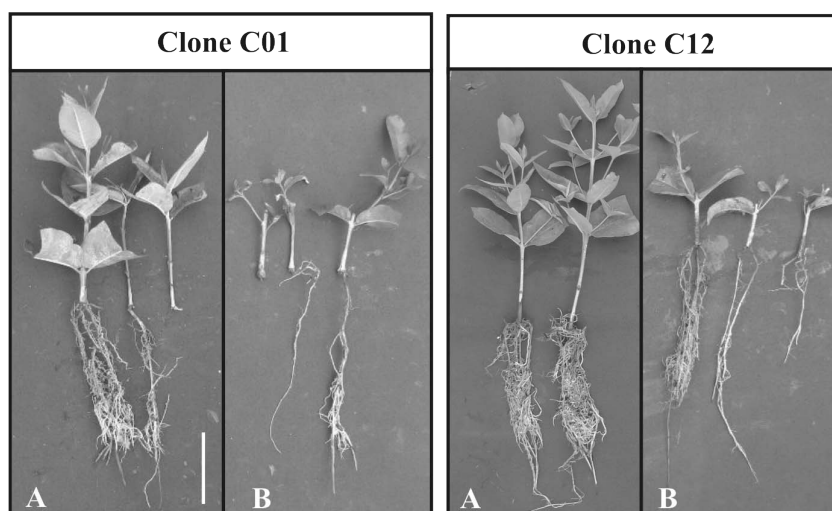


Figura 4 – Miniestacas apicais (A) e intermediárias (B) enraizadas dos clones C01 e C12 de *Eucalyptus urophylla* x *E. globulus* na data de saída da casa de sombra, aos 40 dias de idade. Barra = 5 cm.

Figure 4 – Apical (A) and intermediate (B) mini-cuttings rooted of the C01 and C12 clones of *Eucalyptus urophylla* x *E. globulus* in the shade house, at the age of 40 days. Bar = 5 cm.

estudo, onde, sem aplicação de regulador de crescimento, apenas um clone (C01) apresentou enraizamento inferior a 60 %, quando foram utilizadas miniestacas apicais.

A diferenciação de raízes em *Eucalyptus* sofre grande influência do genótipo, o que provoca variações no percentual e na qualidade do enraizamento de estacas entre espécies e clones, como observado neste estudo (Figuras 2 e 3). Variações no percentual de enraizamento *in vitro* (entre 49 e 81 %) foram observadas entre e dentro de famílias de polinização aberta de *Eucalyptus grandis* (SOBROSA; CORDER, 2003). Locos de características quantitativas (QTLs) que controlam o processo de enraizamento adventício em várias espécies de *Eucalyptus* já foram detectados (MARQUES et al., 1999; MARQUES et al., 2002), indicando que as variações fenotípicas nesta característica possuem um significativo componente genotípico.

A habilidade dos tecidos das plantas para a formação de raízes adventícias depende de diferentes fatores endógenos e exógenos e da interação entre eles. Neste estudo, os resultados superiores de enraizamento obtidos com miniestacas apicais podem estar relacionados, dentre outros fatores, à menor lignificação dos tecidos desses propágulos em relação às miniestacas intermediárias. Segundo Xavier et al. (2009), estacas herbáceas têm

maior capacidade de formação de raízes, porém necessitam de maior controle das condições ambientais durante o enraizamento, para evitar a desidratação dos tecidos. Outro ponto pode estar relacionado ao fato das auxinas, substâncias fitorreguladoras que exercem papel crucial no enraizamento adventício (HARTMANN et al., 2002), serem produzidas principalmente em regiões de crescimento ativo como primórdios foliares e folhas jovens (RAVEN et al., 2007), fazendo com que miniestacas apicais tenham maiores níveis endógenos desse fitorregulador.

Neste estudo, não foi observado efeito do AIB, demonstrando ser desnecessária sua aplicação para alguns clones, o que resulta em economia no processo de produção de mudas. De forma semelhante, alguns autores também não encontraram efeito do AIB sobre o enraizamento e a sobrevivência de miniestacas de *Eucalyptus* (XAVIER et al., 2001; SOUZA JUNIOR; WENDLING, 2003; WENDLING; XAVIER, 2005). Por outro lado, aumento no enraizamento de miniestacas de *Eucalyptus* foi observado com a aplicação de AIB em concentrações variando entre 1.000 a 3.000 mg L⁻¹ (WENDLING et al., 2000b), entre 500 e 2.000 mg L⁻¹ (GOULART, 2007) e até à concentração de 8.000 mg L⁻¹ (BRONDANI, 2008). Esses autores notaram também que havia um efeito positivo até determinada

concentração, a partir da qual houve toxidez para alguns clones. Da mesma forma, Almeida (2006) obteve resultados positivos da aplicação de AIB, com as melhores concentrações variando entre clones de *Eucalyptus cloeziana*, espécie considerada de difícil enraizamento (ALFENAS et al., 2004).

A aplicação exógena de auxinas pode ser desnecessária em plantas que ativam a expressão de auxinas endógenas para a rápida diferenciação de raízes. Kawaoka et al. (2010) observaram que clones de *Eucalyptus globulus* que apresentaram maiores taxas de enraizamento (90 %) em sistema de micropropagação tinham três vezes mais ácido indol-3-acético (AIA) endógeno do que clones com baixo enraizamento (10 %). Aumento no conteúdo de AIA também foi observado em estacas de *Chrysanthemum morifolium* (WEIGEL et al., 1984) e de videira (GASPAR et al., 1992) logo após a coleta das estacas nas plantas matrizes. No entanto, mais estudos deveriam ser implementados com *Eucalyptus*, relacionando o enraizamento de estacas com a expressão de auxinas endógenas e também com o balanço interno de fitorreguladores, como a relação auxina/citocinina. Esse balanço pode ser mais importante no controle de eventos morfogênicos, como o enraizamento adventício, do que o papel individual de cada fitorregulador (AREZKI et al., 2000). Os bons percentuais de enraizamento obtidos para alguns clones com miniestacas apicais evidenciam o potencial da miniestaquia como técnica de propagação clonal dos híbridos de *Eucalyptus globulus*, gerando mudas com satisfatório padrão de qualidade. Porém, o processo deve ser ajustado a cada clone para que índices satisfatórios de enraizamento possam ser obtidos. Nesse caso, o uso de técnicas como a micropropagação aliada à microestaquia, visando ao rejuvenescimento clonal (TITON et al., 2006, XAVIER et al., 2009), pode ser promissor para aumentar os índices e a qualidade do enraizamento desses clones.

5. CONCLUSÕES

O AIB não apresentou efeito significativo em relação às características avaliadas para os clones e tipos de estacas estudados.

As miniestacas apicais, de forma geral, foram superiores às intermediárias em todas as características estudadas, indicando maior predisposição ao enraizamento.

Foi observado entre os clones estudados diferença significativa quanto ao enraizamento, com clones apresentando alto índice de enraizamento, enquanto outros ainda carecem de ajustes no processo de propagação por miniestaquia.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pela concessão de bolsas de estudo e à empresa CENIBRA (Celulose Nipo-Brasileira S.A.) pelo apoio financeiro e disponibilização de material genético (clones).

7. REFERÊNCIAS

- ALFENAS, A. C. et al. **Clonagem e doenças do eucalipto**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2004. 442p.
- ALMEIDA, F. D. **Propagação vegetativa de *Eucalyptus cloeziana* F. Muell. por estaquia e miniestaquia**. 2006. 74f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2006.
- AREZKI, O. et al.. Hormonal control of proliferation in meristematic agglomerates of *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. **In Vitro Cellular & Developmental Biology – Plant**, v. 36, n. 5, p. 398-401, 2000.
- ASSIS, T. F.; MAFIA, R. G. Híbridação e clonagem. In: BORÉM, A. (Ed.). **Biotecnologia florestal**. Viçosa, MG: Suprema, 2007. p.93-121.
- ASSIS, T. F.; FETT-NETO, A. G.; ALFENAS, A. C. Current techniques and prospects for the clonal propagation of hardwoods with emphasis on *Eucalyptus*. In: WALTER, C.; CARSON, M. (Eds.). **Plantation forest biotechnology for the 21st century**. Kerala, India: Research Signposts, 2004. p.303-333.
- ASSIS, T. F.; ROSA, O. P.; GONÇALVES, S. I. Propagação por microestaquia. In: CONGRESSO FLORESTAL ESTADUAL, 7., 1992, Nova Prata. **Anais...** Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 1992. p.824-836.
- BRONDANI, G. E. **Miniestaquia e micropropagação de *Eucalyptus benthamii* Maiden & Cambage x *Eucalyptus dunnii* Maiden**. 2008. 118f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

- CARDOSO, G. V. **Otimização do cozimento kraft para produção de celulose a partir de madeiras de *Eucalyptus globulus* com diferentes teores de lignina.** 2002. 147f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2002.
- FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: Universidade Federal de São Carlos, 2000. p.255-258.
- GASPAR, T. et al. Practical uses of peroxidase activity as a predictive marker of rooting performance of micropropagated shoots. **Agronomie**, v.12, n.10, p.757-765, 1992.
- GOULART, P. B. **Influência do acondicionamento, antioxidantes, auxinas e seus cofatores no enraizamento de miniestacas de clones de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*.** 2007. 115f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG: 2007.
- HARTMANN, H. T. et al. **Plant propagation: principles and practices.** 7.ed. New Jersey: Prentice-Hall, 2002. 880p.
- HIGASHI, E. N.; SILVEIRA, R. L. V. A.; GONÇALVES, A. N. **Propagação vegetativa de *Eucalyptus*: princípios básicos e sua evolução no Brasil.** Piracicaba: IPEF/ESALQ/USP, 2000. 10p. (Circular Técnica, 192).
- KAWAOKA, A. et al. Functional analysis of the P450 genes involved in adventitious root formation in *Eucalyptus globulus*. In: PLANT BIOLOGY 2010, 2010, Montréal. **Abstracts...** Rockville: American Society of Plant Biologists, 2010. Disponível em: <<http://abstracts.aspb.org/pb2010/public/P10/P10031.html>>. Acesso em: 25 ago. 2010.
- MARQUES, C. M.; BRONDANI, R. P. V.; GRATAPAGLIA, D. Conservation and synteny of SSR loci and QTLs for vegetative propagation in four *Eucalyptus* species. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 105, n. 2-3, p. 474-478, 2002.
- MARQUES, C. M. et al. Genetic dissection of vegetative propagation traits in *Eucalyptus tereticornis* and *E. globulus*. **Theoretical and Applied Genetics**, v.99, n.6, p.936-946, 1999.
- RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Biologia vegetal.** 7.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007. 830 p.
- SASSE, J. Problems with propagation of *Eucalyptus globulus* by stem cuttings. In: CRC-IUFRO FOR TEMPERATE HARDWOOD FORESTRY, 1995, Hobart. **Proceedings...** Hobart: CRC-IUFRO, 1995. p.319-320.
- SCHWAMBACH, J. et al. Adventitious rooting of *Eucalyptus globulus* x *maidennii* mini-cuttings derived from mini-stumps grown in sand bed and intermittent flooding trays: a comparative study. **New Forests**, v.36, n.3, p.261-271, 2008.
- SOBROSA, R. C.; CORDER, M. P. M. Efeito do genótipo sobre o potencial para produção de gemas e raízes adventícias em *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden *in vitro*. **Floresta e Ambiente**, v.10, n.3, p.58-68, 2003.
- SOUZA JUNIOR, L.; WENDLING, I. Propagação vegetativa de *Eucalyptus dunnii* via miniestaquia de material juvenil. **Boletim de Pesquisa Florestal**, n.46, p.21-30, 2003.
- TITON, M.; XAVIER, A.; OTONI, W. C. Clonal propagation of *Eucalyptus grandis* using the mini-cutting and micro-cutting techniques. **Scientia Forestalis**, n.71, p.109-117, 2006.
- TITON, M.; XAVIER, A.; OTONI, W. C. Dinâmica de enraizamento de microestacas e miniestacas de clones de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, v.26, n.6, p.665-673, 2002.
- WEIGEL, U.; HORN, W.; HOCK, B. Endogenous auxin levels in terminal stem cuttings of *Chrysanthemum morifolium* during adventitious rooting. **Physiologia Plantarum**, v.61, n.3, p.422-428, 1984. .
- WENDLING, I.; XAVIER, A. Influência do ácido indolbutírico e da miniestaquia seriada no enraizamento e vigor de miniestacas de clones de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, v.29, n.6, p.921-930, 2005.

WENDLING, I. et al. Propagação clonal de híbridos de *Eucalyptus* spp. por miniestaquia. **Revista Árvore**, v.24, n.2, p.181-186, 2000a.

WENDLING, I. et al. Efeito do regulador de crescimento AIB na propagação de clones de *Eucalyptus* spp. por miniestaquia. **Revista Árvore**, v.24, n.2, p.187-192, 2000b.

WENDLING, I. **Propagação clonal de híbridos de *Eucalyptus* spp. por miniestaquia**. 1999. 70 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1999.

XAVIER, A. et al. Desempenho do enraizamento de microestacas e miniestacas de clones híbridos de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, v.25, n.4, p.403-411, 2001.

XAVIER, A.; COMÉRIO, J. Microestaquia: uma maximização da micropropagação de *Eucalyptus*. **Revista Árvore**, v.20, n.1, p.9-16, 1996.

XAVIER, A.; WENDLING, I. **Miniestaquia na clonagem de *Eucalyptus***. Viçosa, MG: SIF, 1998. 10p. (Informativo Técnico SIF, 11).

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

XAVIER, A. A. et al. Resistência de *Eucalyptus globulus* e *Eucalyptus nitens* à ferrugem (*Puccinia psidii*). **Revista Árvore**, v.31, n.4, p.731-735, 2007.