

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

Tamires Manfio Somavilla

**ENRAIZAMENTO DE MINIESTACAS E SELEÇÃO DE *Cordia*
trichotoma (VELLOZO) ARRABIDA EX STEUDEL PARA A
PROPAGAÇÃO POR MINIESTAQUIA**

Santa Maria, RS
2018

Tamires Manfio Somavilla

**ENRAIZAMENTO DE MINIESTACAS E SELEÇÃO DE *Cordia trichotoma*
(VELLOZO) ARRABIDA EX STEUDEL PARA A PROPAGAÇÃO POR
MINIESTAQUIA**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Engenharia Florestal**.

Orientador: Prof. Dilson Antônio Bisognin, PhD.

Santa Maria, RS
2018

Somavilla, Tamires Manfio
ENRAIZAMENTO DE MINIESTACAS E SELEÇÃO DE Cordia
trichotoma (VELLOZO) ARRABIDA EX STEUDEL PARA A
PROPAGAÇÃO POR MINIESTAQUIA / Tamires Manfio Somavilla.-
2018.
90 p.; 30 cm

Orientador: Dilson Antônio Bisognin
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós
Graduação em Engenharia Florestal, RS, 2018

1. Enraizamento adventício 2. Seleção precoce 3.
Melhoramento 4. Propagação clonal I. Bisognin, Dilson
Antônio II. Título.

Sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFSM. Dados fornecidos pelo autor(a). Sob supervisão da Direção da Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central. Bibliotecária responsável Paula Schoenfeldt Patta CRB 10/1728.

© 2018

Todos os direitos autorais reservados a Tamires Manfio Somavilla. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte.
E-mail: tamiresengenheiraflorestal@gmail.com

Tamires Manfio Somavilla

**ENRAIZAMENTO DE MINIESTACAS E SELEÇÃO DE *Cordia trichotoma*
(VELLOZO) ARRABIDA EX STEUDEL PARA A PROPAGAÇÃO POR
MINIESTAQUIA**

Dissertação ao Curso de Pós-Graduação
em Engenharia Florestal, da Universidade
Federal de Santa Maria (UFSM, RS),
como requisito parcial para obtenção do
título de **Mestre em Engenharia
Florestal.**

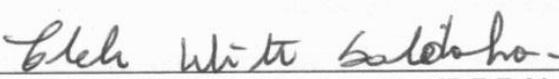
Aprovado em 28 de fevereiro de 2018:



Dilson Antônio Bisognin, PhD.
(Presidente/Orientador)



Ezequiel Gasparin, Dr. (UFSM)



Cleber Witt Saldanha, Dr. (DDPA)

Santa Maria, RS
2018

AGRADECIMENTOS

A concretização deste trabalho ocorreu, principalmente pelo apoio, auxílio, dedicação, compreensão de várias pessoas. Agradeço a todos que de alguma forma contribuíram para a conclusão desta etapa, e de uma maneira especial, agradeço:

Ao meu orientador pela oportunidade de desenvolvimento da pesquisa e pelo aprendizado que levarei no decorrer da vida profissional;

À Universidade Federal de Santa Maria, por meio do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, pela contribuição na minha formação acadêmica, e à CAPES, pela concessão de apoio financeiro, possibilitando o desenvolvimento desta pesquisa;

À minha família, minha mãe Marines, meu pai Jacir e minha irmã Itagira, pelo apoio, pela paciência e motivação;

Ao meu namorado, Rafael, pelo imensurável auxílio durante o período de coleta de dados, por acreditar na minha capacidade, pela paciência e compreensão durante os momentos em que não pude me fazer presente;

Aos colegas do MPVP, pelo auxílio nas instalações de experimento e coleta de dados;

Às minhas grandes amigas e colegas Sorhaila Batistel e Cláudia Burin, que nunca mediram esforços para me ajudar nessa jornada, agradeço pela sincera amizade, pelo companheirismo e auxílio nas coletas e avaliações, pela motivação e persistência durante todo o percurso;

Aos colegas do Viveiro Florestal, em especial à Professora Maristela Machado Araújo, pela disponibilidade de espaço na câmara úmida para manutenção dos experimentos, e ao funcionário Élio, pelo auxílio diário no controle de irrigação da câmara;

À minha querida amiga Pâmela de Leon, pela energia, alegria e tranquilidade, pelos conselhos, e pelos ensinamentos diários. Agradeço a vida por proporcionar esse encontro e convivência diária.

Se o dinheiro for a sua esperança de independência, você jamais a terá. A única segurança verdadeira consiste numa reserva de sabedoria, de experiência e de competência.

(Henry Ford)

RESUMO

ENRAIZAMENTO DE MINIESTACAS E SELEÇÃO DE *Cordia trichotoma* (VELLOZO) ARRABIDA EX STEUDEL PARA A PROPAGAÇÃO POR MINIESTAQUIA

AUTORA: Tamires Manfio Somavilla
ORIENTADOR: Dilson Antônio Bisognin

O objetivo deste trabalho foi estudar o enraizamento de miniestacas e desenvolver estratégias de seleção de louro-pardo para a propagação vegetativa por miniestaquia. Foram avaliados os efeitos do substrato, da concentração de AIB, do tamanho das miniestacas e da época do ano no enraizamento adventício. Dois experimentos foram conduzidos para avaliar o efeito de quatro composições de substrato (substrato comercial, areia grossa e vermiculita; substrato comercial puro; substrato comercial, casca de arroz carbonizada e areia; substrato comercial e vermiculita) e cinco concentrações de AIB (0, 1.500, 3.000, 4.500 ou 6.000 mg L⁻¹) no enraizamento de miniestacas de gema única. Dois experimentos foram conduzidos para avaliar o efeito do tamanho (menores do que 5 cm, de 5,1 a 10,0 cm, de 10,1 a 15,0 cm e maiores do que 15,1 cm) e das mesmas concentrações de AIB no enraizamento de miniestacas apicais. Outro experimento foi conduzido para avaliar o efeito da época do ano no enraizamento de miniestacas apicais. Para definir estratégias de seleção precoce e identificar clones de louro-pardo com competência ao enraizamento foram realizadas coletas de miniestacas apicais de 30 clones em uma minicepa por clone e de 19 clones em quatro minicepas por clone. Foram quantificados o número de miniestacas por minicepa, a porcentagem de enraizamento e o número de miniestacas enraizadas por minicepa. A composição do substrato não afetou o enraizamento das miniestacas. Miniestacas apicais com até 10 cm de comprimento tratadas com 3.000 mg L⁻¹ de AIB apresentaram a maior competência ao enraizamento, principalmente quando coletadas durante os meses de verão. O tamanho de miniestaca afeta o potencial de enraizamento e miniestacas apicais são mais responsivas ao enraizamento adventício do que miniestacas de gema única. Os melhores clones foram identificados com base em duas estratégias, sendo selecionados quatro e nove dos 30 avaliados em uma minicepa, e três e sete dos 19 avaliados em quatro minicepas. Os ganhos de seleção foram altos (entre 67,2 a 142,3%), tanto para porcentagem de enraizamento, quanto para o número de miniestacas enraizadas. A seleção precoce é uma estratégia eficiente de melhoramento para o enraizamento adventício, podendo ser realizada a partir de uma minicepa por clone de louro-pardo.

Palavras-chave: Enraizamento adventício. Seleção precoce. Melhoramento. Propagação clonal.

ABSTRACT

MINI-CUTTINGS ROOTING AND SELECTION OF *Cordia trichotoma* (VELLOZO) ARRABIDA EX STEUDEL FOR ASEXUAL PROPAGATION BY MINI-CUTTINGS

AUTHOR: Tamires Manfio Somavilla

ADVISOR: Dilson Antônio Bisognin

The aim of this work was to study the mini-cutting rooting and to develop selection strategies of cordia (*Cordia trichotoma*) for asexual propagation by mini-cuttings. The effects of substrate, IBA concentration, mini-cutting size and time of year were evaluated in the capability of mini-cuttings adventitious rooting. Two experiments were carried out to evaluate the effect of four substrate compositions (commercial substrate, coarse sand and vermiculite, pure commercial substrate, commercial substrate, charcoal rice husk and sand, commercial substrate and vermiculite) and five concentrations (0; 1,500; 3,000; 4,500 or 6,000 mg L⁻¹) of AIB in the rooting of single-bud mini-cuttings. Two experiments were carried out to evaluate the effect of size (smaller than 5 cm, between 5.1 and 10.0 cm, between 10.1 and 15.0 cm and bigger than 15.1 cm) and the same concentrations of IBA in the apical mini-cuttings rooting. Another experiment was carried out to evaluate the effect of the time of the year in the apical mini-cuttings rooting. In order to define an early selection strategies and to identify cordia clones with adventitious rooting capability, apical mini-cuttings were collected in one mini-stump of 30 clones and four mini-stumps of 19 clones. The number of mini-cuttings per mini-stump, the rooting percentage and the number of rooted mini-cuttings per mini-stump were recorded. The substrate composition did not affect mini-cuttings rooting. Apical mini-cuttings up to 10 cm in length treated with 3,000 mg L⁻¹ of AIB presented the greatest rooting capability, especially when collected during the summer season. Mini-cuttings size affects rooting potential and apical mini-cuttings are more responsive to adventitious rooting than single-bud ones. Cordia clones were identified based upon two strategies, being selected four and nine from 30 evaluated in one mini-stump, and three and seven from 19 clones evaluated in four mini-stumps. The selection gains were high (between 67.2 and 142.3%), both for rooting percentage and number of rooted mini-cuttings. Early selection is an efficient breeding strategy for adventitious rooting capability, and can be applied in one evaluated mini-stump per clone.

Keywords: Adventitious Rooting. Early selection. Breeding. Clonal propagation.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – Distribuição geográfica de *Cordia trichotoma* (louro-pardo) no Brasil. 15
- Figura 2 – Minijardim clonal de louro-pardo obtidos por estaquia radicular estabelecido em bandeja de polietileno.36
- Figura 3 – Padrão de coleta de miniestacas de gema única e apical de acordo com o tamanho da brotação em minicepas de louro-pardo (A), padrão da miniestaca de gema única (B) e miniestaca apical (C).....37
- Figura 4 – Porcentagem de sobrevivência (A) e brotação (B), número de broto (C) e comprimento de broto (D) em miniestacas de gema única de louro-pardo tratadas com diferentes concentrações de ácido indolbutírico (AIB) aos 30 dias de cultivo. ..44
- Figura 5 – Porcentagem de enraizamento (A), número de raízes (B) e comprimento de raízes (C) em miniestacas de gema única de louro-pardo tratadas com diferentes concentrações de ácido indolbutírico (AIB) aos 30 dias de cultivo.....45
- Figura 6 – Porcentagem de sobrevivência (A), porcentagem de enraizamento (B), número de raízes (C) e comprimento de raízes (D) em miniestacas de gema única de louro-pardo cultivadas em diferentes composições de substratos, aos 30 dias de cultivo.47
- Figura 7 – Porcentagem de sobrevivência (A), porcentagem de enraizamento (B), número de raízes (C) e comprimento de raízes (D) em miniestacas apicais de louro-pardo menores do que 5,0 cm, 5,1 a 10,0 cm, 10,1 a 15,0 cm e maiores do que 15,1 cm, aos 30 e 60 dias de cultivo.50
- Figura 8 – Porcentagem de sobrevivência (A), porcentagem de enraizamento (B), número de raízes (C) e comprimento de raízes (D) em miniestacas apicais de louro-pardo tratadas com diferentes concentrações de AIB e cultivadas por 30 e 60 dias.53
- Figura 9 – Porcentagem de sobrevivência (A), porcentagem de enraizamento (B), número de raízes (C) e comprimento de raízes (D) de miniestacas apicais de louro-pardo produzidas nas quatro épocas do ano (verão, outono, inverno e primavera) aos 30 e 60 dias de cultivo.....56

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 – Análise de variância do agrupamento para os caracteres número de miniestacas produzidas por minicepa, porcentagem de enraizamento e número de miniestacas enraizadas por minicepa de clones de louro-pardo avaliados em uma ou quatro minicepas.70
- Tabela 2 – Número de miniestacas produzidas por minicepa, porcentagem de enraizamento, número de miniestacas enraizadas por minicepa e número de clones em cada grupo formado pelo método das k-médias para clones de louro-pardo avaliados em diferentes coletas e número de minicepas.73
- Tabela 3 – Número de miniestacas produzidas por minicepa, porcentagem de enraizamento e número de miniestacas enraizadas por minicepa de nove clones selecionados com dados de uma minicepa e sete clones de louro-pardo selecionados com base em quatro minicepas.....75
- Tabela 4 – Médias dos grupos originais (MCO) médias dos selecionados (MCS), ganho genético (GS) e porcentual (GS%) para o número de miniestacas produzidas por minicepa, a porcentagem de enraizamento e o número de miniestacas enraizadas por minicepa de clones de louro-pardo em minijardins clonais estabelecidos com uma ou quatro minicepas.....77

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	12
2.	OBJETIVO GERAL	13
2.1	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
3.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
3.1	DESCRIÇÃO DA ESPÉCIE	14
3.2	PRODUÇÃO DE MUDAS DE LOURO-PARDO.....	16
3.3	PROPAGAÇÃO VEGETATIVA.....	17
3.3.1	Estaquia	18
3.3.2	Miniestaquia	20
3.4	FATORES QUE AFETAM O ENRAIZAMENTO ADVENTÍCIO.....	22
3.4.1	Concentrações de auxinas	22
3.4.2	Tamanho e posição de coleta de miniestaca	24
3.4.3	Substrato de enraizamento	25
3.4.4	Época de coleta	27
3.4.5	Genótipo	29
3.5	MELHORAMENTO PARA A PROPAGAÇÃO VEGETATIVA	30
4.	CAPÍTULO I ENRAIZAMENTO DE MINIESTACAS DE LOURO-PARDO (<i>Cordia trichotoma</i> (Vellozo) Arrabida ex Steudel)	32
4.1	INTRODUÇÃO.....	33
4.2	MATERIAL E MÉTODOS	35
4.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
4.4	CONCLUSÕES.....	57
4.5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58
5.	CAPÍTULO II ESTRATÉGIAS DE SELEÇÃO PARA O ENRAIZAMENTO DE MINIESTACAS DE LOURO-PARDO	65
5.1	INTRODUÇÃO.....	66
5.2	MATERIAL E MÉTODOS	68
5.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	69
5.4	CONCLUSÃO	77
5.5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	78
6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	81
	REFERÊNCIAS	82

1. INTRODUÇÃO

Aspectos do melhoramento genético e da padronização de métodos de produção de mudas em escala comercial da maioria das espécies do gênero *Eucalyptus*, encontram-se bem desenvolvidos (DIAS et al., 2012b). Pouco ou quase nada se conhece sobre a propagação de espécies arbóreas nativas, sobretudo no que se refere as técnicas de propagação vegetativa, aplicáveis com êxito, tanto em nível experimental quanto comercial (XAVIER et al., 2003a).

Com os avanços do setor florestal e a necessidade de aumentar a produtividade dos povoamentos em curto período de tempo, a adequação de métodos de propagação de plantas tem ganhado destaque nos últimos anos, mas esse processo pode ser lento e variável em função da espécie considerada (VALDETARO et al., 2011). As tendências do mercado indicam o aumento na demanda por produtos florestais oriundos de plantações comerciais com espécies nativas e ainda, fortes pressões no sentido de buscar, desenvolver e disponibilizar novos materiais genéticos para a silvicultura brasileira e assim, materiais de espécies alternativas de alta qualidade terão de ser disponibilizados em curto espaço de tempo (WENDLING; PINTO JÚNIOR, 2011).

A maioria dos plantios comerciais de espécies nativas têm sido feitos com mudas produzidas a partir de sementes. Contudo, a alta variabilidade genética produzida pela polinização cruzada normalmente acarreta no estabelecimento de povoamentos desuniformes e sujeitos à baixa qualidade do produto final, além de dificultar o manejo das árvores (HIGASHI et al., 2000; FICK, 2007). Por outro lado, o uso da propagação vegetativa permite obter ganho genético em curto período de tempo, multiplicando plantas que apresentam características superiores, o que proporcionam o aumento da uniformidade, produtividade e qualidade dos plantios florestais (SILVA, 2005).

Segundo Fantini e Siminski (2011), dentre as espécies com grande potencial para a silvicultura brasileira, destaca-se *Cordia trichotoma* (Vellozo) Arrabida ex Steudel (louro-pardo), espécie de alto valor comercial, por sua madeira apresentar características favoráveis para a fabricação de móveis de luxo, revestimentos decorativos e na construção civil (CARVALHO, 2006; LORENZI, 2008). A propagação vegetativa pode ser a opção para a multiplicação dessa espécie, pois além de viabilizar o processo de produção de mudas, permite rápida seleção

precoce e multiplicação de indivíduos geneticamente superiores, além de garantir a produção de mudas de elevada qualidade genética e fitossanitária durante o ano inteiro. O louro-pardo apresenta algumas limitações quanto à produção de mudas por estaquia, mesmo quando o material vegetativo é proveniente de plantas juvenis (MANTOVANI et al., 1996; HERBELE, 2010), e os estudos voltados para a produção de mudas por miniestaquia para essa espécie ainda são incipientes (CARNEIRO, 2013; KIELSE et al., 2015; FAGANELLO et al., 2015). Sendo assim, é de suma importância dar continuidade ao processo de produção de mudas com a identificação de condições favoráveis ao enraizamento de miniestacas e ao melhoramento do louro-pardo, com a identificação de clones com competência ao enraizamento, a fim de viabilizar a produção de mudas por miniestaquia. Portanto, esta pesquisa se justificada pela necessidade de desenvolver tecnologias de produção de mudas de espécie nativa em quantidade e qualidade genética suficiente para suprir, inicialmente, a demanda no âmbito regional.

2. OBJETIVO GERAL

O presente estudo teve por objetivo estudar o enraizamento de miniestacas e desenvolver estratégias de seleção de louro-pardo para a propagação vegetativa por miniestaquia.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- i) Avaliar o enraizamento de diferentes tamanhos de miniestacas de louro-pardo;
- ii) Observar o efeito de diferentes composições de substratos no enraizamento de miniestacas de gema única;
- iii) Verificar o efeito de diferentes concentrações de ácido indolbutírico (AIB) no enraizamento de miniestacas de gema única;
- iv) Avaliar o enraizamento de miniestacas apicais com diferentes tamanhos;
- v) Dentre os tamanhos de miniestacas selecionados, identificar a melhor concentração de ácido indolbutírico (AIB) para o enraizamento de miniestacas apicais;

- vi) Dentre os tamanhos selecionados e a melhor concentração de AIB, estudar o efeito de época do ano no enraizamento adventício de miniestacas apicais de louro-pardo;
- vii) Definir estratégias de seleção precoce para identificar clones de louro-pardo com competência ao enraizamento adventício de miniestacas.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 DESCRIÇÃO DA ESPÉCIE

Louro-pardo [*Cordia trichotoma* (Vellozo) Arrabida ex Steudel] é uma espécie arbórea nativa pertencente à família Boraginaceae, que compreende mais de duas mil espécies, distribuídas em cerca de 100 gêneros. O gênero *Cordia* é um dos mais importantes, constituído por cerca de 250 espécies no mundo e 65 no Brasil (CARVALHO, 1988). A espécie possui ampla distribuição geográfica no Brasil (Figura 1), podendo ser encontrada desde o estado do Rio Grande do Sul até o Ceará (LORENZI, 2008), na Floresta Estacional Semidecidual Submontana, Floresta Estacional Decidual, Floresta Ombrófila Densa, Floresta Ombrófila Mista e Mata Seca (REITZ et al., 1988; LORENZI, 2008). No Rio Grande do Sul (RS) a espécie pode ser encontrada nas florestas do Alto Uruguai e em matas abertas e capões dos campos da Depressão Central (SOBRAL et al., 2006).

Ainda, no RS é possível encontrar mais três espécies arbóreas do gênero, *C. americana* (L.) Gottschling & J. E. Mill., conhecida popularmente como Guajuvira, ocorrente no Brasil, desde o estado do Paraná até o estado do Rio Grande do Sul, *C. ecalyculata* Vell., conhecida como Maria-preta, apresenta distribuição desde o estado de Minas Gerais até o Rio Grande do Sul, podendo, neste, ser encontrada na Floresta Atlântica e na Depressão Central, e *C. silvestres* Fresen., conhecida como Louro-branco, apresenta ampla distribuição geográfica, podendo ser encontrada desde o Amazonas até o Rio Grande do Sul (SOBRAL et al., 2006).

Figura 1 – Distribuição geográfica de *Cordia trichotoma* (louro-pardo) no Brasil.



Fonte: (Carvalho, 2002).

O louro-pardo, pertencente ao grupo sucessional secundário inicial a secundário tardio, é uma árvore caducifólia e pode alcançar uma altura de 20-30 m, com tronco de até 90 cm de diâmetro, com folhas simples, ásperas, de 8-14 cm de comprimento. A madeira, a qual apresenta cerne pardo-claro-amarelado, é considerada moderadamente pesada (densidade $0,78 \text{ g/cm}^3$), dura, fácil de trabalhar, podendo ser empregada na confecção de mobiliário de luxo, para revestimentos decorativos, lambris, persianas e confecção de pequenas embarcações, entre outros (CARVALHO, 2006). Por apresentar uma série de aspectos favoráveis, principalmente relacionados à madeira de excelente qualidade, e durabilidade natural, a espécie tem grande potencial para o plantio com fins econômicos (CARVALHO, 2006). Ainda, a árvore possui características ornamentais e apresenta satisfatório crescimento, importante em reflorestamentos heterogêneos para a recomposição de áreas degradadas (LORENZI, 2008).

A polinização das flores da espécie é realizada principalmente pelas abelhas e diversos insetos pequenos. No Rio Grande do Sul, a floração ocorre geralmente de dezembro a abril, podendo se estender até junho (FELLIPI et al., 2012) e os frutos amadurecem de abril a julho (CARVALHO, 2002; FELLIPI et al., 2012). As sementes

têm dispersão anemocórica (CARVALHO, 2006). A germinação é consideravelmente alta quando a sementeira é realizada logo após a coleta (MENDONÇA et al., 2001). No entanto, quando as sementes são armazenadas apresentam curta longevidade, pois perdem rapidamente a viabilidade durante a secagem (GRINGS; BRACK, 2011; FELLIPI et al., 2012), quando mantidos porcentuais inferiores a 8% de umidade, (VAZ et al., 2015). Além disso, a germinação é considerada lenta e irregular (CARVALHO, 2006), que pode estar relacionado à dificuldade de identificação do grau de maturidade ideal para a coleta das sementes em condições naturais (VAZ et al., 2015). O comportamento silvicultural da espécie ainda é pouco conhecido, sobretudo quanto ao crescimento. Em condições naturais de desenvolvimento no interior das florestas naturais, as plantas de louro-pardo apresentam rápido crescimento em altura (GRINGS; BRACK, 2011), não acompanhado pelo crescimento proporcional em diâmetro, o que pode ser entendido como uma estratégia para superar a concorrência natural entre plantas (SCHEEREN et al., 2002).

3.2 PRODUÇÃO DE MUDAS DE LOURO-PARDO

Para o louro-pardo, o método mais usual para a produção de mudas é através da germinação de sementes. Estudos com germinação de sementes de louro-pardo logo após a coleta evidenciam relativamente alto poder germinativo, como observado por FELIPPI et al. (2012) que obtiveram 40% de germinação em condições laboratoriais. Já MENDONÇA (2001) e MACHADO et al. (2015) observaram 75% de germinação logo após a coleta de sementes de louro-pardo, indicando alta variabilidade do poder germinativo para a espécie. A limitação quanto a capacidade de armazenamento, associada à alta variabilidade faz com que a produção de mudas da espécie possa ser realizada apenas na época de disponibilidade de sementes. Além disso, o amplo período de frutificação e produção de sementes das árvores matrizes de uma mesma espécie requer o acompanhamento frequente, a fim de garantir sementes maduras viáveis e com qualidade fitossanitária. Isso torna o processo de produção de mudas oneroso em relação a outros métodos, como a estaquia e miniestaquia, que podem ser testados ou adaptados para a espécie.

Além disso, a baixa qualidade das sementes disponíveis no mercado associada à produção irregular ao longo dos anos, a maturação irregular dos frutos e a dificuldade de coleta das sementes em plantas matrizes tem impossibilitado o suprimento anual capaz de atender as necessidades dos programas de produção de mudas de espécies nativas. Estas são características que tem direcionado as pesquisas para identificação de métodos e estratégias mais eficientes de propagação.

No conjunto das espécies arbóreas nativas, grande parte da produção de mudas e os estudos de propagação têm sido realizados para a produção de mudas seminais, principalmente devido à carência de informações silviculturais destas espécies e a redução de custos iniciais de estabelecimento (DIAS et al., 2012b).

A associação de tais fatores tem direcionado estudos de produção de mudas de espécies de grande interesse comercial no Brasil para a propagação vegetativa, evidenciando que a produção de mudas de espécies nativas deve necessariamente estar direcionada para a determinação de estratégias de propagação vegetativa que promovam taxas de multiplicação capazes de serem aplicadas em escala comercial. Sendo assim, a partir das limitações evidenciadas e da necessidade de estabelecimentos de plantios comerciais de espécies nativas e de sua uniformização, o desenvolvimento de estudos e tecnologias efetivas de propagação clonal dessa espécie é de fundamental importância, e começaram a serem desenvolvidos no que tange o seu potencial para a propagação vegetativa, por estaquia e miniestaquia.

3.3 PROPAGAÇÃO VEGETATIVA

A propagação vegetativa ou assexuada de plantas consiste em multiplicar, por via assexuada, partes de plantas, células, tecidos, órgãos ou propágulos, originando indivíduos completos e idênticos à planta que lhe deu origem (WENDLING, 2003). Essa prática é considerada uma importante ferramenta no melhoramento de espécies lenhosas e vem sendo amplamente utilizada no setor florestal, visando a melhoria na qualidade dos produtos de interesse econômico e/ou ambiental (EHLERT et al., 2004), além de permitir o estabelecimento de plantios mais uniformes e de grande valor agregado (WENDLING, 2003; COSTA et al., 2007).

A propagação vegetativa de espécies arbóreas surge como uma alternativa para a superação de dificuldades inerentes a propagação via seminal, que associada aos programas de melhoramento florestal permite melhorar a qualidade, velocidade e a porcentagem de enraizamento das miniestacas (XAVIER et al., 2003a), além de acelerar o crescimento, aumentar a produtividade e gerar madeira e seus derivados com qualidade a partir da recombinação de materiais selecionados (ALFENAS et al., 2009).

Dentre as técnicas de propagação vegetativa, a estaquia e suas variações, como a miniestaquia, são as de maior utilização na produção de mudas florestais (MELO et al., 2011). Contudo, as espécies ou ainda plantas ou clones de uma mesma espécie respondem diferentemente quanto à capacidade de propagação vegetativa e os diversos estudos têm sido direcionados para a adequação de métodos já existentes na clonagem de genótipos altamente produtivos de *Eucalyptus* sp. para a propagação de espécies nativas (DIAS et al., 2012b). Para a maioria das espécies arbóreas nativas ainda não estão definidos protocolos de propagação vegetativa adequados para a produção, tanto em nível experimental quanto comercial (XAVIER et al., 2003a) e a definição de métodos e estratégias para a maximização do potencial de propagação e qualidade no sistema de produção de mudas por propagação vegetativa pode ser lento, o que é variável, dependendo das características da espécie que se deseja propagar.

A propagação vegetativa tem sido estudada em várias espécies nativas e tem apresentado resultados satisfatórios, como por exemplo, *E. crista-galli* (GRATIERI-SOSSELLA et al., 2008), *A. macrocarpa* (DIAS et al., 2012 a), *C. canjerana* (GIMENES et al., 2015), *I. paraguariensis* (WENDLING et al., 2007a; BITENCOURT et al., 2009), e *C. fissilis* (XAVIER et al., 2003b).

3.3.1 Estaquia

A estaquia é uma técnica de propagação vegetativa que utiliza propágulos obtidos, especialmente de árvores matrizes em plantios comerciais ou em ambientes naturais que expressam características de interesse, ou ainda provenientes de jardins clonais (ALFENAS et al., 2009; BITENCOURT et al., 2009). O resgate de material geneticamente superior é, em geral, realizado com o auxílio da técnica de

estaquia caulinar, também denominada de estaquia convencional (ALFENAS et al., 2009).

As árvores destinadas para a coleta de propágulos vegetativos são normalmente selecionadas na fase adulta. Entretanto, a aptidão ao enraizamento de propágulos vegetativos está relacionada à maturação do tecido (BORGES JUNIOR; MARTINS-CORDER, 2002), ou seja, quanto maior o grau de maturação menor a capacidade de enraizamento das estacas (WENDLING et al., 2014). As regiões com maior juvenilidade são aquelas situadas mais próximas à base da planta, aumentando o grau de maturação à medida que se aproxima do ápice da planta (HARTMANN et al., 2011). Assim, as plantas selecionadas são normalmente submetidas ao corte raso (decepa) ou anelamento (ALMEIDA et al., 2007), com a finalidade de aumentar o grau de rejuvenescimento ou revigoramento dos tecidos, por meio da indução de brotações juvenis, também denominadas brotações epicórmicas (BITENCOURT et al., 2009; WENDLING et al., 2014). Os brotos emitidos das cepas, na maioria das vezes, têm maior vigor de crescimento quando comparados às brotações coletadas de árvores adultas, e são utilizados para o preparo das estacas que pode variar quanto ao tamanho e número de folhas. Em contrapartida, este método de propagação tem a desvantagem da perda parcial da copa ou mesmo perda total do genótipo selecionado (BITENCOURT et al., 2009).

Em se tratando da propagação vegetativa de louro-pardo a partir de estacas caulinares, esta tem sido limitada pelo baixo potencial de enraizamento, mesmo quando tratadas com altas concentrações de auxinas. Herbele (2010) testando a presença ou ausência de 8.000 mg L^{-1} de AIB e dois tipos de estacas (basais e apicais) na estaquia de louro-pardo não obteve sucesso na formação de raízes adventícias. Por ser considerada uma espécie com raízes gemíferas (CARVALHO, 2006), a mesma também tem potencial de propagação por estaquia radicular ou brotações de raízes (GRINGS; BRACK, 2011), isto é, apresenta raízes com células capazes de se desdiferenciar em pontos de crescimento meristemático, formando novos brotos e raízes (HARTMANN et al., 2011). Kielse et al. (2013) obtiveram resultados satisfatórios na propagação de árvores adultas de louro-pardo por estaquia radicular, sendo que as melhores respostas de brotação e enraizamento ocorreram em estacas radiculares basais e medianas com 3,0 e 5,0 cm de comprimento. Entretanto, a estaquia radicular é uma técnica pouco utilizada na propagação vegetativa de espécies florestais, pela dificuldade de remoção das

raízes do solo (KIELSE et al., 2013), porém é uma técnica que pode auxiliar no aumento da juvenilidade do material a ser propagado, o que representa um passo importante para o estabelecimento de genótipos superiores da espécie em sistema de minijardim clonal e avançar com a técnica de miniestaquia de brotações caulinares.

3.3.2 Miniestaquia

A miniestaquia, aperfeiçoamento da macroestaquia, consiste na utilização de brotações provenientes de plantas propagadas anteriormente pelo processo de estaquia convencional ou por sementes, denominadas minicepas (FERRARI et al., 2004), como fontes de propágulos vegetativos (miniestacas) para a produção comercial de mudas. Para fins de manejo, a técnica pode ser dividida em cinco fases, ou seja, produção de brotos (tratos culturais na minicepa como irrigação, fertilização, limpeza, controle de pragas e doenças), enraizamento, aclimação, crescimento e rustificação, enfatizando que o sucesso da produção de mudas via minijardim clonal depende da otimização interligada de todas estas fases do processo (ALFENAS et al., 2009).

A técnica apresenta uma grande vantagem em relação à propagação por sementes que é o ganho genético obtido em curto período de tempo (BANDEIRA et al., 2007; XAVIER et al., 2009). Além disso, a técnica oferece maiores chances de sucesso no enraizamento do que com material adulto (estaquia), por se tratar de material de maior juvenilidade (GRAÇA et al., 1988), promovendo melhor desempenho de enraizamento, qualidade do sistema radicular e velocidade de emissão das raízes. Além disso, permite a redução das atividades operacionais (SANTOS et al., 2005) como a redução da área necessária para a formação do minijardim clonal, redução dos custos com transporte e coleta das brotações e maior eficiência das atividades de manejo (XAVIER et al., 2009). Ainda, quando comparada com a técnica de micropropagação, essa envolve procedimentos mais simples e menos onerosos, pelo fato de não necessitar de estruturas especializadas de laboratório (XAVIER; WENDLING, 1998; FERRARI et al., 2004) e de pessoas altamente qualificadas. A técnica de micropropagação a partir de segmentos nodais de mudas de *C. trichotoma* cultivadas *in vitro* foi testada por FICK (2007), porém os

resultados de enraizamento observados não foram satisfatórios, demonstrando que esta etapa de multiplicação precisa ser otimizada, e pode ser alcançada através da técnica de miniestaquia de maneira mais simples e com um menor custo.

A miniestaquia é a técnica de propagação vegetativa mais utilizada em viveiros para a produção de mudas de *Eucalyptus* sp. (ALMEIDA et al., 2007), podendo também ser uma técnica viável para propagar espécies nativas de interesse comercial (DIAS et al., 2012b). Na miniestaquia, é feita a poda do ápice das plantas utilizadas, de forma a estimular a emissão de novas brotações, que das mudas para a produção de mudas. A parte basal da muda podada é denominada de minicepa, enquanto que suas brotações fornecem as miniestacas (ALFENAS et al., 2009; FERRARI et al., 2004). O conjunto de minicepas constitui o chamado minijardim clonal (ALFENAS et al., 2009). As espécies do gênero *Eucalyptus* alcançaram grandes melhorias pela utilização da miniestaquia, principalmente pelos ganhos em produtividade, uniformidade e aumento no percentual de enraizamento de miniestacas, devido ao controle ambiental, fitopatológico e nutricional do minijardim clonal (TITON et al., 2003).

Estudos demonstram a viabilidade da miniestaquia para espécies arbóreas nativas, como por exemplo, *C. fissilis* (XAVIER et al., 2003a, b), *E. falcata* (WENDLING et al., 2005), *I. paraguariensis* (BRONDANI et al., 2007), *S. glandulatum* (FERREIRA et al., 2010), *P. angustifolia* (FERRIANI et al., 2011), *A. macrocarpa* (DIAS et al., 2012a), *C. canjerana* (GIMENES et al., 2015) e *C. trichotoma* (KIELSE et al., 2015). Entretanto, a viabilidade do processo de produção de mudas por miniestaquia depende da taxa de multiplicação da espécie, ou seja, o número de miniestacas produzidas por minicepa pela capacidade de enraizamento (FREITAS et al., 2017). A taxa de multiplicação é variável em função da espécie, clone, sistema de manejo do minijardim clonal, condições ambientais e vigor fisiológico das minicepas (XAVIER et al., 2009). Cunha et al. (2008) obtiveram produção médias de 2,9 miniestacas por minicepa em cada coleta para *E. falcata*. Já para *I. paraguariensis* foi obtido produção média de miniestacas, por minicepa, de 4,4 a cada 39 dias (WENDLING et al., 2007a). Kielse et al. (2015) obteve valores intermediários aos mencionados anteriormente, com média de 3,8 miniestacas de gema única por minicepa de louro-pardo por coleta em intervalos de 30 dias. Todavia, o baixo percentual de enraizamento de miniestacas de louro-pardo, mesmo tratadas com altas concentrações de hormônios como observado por Kielse et al.

(2015) e Faganello et al., (2015), ou ainda quando rejuvenescidas (NASCIMENTO, 2010) reduz a viabilidade e eficiência da técnica para a produção de mudas da espécie. Kielse et al. (2015) observaram porcentagem média de 19,9% de enraizamento de miniestacas de gema única de louro-pardo. Já Faganello et al. (2015), utilizando estacas apicais semilenhosas de louro-pardo obtidas de mudas produzidas por sementes, com 12,0 cm de comprimento obtiveram 28,9% das estacas enraizadas com a aplicação de 8.000 mg L⁻¹ de AIB enquanto o tratamento sem o regulador a taxa de enraizamento foi de apenas 2,5%. O mesmo foi observado por Nascimento (2010) em que miniestacas obtidas de minicepas de origem seminal não responderam ao enraizamento sem a aplicação de AIB.

Assim como na estaquia, a produção de mudas de algumas espécies nativas por miniestaquia tem sido limitada por uma série de fatores, tais como o uso de reguladores de crescimento, tipo e tamanho de miniestaca utilizada, substratos de enraizamento, a época de coleta das miniestacas ou ainda o genótipo (WENDLING, 2003). Contudo, a capacidade de interferência no potencial de enraizamento de miniestacas varia conforme as características e exigências da espécie propagada, sendo de suma importância identificá-los a fim de melhorar o potencial produtivo.

3.4 FATORES QUE AFETAM O ENRAIZAMENTO ADVENTÍCIO

3.4.1 Concentrações de auxinas

Algumas espécies arbóreas possuem balanço hormonal endógeno que não possibilita, por si só, promover a indução e formação de raízes adventícias na propagação vegetativa (ONO et al., 1994). Dentre os reguladores do crescimento, as auxinas são as que têm apresentado os maiores efeitos na formação de raízes adventícias (HARTMANN et al., 2011; GOULART et al., 2008). A aplicação de auxinas é uma das formas mais comuns de favorecer o balanço hormonal e estimular ou acelerar o processo de formação de raízes (FACHINELLO et al., 1995), principalmente em espécies caracterizadas por possuírem difícil enraizamento adventício (FACHINELLO et al., 2005; DIAS et al., 2012b). O AIB (BRONDANI et al., 2008) e ANA (ácido naftaleno-acético) estão entre as auxinas mais utilizadas no enraizamento adventício de miniestacas de espécies arbóreas (OLIVEIRA et al., 2015). Devido a maior estabilidade química do AIB, este tem apresentado maior

eficiência na indução de raízes adventícias em estacas de espécies florestais (XAVIER et al., 2009).

A aplicação de auxinas pode promover efeitos positivos ou negativos aos processos de enraizamento em propágulos vegetativos (BRONDANI et al., 2010; DIAS et al., 2012b), e a resposta ao enraizamento de estacas e miniestacas a aplicação desses compostos é variável e dependente da concentração da substância utilizada, da origem do propágulo vegetal e do grau de maturação, ou ainda do tipo de miniestaca utilizada (XAVIER et al., 2009). Nas espécies em que não se encontram estabelecidas técnicas de propagação vegetativa em escala comercial, os estudos têm sido direcionados para a adequação desses métodos já utilizados na propagação de *Eucalyptus* (DIAS et al., 2012b).

Na propagação vegetativa por estaquia, normalmente são utilizadas concentrações altas de AIB na indução do enraizamento adventício, como observado na estaquia de *Eucalyptus*, onde o melhor enraizamento foi obtido com concentrações de 6.000 a 8.000 mg L⁻¹ (WILSON, 1994). Resultado similar foi observado em *S. glandulatum*, utilizando 6.000 mg L⁻¹ de AIB (CUNHA et al., 2004). Mesmo utilizando altas concentrações de AIB (8.000 mg L⁻¹), Herbele (2010) não obteve sucesso no enraizamento adventício de estacas obtidas de árvores adultas de *C. trichotoma*, observando 100% de mortalidade, enquanto que Faganello et al. (2015) observaram 28,9% de enraizamento de estacas semi-lenhosas com a aplicação de AIB.

Quanto é realizada a comparação da estaquia e da miniestaquia, verifica-se que o enraizamento das miniestacas é menos influenciado pelo aumento nas concentrações de AIB. A tendência com utilização da miniestaquia é o uso de concentrações cada vez mais baixas de AIB, ou até mesmo a suspensão da aplicação (TITON et al., 2003). Em alguns casos, a aplicação de AIB pode promover efeito negativo ao enraizamento (MANTOVANI et al., 2017), como observado por Nascimento (2010) que verificou porcentagem de enraizamento de 53% das miniestacas de gema única obtidas de minicepas de origem assexuada de louro-pardo sem a aplicação de AIB, enquanto que obteve 33% de enraizamento para miniestacas tratadas com AIB na concentração de 2.000 mg L⁻¹. Nessas condições, indica-se que o material vegetal apresenta um elevado potencial rizogênico natural, favorecido pelo aumento da juvenilidade do material propagado.

3.4.2 Tamanho e posição de coleta de miniestaca

O tamanho da miniestaca é um fator fortemente associado com a capacidade de indução radicular (BORGES et al., 2011) que juntamente com o número de folhas e gema apical pode afetar positiva ou negativamente o potencial de enraizamento adventício (FACHINELLO et al., 2005) atuando como regiões de sínteses de auxinas (TAIZ et al., 2017) ou aumentando a perda de água por evapotranspiração (ASSIS; TEIXEIRA, 1998).

Diferentes tamanhos de miniestacas têm sido reportados na literatura para a propagação de espécies florestais, variando quanto a tamanho, número de gemas e folhas e a manutenção ou não de gema apical. Kielse et al. (2015) e Pimentel et al. (2017) que utilizaram miniestacas de gema única com 2 a 3 cm de comprimento e folha reduzida pela metade da sua área em *C. trichotoma* e *I. paraguariensis*, respectivamente. Já Souza et al. (2009) e Oliveira et al. (2015) utilizaram miniestacas apicais com tamanho de 4 a 6 cm e 2 folhas em *T. ciliata* e miniestacas apicais com aproximadamente 5 cm de comprimento em *H. heptaphyllus*, respectivamente. Associado ao tamanho, verifica-se que a posição de coleta da miniestaca no ramo pode promover respostas diferenciadas no processo de enraizamento adventício (FACHINELLO et al., 2005), principalmente em se tratando de material com baixo grau de juvenildade ou o balanço hormonal endógeno dos propágulos utilizados é pouco eficiente para estimular a emissão das raízes. Benin et al. (2013) observaram que miniestacas obtidas da porção apical apresentaram percentual médio de enraizamento significativamente superior (56,24%) ao das miniestacas intermediárias (18,74%) e basais (14,58 %) aos 90 dias de cultivo.

Nos viveiros florestais, já é prática estabelecida à utilização de miniestacas apicais, pois tendem a formar raízes com maior facilidade (BENIN et al., 2013), que está diretamente relacionada a manutenção de gemas apicais e folhas novas nas miniestacas, que atuam na síntese e reserva de carboidratos que são direcionados tanto para a produção de fitorreguladores, elevando seus níveis endógenos, principalmente de auxinas, quanto para a produção de energia para o desenvolvimento da planta (TAIZ; ZEIGER, 2004; ROWE et al., 2002; BORGES et al., 2011). Entretanto, a escolha da miniestaca apropriada deve levar em consideração a facilidade de enraizamento da espécie, o padrão de muda desejada e a infraestrutura física, pessoal e orçamentária (DIAS et al., 2012b). Nesse sentido,

convencionou-se na miniestaquia de diferentes espécies do gênero *Eucalyptus* a utilização de miniestacas apicais medindo entre 4 e 8 cm, com dois pares de folhas reduzidas pela metade ou proporcionalmente ao tamanho da estaca (XAVIER et al., 2009). Diversos estudos têm sido direcionados para a adequação de tal tecnologia para as espécies florestais nativas. Dias et al. (2015) avaliando a influência da utilização de miniestacas intermediárias com 5 cm de comprimento e miniestacas apicais com 10 cm de comprimento no enraizamento de *A. macrocarpa*, observaram os melhores percentuais de enraizamento em miniestacas apicais, tanto na condição de casa de vegetação como na de casa de sombra e a pleno sol. Resultado semelhante foi observado por Borges et al. (2011) utilizando miniestacas apicais e intermediárias de *E. globulus*. Estudos de Carneiro (2013) e Faganello et al. (2015) predispõem a eficiência da utilização de miniestacas apicais associada ao pequeno tamanho do propágulo no potencial de enraizamento de miniestacas de louro-pardo.

3.4.3 Substrato de enraizamento

O substrato sobre o qual a miniestaca será cultivada pode afetar diretamente o potencial de enraizamento de algumas espécies arbóreas propagadas por estaquia e miniestaquia (HIGASHI et al., 2000; AZEVEDO et al., 2015). Além da função de sustentação, o substrato deve permitir um bom suprimento de oxigênio para a base da estaca e para o desenvolvimento radicular (HARTMANN et al., 2011), além da boa capacidade de retenção de água (KRATZ et al., 2012), bem como disponibilizar nutrientes para o crescimento do sistema radicular (XAVIER et al., 2009). Os substratos para a produção de mudas podem ser formados por um único material ou pela combinação de diferentes componentes (BEONE et al., 2013). Entretanto, é difícil encontrar substrato formado por um único material que prontamente possa ser utilizado na propagação por miniestaquia, com as características ideais e que atenda a todas as exigências da espécie (SANTOS et al., 2000; KRATZ et al., 2012). Normalmente devem ser misturados vários materiais com o objetivo de melhorar suas propriedades físicas (FACHINELLO et al., 2005).

A escolha do material a ser utilizado na composição do substrato deve considerar, dentre outros fatores, a sua disponibilidade contínua (KRATZ et al., 2013), a fácil obtenção, o custo de aquisição (SALVADOR et al., 2001; CORREIA et al., 2005; SCHMITZ et al., 2002) e as exigências da espécie a ser propagada quanto

às condições nutricionais, mas principalmente às propriedades físicas do substrato (WENDLING; GATTO, 2002). Diversas são as opções de tipos de substrato utilizados na produção de mudas (XAVIER et al., 2009). Os principais substratos prontos para produção de mudas encontrados no mercado são aqueles a base de casca de pinus e turfa (CALDEIRA et al., 2011). Ainda, tem-se a areia, a casca de arroz carbonizada, o composto orgânico, a terra de subsolo, as fibras de coco, a vermiculita e a mistura entre eles (XAVIER et al., 2009). Entretanto, são poucos os estudos que comparam tipos e composições de substratos para a produção de mudas via miniestaquia, principalmente de espécies nativas (DIAS et al., 2012b).

Wendling e Souza Junior (2003) observaram, no período de enraizamento de miniestacas provenientes de material juvenil de *I. paraguariensis*, porcentagem média de 75% de sobrevivência com a utilização de substrato formado pela mistura de casca de arroz carbonizada (35%), vermiculita de granulometria fina (35%) e substrato a base de casca de pinus (30%). Resultado similar foi observado por Wendling et al. (2007b) que obtiveram porcentagem média de sobrevivência de 85,8% em miniestacas da mesma espécie cultivadas em substrato composto de vermiculita média, casca de arroz carbonizada e casca de pinus (1:1:1 v/v). Brondani et al. (2007), avaliando diferentes composições de substratos no enraizamento de miniestacas oriundas de material juvenil de *I. paraguariensis*, observaram que o tipo de substrato adotado é de grande importância na produção de mudas de erva-mate por miniestaquia, sendo que o substrato a base de casca de arroz carbonizada e vermiculita (1:1 v/v) é aconselhado para ser usado no enraizamento de miniestacas da espécie. Pimentel et al. (2016) avaliando as diferentes composições de substratos (comercial a base de casca de pinus e vermiculita nas proporções 1:1, 2:1 e 1:2 e comercial a base de casca de pinus, vermiculita e areia na proporção de 1:1:1 v/v) no enraizamento de miniestacas de *H. heptaphyllus*, observaram que o substrato comercial a base de casca de pinus e vermiculita na proporção 1:2 promoveu maior percentual de enraizamento (72,5%) e sobrevivência (75%) das miniestacas. Já em miniestacas de *C. canjerana*, o substrato composto por substrato comercial a base de casca de pinus, areia grossa e casca de arroz carbonizada promoveram as melhores respostas ao enraizamento adventício (GIMENES et al., 2015). Miniestacas de *A. macrocarpa* cultivadas no substrato a base de vermiculita resultaram nas maiores médias de enraizamento adventício (66,7%) quando

comparada a utilização de composto orgânico (57,2%) como substrato de enraizamento (DIAS et al., 2015).

Neste contexto, tanto a vermiculita como a casca de arroz carbonizada constituem-se em importantes materiais para a propagação vegetativa por miniestaquia, que podem ser utilizados em combinação, como observado por Kratz et al. (2012) em híbrido de *E. benthamii* x *E. dunnii*, ou ainda adicionados ou não a outros componentes, como abordado nos trabalhos anteriormente mencionados. Fachinello et al. (2005) descrevem que a vermiculita está sendo cada vez mais utilizada como substrato para o enraizamento devido à boa retenção de umidade e à elevada microporosidade (KRATZ et al., 2013), características altamente desejáveis no processo de enraizamento adventício. A casca de arroz carbonizada também está sendo utilizada como um componente importante nas composições de substratos, pois apresenta baixa densidade e alta macroporosidade, proporcionando maior drenagem e melhor aeração ao sistema radicular da muda (COUTO et al., 2003).

3.4.4 Época de coleta

Outro fator de grande influência na miniestaquia de espécies lenhosas nativas do Brasil é a época de coleta das brotações, que pode afetar tanto a capacidade de produção de brotações como também o potencial de enraizamento adventício de miniestacas (DIAS et al., 2012b). Segundo Hartmann et al. (2011), algumas espécies, principalmente as de difícil enraizamento, somente apresentam indução de raízes quando as coletas ocorrem em períodos específicos. Entretanto, outras apresentam aptidão ao enraizamento adventício nas diferentes épocas do ano, mas os resultados são maximizados em algum período específico. Assim, conhecer as épocas mais favoráveis ao enraizamento nos diferentes períodos do ano, permite adotar estratégias de manejo visando otimizar a produção de brotações e de mudas naquele período (BRONDANI et al., 2010). Isso também é importante para desenvolver tecnologias dentro da estaquia e miniestaquia, como a miniestaquia seriada, utilização de maiores concentrações de AIB, afim de minimizar os efeitos da sazonalidade ou a utilização de genótipos previamente selecionados, já que o efeito pode variar em função do clone, como observado por Brondani et al. (2010) e Pimentel (2016).

Na miniestaquia de *P. taeda*, as épocas de verão e primavera foram as melhores para as coletas das brotações, uma vez que propiciaram maior porcentagem de enraizamento, mesmo sem a utilização de AIB (ALCANTARA et al., 2008). Comportamento semelhante foi observado por Neves et al. (2006) que verificaram maior porcentagem de enraizamento, comprimento das quatro maiores raízes e número de raízes em estacas de mudas de *E. falcata* coletadas no verão. A exposição anterior a um período de repouso vegetativo, ocasionado pela redução gradativa de temperatura, proporciona acúmulo de carboidratos favoráveis à formação de raízes nas épocas mais quentes do ano (ALCANTARA et al., 2008). Torres (2003) observou que as brotações mais aptas para o enraizamento adventício de miniestacas estão diretamente relacionadas ao aumento dos níveis de carboidratos em função da época do ano. Os carboidratos atuam como a principal fonte de carbono estrutural na rota metabólica de síntese de auxinas, essenciais no processo de enraizamento, além de atuarem como fonte de energia para o desenvolvimento vegetal (FACHINELLO et al., 2005). Além disso, épocas mais quentes estão associadas com maior atividade metabólica (ALCANTARA et al., 2007) e máximo vigor vegetativo (KIBBLER et al., 2004; OLIVEIRA, et al., 2016) culminando nas melhores porcentagens de enraizamento adventício. O máximo vigor vegetativo está relacionado com o intenso crescimento de gemas apicais e laterais, que são regiões que atuam diretamente na síntese de carboidratos que são direcionados para a síntese de reguladores do crescimento, principalmente auxinas (TAIZ et al., 2017).

Em contrapartida, Pires et al. (2015) observaram que as épocas quentes estimularam maior produção e o vigor das raízes das miniestacas de *A. angustifolia*, enquanto que os maiores percentuais de sobrevivência e enraizamento foram promovidos pelas épocas frias. Comportamento semelhante foi observado por Ferriani et al. (2011) os quais não observaram efeito significativo de época na porcentagem de miniestacas enraizadas. Contudo, numericamente, a primavera e o inverno promoveram os maiores percentuais de miniestacas enraizadas. Já, com relação às variáveis número e comprimento médio de raízes, os melhores resultados foram observados no inverno. Pimentel (2016) verificou as maiores respostas ao enraizamento adventício de miniestacas de *I. paraguariensis* aos 60 dias de cultivo no outono e inverno, assim como para híbridos de *E. benthamii* × *E. dunnii* (BRONDANI et al., 2010).

3.4.5 Genótipo

Na propagação vegetativa por estaquia e miniestaquia é possível observar genótipos recalcitrantes ao enraizamento mesmo entre genótipos de uma mesma espécie, podendo responder diferentemente a capacidade de enraizamento (WENDLING et al., 2000; FERREIRA et al., 2004; MANKESSI et al., 2009; AZEVEDO et al., 2015) bem como requerer diferentes condições de cultivo (MOKOTEDI et al., 2000).

Diferenças muito contrastante podem ocasionar redução da eficiência da técnica de miniestaquia ou inviabilizar o processo de produção de mudas. Em clones híbridos de *Eucalyptus* sp., por exemplo, os índices de enraizamento podem variar de 1% a 90%, sendo que a produção de mudas em escala comercial só é considerada viável economicamente quando estes índices atingirem porcentagens superiores a 80% (ELDRIDGE et al., 1994). Em *E. globulus* tem-se observado variação de enraizamento de 5 a 90 % (SASSE, 1995). Diferenças entre clones quanto ao potencial de propagação vegetativa também foi observado em híbridos de *E. urophylla* x *E. globulus* e *E. grandis* x *E. globulus* por Borges et al. (2009), em clones híbridos de *E. grandis* x *E. urophylla* e clones híbridos de *E. grandis* x *E. saligna* por Ferreira et al. (2004), e em clones de *I. paraguariensis* propagados por miniestaquia (PIMENTEL, 2016). Nesse contexto, as condições fisiológicas e idade ontogenética da planta doadora de propágulos, o balanço hormonal endógeno e o grau de juvenilidade dos propágulos apresentam relação direta com o potencial de enraizamento adventício (XAVIER et al., 2009).

A minimização do efeito genotípico no enraizamento adventício de miniestacas tem sido realizada através da adequação das técnicas de propagação vegetativa para cada espécie propagada, assim como pela utilização da miniestaquia seriada na promoção da juvenilidade dos propágulos (WENDLING; XAVIER, 2003) ou ainda pela seleção de genótipos com maior competência ao enraizamento adventício.

3.5 MELHORAMENTO PARA A PROPAGAÇÃO VEGETATIVA

O grande impulso do melhoramento de espécies florestais de interesse econômico, especialmente espécies do gênero *Eucalyptus*, foi a partir de 1950 no âmbito mundial e, no Brasil, a partir de 1967, com o intuito de melhorar a capacidade produtiva dos reflorestamentos (RESENDE, 1999). O melhoramento de espécies arbóreas nativas pode ser considerado como uma tecnologia relativamente nova, como melhoramento genético de *I. paraguariensis*, espécie de grande potencial para a propagação vegetativa, pela grande demanda por mudas uniformes e de qualidade para estabelecimento de plantios comerciais (RESENDE; BARBOSA, 2005), que deu início aos programas de melhoramento a partir de 1974 na Argentina e na década de 1990 no Brasil (RESENDE et al., 2000). Contudo, no processo de seleção, os aspectos mais importantes a serem considerados são os produtivos (volume de madeira), seguidos dos aspectos qualitativos (boa forma, desrama natural, galhos finos, baixo conteúdo de casca), silviculturais (bons índices de rebrota e capacidade de enraizamento), de resistência (doenças, pragas e condições adversas do meio) e tecnológicos (MOURA; GUIMARÃES, 2003). Geralmente, os caracteres apresentados são analisados e selecionados na fase adulta, fase em que o enraizamento adventício dos propágulos assim como a formação das mudas se constituem em um grande desafio para o viveirista, em razão da idade ontogenética avançada da planta matriz (FERREIRA et al., 2004).

A seleção precoce com base em caracteres relacionados à propagação vegetativa, como o potencial de enraizamento adventício, pode ser uma ferramenta eficiente na identificação de clones para a propagação vegetativa logo nos primeiros anos de produção. Em clones de *E. cloeziana*, observou-se que a herdabilidade média para os caracteres de enraizamento adventício entre os clones foi de 79,9% (OLIVEIRA et al., 2015), indicando que a competência ao enraizamento adventício apresenta um alto componente genético (BORGES et al., 2011). Isso contribuiria para reduzir o tempo do ciclo de seleção, fator determinante nos programas de melhoramento genético de espécies florestais (GONÇALVES et al., 1998) e aumentaria o ganho de seleção para o enraizamento (BELTRAME et al., 2012).

Na clonagem de espécies do gênero *Eucalyptus*, o critério mais utilizado para seleção de clones para o enraizamento de miniestacas é o índice de enraizamento (WENDLING; XAVIER, 2003). A carência de estudos relacionados à seleção de

genótipos com aptidão ao enraizamento adventício e potenciais para a propagação vegetativa pode estar associada ao descarte natural dos genótipos recalcitrantes para o enraizamento (OLIVEIRA et al., 2015).

Adotar o critério de seleção baseado apenas no percentual de enraizamento pode prejudicar à produção de mudas, pela possibilidade de eliminar genótipos com potencial produtivo e de alta qualidade para outros caracteres (WENDLING; XAVIER, 2003; OLIVEIRA, L., et al., 2015). Aliado ao percentual de enraizamento adventício, o número de miniestacas enraizadas pode ser um critério de seleção oportuno para determinadas espécies, pois a produtividade de miniestacas em um minijardim clonal somente é considerada adequada, quando se tem produção de miniestacas por minicepas e elevadas porcentagens de enraizamento, promovendo altas taxas de multiplicação (FREITAS et al., 2017).

4. CAPÍTULO I

ENRAIZAMENTO DE MINIESTACAS DE LOURO-PARDO (*Cordia trichotoma* (Vellozo) Arrabida ex Steudel)

Resumo – O objetivo do estudo foi avaliar o efeito da composição do substrato, da concentração de AIB, o tamanho das miniestacas e da época do ano no enraizamento adventício de miniestacas de louro-pardo. Dois experimentos foram conduzidos para estudar o efeito de quatro composições de substrato a) substrato comercial, areia grossa e vermiculita (1:1:1, v/v); b) substrato comercial puro; c) substrato comercial, casca de arroz carbonizada e areia grossa (1:1:1, v/v); d) substrato comercial e vermiculita (1:1, v/v) e cinco concentrações de AIB (0, 1.500, 3.000, 4.500 ou 6.000 mg L⁻¹) no enraizamento de miniestacas de gema única. Dois experimentos foram conduzidos para avaliar o efeito de diferentes tamanhos de miniestacas (menores do que 5 cm, de 5,1 a 10,0 cm, de 10,1 a 15,0 cm e maiores do que 15,1 cm) e das cinco concentrações de AIB no enraizamento de miniestacas apicais. Definidos o tamanho e a concentração de AIB, outro experimento foi conduzido para avaliar o efeito da época do ano no enraizamento de miniestacas apicais. A composição do substrato não afeta o enraizamento de miniestacas de louro-pardo. Miniestacas de gema única apresentam baixo potencial de enraizamento, mesmo quando tratadas com altas concentrações de AIB. Miniestacas apicais com até 10 cm de comprimento tratadas com 3.000 mg L⁻¹ de AIB apresentam competência ao enraizamento adventício. O enraizamento de miniestacas apicais é maximizado durante os meses de verão.

Palavras-chave: Propagação vegetativa. Tamanho de miniestaquia. Competência ao enraizamento. Substrato. Ácido indolbutírico.

ROOTING OF CORDIA (*Cordia trichotoma* (Vellozo) Arrabida ex Steudel) MINI-CUTTINGS

Abstract – The objective was to evaluate the effect of substrate composition, IBA concentration, size of minicuttings, and season in the adventitious rooting of cordia (*Cordia trichotoma*). Two experiments were carried out to study the effect of four substrate compositions (commercial substrate, coarse sand and vermiculite; commercial substrate; commercial substrate, carbonized rice hull and coarse sand; commercial substrate and vermiculite) and five concentrations (0, 1.500, 3.000, 4.500 ou 6.000 mg L⁻¹) of IBA in the rooting capability of single-bud mini-cuttings. Two experiments were carried out to evaluate the effect of different sizes (smaller than 5 cm, between 5.1 and 10.0 cm, between 10.1 and 15.0 cm, and bigger than 15.1 cm) and the same concentrations of IBA in the rooting capability of apical mini-cuttings. Once the size of apical mini-cuttings and IBA concentration were defined, another

experiment was carried out to evaluate the season effect on the adventitious rooting of apical mini-cuttings. The composition of the substrate does not affect rooting capability of cordia mini-cuttings. Even treated with high concentrations of IBA, single-bud mini-cuttings have low rooting capability. Apical mini-cuttings up to 10 cm treated with 3,000 mg L⁻¹ of IBA have high adventitious rooting capability. Summer is the best season to improve adventitious rooting capability of apical mini-cuttings.

Keywords: Asexual propagation. Mini-cutting size. Rooting capability. Substrate. Indole butyric acid.

4.1 INTRODUÇÃO

Com os avanços do setor florestal e o aumento na demanda por produtos florestais oriundos de plantações comerciais com espécies nativas, a silvicultura brasileira necessita da disponibilização de materiais de espécies alternativas de alta qualidade (WENDLING; PINTO JÚNIOR, 2011). O louro-pardo - *Cordia trichotoma* (Vellozo) Arrabida ex Steudel - é uma espécie, dentre as arbóreas nativa, com grande potencial e de alto valor comercial (FANTINI; SIMINSKI, 2011). Entretanto, esta espécie apresenta limitações para a produção de mudas via seminal, associada à baixa capacidade germinativa após o armazenamento, além de germinação lenta e irregular (FELLIPI et al., 2012) ocasionada principalmente pela dificuldade de identificação do período de maturação adequado para a coleta de sementes (VAZ et al., 2015). Para espécies como o louro-pardo, a propagação vegetativa surge como uma alternativa para a produção de mudas (FERRARI et al., 2004). Os estudos com produção de mudas de espécies nativas devem ser direcionados para definir estratégias de propagação vegetativa que maximizam a taxa de multiplicação, para possibilitar a sua aplicação em escala comercial (DIAS et al., 2012 b).

Dentre as técnicas de propagação vegetativa, a miniestaquia é promissora para a produção de mudas de espécies nativas, visto que é a mais empregada para a produção de mudas de espécies arbóreas com interesse econômico, principalmente na propagação de espécies do gênero *Eucalyptus* (ALMEIDA et al., 2007). A viabilidade técnica da miniestaquia para espécies arbóreas nativas está sendo estudada em diversas espécies como *C. fissilis* (XAVIER et al., 2003 a, b), *E. falcata* (WENDLING et al., 2005), *I. paraguariensis* (BRONDANI et al., 2007), *S. glandulatum* (FERREIRA et al., 2010), *P. angustifolia* (FERRIANI et al., 2011), *A.*

macrocarpa (DIAS et al., 2012 a) e *C. canjerana* (GIMENES et al., 2015). Nestes estudos fica evidente que tanto as espécies quanto os clones respondem diferentemente a propagação vegetativa por miniestaquia (MANKESSI et al., 2009). Nos estudos já realizados com louro-pardo foi verificada uma baixa competência ao enraizamento adventício de estacas (HERBELE, 2010) e miniestacas, mesmo quando tratadas com altas concentrações de auxina (KIELSE et al., 2015; FAGANELLO et al., 2015).

O potencial de enraizamento adventício depende de vários fatores, como o substrato de enraizamento, o balanço endógeno de reguladores de crescimento, o tamanho de miniestaca e a época de coleta das brotações, as quais variam conforme as características e exigências da espécie propagada (WENDLING, 2003). O substrato pode afetar diretamente o potencial de enraizamento de miniestacas (HIGASHI et al., 2000; AZEVEDO et al., 2015) como observado em *H. heptaphyllus* por Pimentel et al. (2016), em *I. paraguariensis* (TRONCO et al., 2015) e em *C. canjerana* (GIMENES et al., 2015). Dependendo das características físicas, estas podem interferir no suprimento de oxigênio e na disponibilidade de água, condições essenciais para o bom desenvolvimento das raízes (KRATZ et al., 2012). Entretanto, é difícil encontrar substrato pronto que atenda a todas as exigências da espécie (SANTOS et al., 2000; KRATZ et al., 2012). Normalmente são misturados vários materiais com o objetivo de melhorar as propriedades físicas do substrato (FACHINELLO et al., 2005).

Além disso, o balanço hormonal endógeno pode não ser adequado para a indução e formação de raízes adventícias de algumas espécies (ONO et al., 1994). Neste caso, a aplicação exógena de auxinas, como o AIB (BRONDANI et al., 2008) e ácido naftaleno-acético – ANA (OLIVEIRA, et al., 2015) é uma das formas mais comuns de estimular a indução de raízes, principalmente em espécies de difícil enraizamento adventício (FACHINELLO et al., 2005; DIAS et al., 2012 b). Entretanto, a resposta ao enraizamento é variável e dependente da auxina e concentração utilizada (XAVIER et al., 2009) e do balanço endógeno entre auxinas e citocininas.

O tamanho e o número de folhas mantidas na confecção da miniestaca pode afetar positiva ou negativamente o potencial de enraizamento adventício de miniestacas (FACHINELLO et al., 2005), pela direta relação existente entre a presença de folhas na miniestaca e a produção e disponibilização de hormônios ligados ao enraizamento. Segundo Taiz e Zeiger (2004) regiões apicais e folhas

novas atuam diretamente na síntese de auxinas. Neste sentido, a escolha adequada da miniestaca pode afetar o balanço endógeno de auxinas e reduzir a dependência do tratamento para o sucesso da propagação. Alguns estudos mostram uma gama de tamanhos, de número de gemas e folhas e variação da permanência ou não da gema apical na propagação de espécies arbóreas. Miniestacas de gema única com 2 a 3 cm de comprimento e com folha reduzida à metade da área foram utilizadas na propagação de louro-pardo (KIELSE et al., 2015) e erva-mate (*I. paraguariensis*) (PIMENTEL et al., 2017), respectivamente. Contudo, o louro-pardo não apresentou enraizamento favorável para a propagação vegetativa em grande escala. Miniestacas apicais com 4 a 8 cm de comprimento, com dois pares de folhas reduzidas para a metade são recomendadas para o *Eucalyptus* spp. (XAVIER et al., 2009) para a propagação de *T. ciliata* (SOUZA et al., 2009), *A. macrocarpa* (DIAS et al., 2015) e *H. heptaphyllus* (OLIVEIRA, et al., 2015) e pode ser alternativa a ser testada para a propagação de louro-pardo.

A época do ano em que as brotações são coletadas é outro fator decisivo para o sucesso da miniestaca. A sazonalidade pode afetar tanto a produção de miniestacas por minicepa, quanto o potencial de enraizamento (DIAS et al., 2012 b). As diferentes condições podem promover alterações fisiológicas nas minicepas afetando a produção e a utilização dos reguladores de crescimento na indução de raízes. Diferenças quanto a época de coleta das brotações e cultivo das miniestacas de espécies nativas foram observadas em *E. falcata* (NEVES et al., 2006), *A. angustifolia* (PIRES et al., 2015), *I. paraguariensis* (PIMENTEL, 2016) e *P. angustifolia* (FERRIANI et al., 2011). Não é de conhecimento nenhum estudo que avaliou o enraizamento de miniestacas de louro-pardo em diferentes épocas do ano.

Assim, este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da composição do substrato, da concentração de AIB, do tamanho das miniestacas e da época do ano de coleta das brotações no enraizamento de miniestacas de louro-pardo.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação climatizada do Núcleo de Melhoramento e Propagação Vegetativa de Plantas (MPVP), Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). As

miniéstacas foram coletas de minicepas de louro-pardo obtidas por estacas radiculares (KIELSE et al., 2013).

O minijardim clonal (Figura 2) foi estabelecido em bandejas de polietileno (55 x 34 x 15 cm), contendo uma camada de aproximadamente 4 cm de brita média, uma tela de polietileno (1 mm) e uma camada de aproximadamente 10 cm de areia grossa como substrato. Em cada bandeja foram cultivadas 12 minicepas, no espaçamento de 0,10 x 0,10 m, sendo que cada minicepa representa um clone. O minijardim clonal foi conduzido no sistema fechado de cultivo sem solo, com areia grossa como substrato, adaptado de Bisognin et al. (2015). As minicepas de louro-pardo foram fertirrigadas com solução nutritiva de macro e micronutrientes, conforme descrito em Kielse et al. (2015). A solução nutritiva foi fornecida uma vez ao dia, durante 15 minutos, com o auxílio de uma bomba submersa controlada por um temporizador.

Figura 2 – Minijardim clonal de louro-pardo obtidos por estaquia radicular estabelecido em bandeja de polietileno.

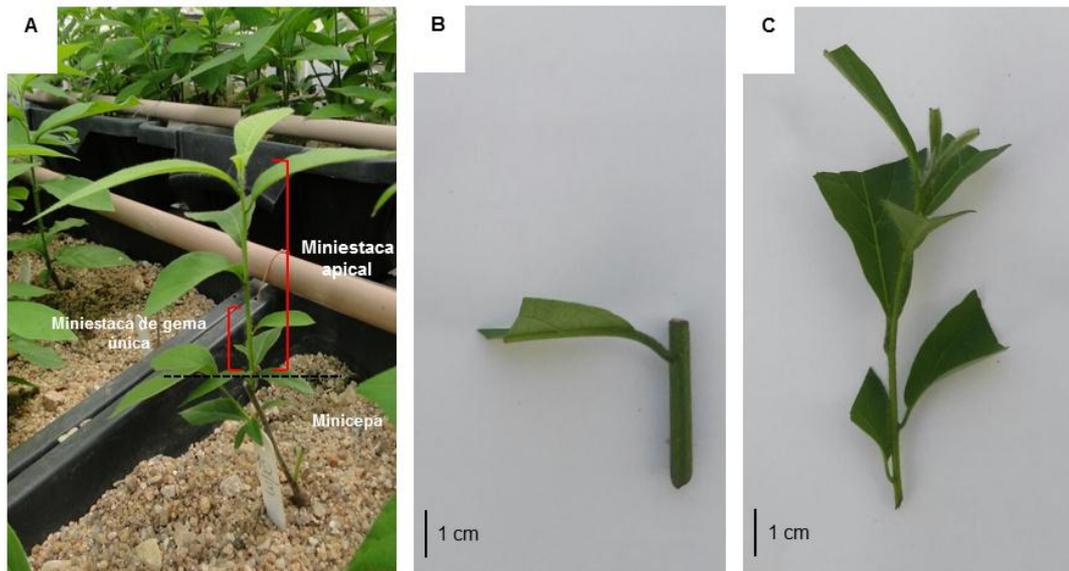


Fonte: AUTORA (2018)

Foram conduzidos experimentos com dois tipos de miniéstacas (Figura 3). Para a confecção das miniéstacas, brotações foram coletadas de minicepas de louro-pardo (Figura 3A) e seccionadas em gema única, com aproximadamente 3 cm de comprimento e uma folha reduzida pela metade (Figura 3B). Para a confecção

das miniestacas apicais, brotações foram coletadas de minicepas de louro-pardo e todas as folhas reduzidas pela metade do tamanho original (Figura 3C).

Figura 3 – Padrão de coleta de miniestacas de gema única e apical de acordo com o tamanho da brotação em minicepas de louro-pardo (A), padrão da miniestaca de gema única (B) e miniestaca apical (C).



Fonte: AUTORA (2018)

O primeiro experimento foi conduzido para avaliar diferentes concentrações de ácido indolbutírico (AIB) no enraizamento de miniestacas de gema única de louro-pardo. As miniestacas foram coletadas de brotações de até 30 dias, tiveram sua porção basal imersas em solução hidroalcoólica, nas concentrações 1.500, 3.000, 4.500 ou 6.000 mg L⁻¹ de AIB, por 10 segundos. O tratamento controle foi constituído apenas por água destilada e álcool na proporção de 1:1 (v/v). Para o preparo da solução de AIB, a auxina foi previamente dissolvida na sua concentração definida, em 50% de álcool etílico (98°GL) e diluída em 50% de água destilada. As miniestacas foram cultivadas em bandejas de polietileno de 100 alvéolos contendo uma mistura de substrato comercial a base de casca de pinus + casca de arroz carbonizada + areia grossa (1:1:1, v/v). O experimento foi conduzido com 10 repetições de 34 miniestacas.

O segundo experimento consistiu na avaliação de diferentes composições de substratos no enraizamento de miniestacas de gema única de louro-pardo. As

miniestacas, que foram coletadas de brotações de até 30 dias, tiveram a porção basal imersas em solução hidroalcoólica na concentração de 6.000 mg L^{-1} de AIB, por 10 segundos, conforme resultados preliminares do experimento anterior. As miniestacas foram cultivadas em bandejas de polietileno de 100 alvéolos, contendo diferentes composições de substratos: a) substrato comercial a base de casca de pinus + areia grossa + vermiculita (1:1:1, v/v); b) substrato comercial a base de casca de pinus puro; III) substrato comercial a base de casca de pinus + casca de arroz carbonizada + areia grossa (1:1:1, v/v) e IV) substrato comercial a base de casca de pinus + vermiculita (1:1, v/v). O experimento foi conduzido com 10 repetições de 32 miniestacas.

O terceiro experimento foi conduzido para avaliar o efeito de diferentes tamanhos de miniestacas apicais na propagação vegetativa de louro-pardo. Para este experimento, as brotações foram coletadas e as miniestacas classificadas pelo comprimento em menores do que 5 cm, de 5,1 a 10,0 cm, de 10,1 a 15,0 cm e maiores do que 15,1 cm contendo um número médio de 4, 6, 10 e 15 folhas por miniestaca, respectivamente. Para o enraizamento, as miniestacas tiveram a porção basal imersa em solução hidroalcoólica na concentração de 2.000 mg L^{-1} de AIB, por 10 segundos (NASCIMENTO, 2010) e cultivadas em tubetes de polietileno (100 cm^3), contendo a mistura de substrato comercial a base de casca de pinus e vermiculita (1:1, v/v). O experimento foi conduzido com 7 repetições de 5 miniestacas.

Com a definição do comprimento das miniestacas apicais (até 10 cm de comprimento), foi conduzido um experimento para avaliar o efeito de diferentes concentrações de AIB no enraizamento de miniestacas apicais de louro-pardo. As miniestacas tiveram sua porção basal imersa em solução hidroalcoólica nas concentrações 1.500 , 3.000 , 4.500 ou 6.000 mg L^{-1} de AIB, por 10 segundos. O tratamento controle foi constituído apenas por água destilada e álcool na proporção de 1:1 (v/v). As miniestacas foram cultivadas em tubetes de polietileno (100 cm^3) contendo a mistura de substrato comercial a base de casca de pinus e vermiculita (1:1, v/v). O experimento foi conduzido com 7 repetições de 5 miniestacas.

Com a definição do comprimento das miniestacas apicais (até 10 cm) e da concentração de AIB (3.000 mg L^{-1}) foi conduzido um experimento para avaliar a influência da época do ano no enraizamento de miniestacas de louro-pardo. Foram realizadas coletas de miniestacas apicais de até 10 cm de comprimento, produzidas

em 30 minicepas. As coletas foram realizadas em intervalos de 15 dias, durante um ano, abrangendo as quatro épocas do ano. As miniestacas tiveram sua porção basal imersa em solução hidroalcoólica, na concentração de 3.000 mg L^{-1} de AIB por 10 segundos e plantadas em tubetes de polietileno (100 cm^3), contendo a mistura de substrato comercial a base de casca de pinus e vermiculita (1:1 v/v). O experimento foi conduzido com número de repetições variável de 18 a 57, com 10 miniestacas por repetição.

As miniestacas foram mantidas em câmara úmida automatizada com nebulização por aspersão por 15 minutos, com intervalos preestabelecidos de 2 horas, das 8 às 18 horas, com temperatura média de $25 \text{ }^\circ\text{C}$. Foi realizada uma única avaliação nas miniestacas de gema única aos 30 dias de cultivo e para as miniestacas apicais foram realizadas duas avaliações, aos 30 e 60 dias de cultivo. Foram avaliadas a porcentagem de brotação, número e comprimento de brotos nas miniestacas de gema única, além da porcentagem de sobrevivência e enraizamento e o número e comprimento (cm) das raízes, que também foi avaliado para miniestacas apicais.

Os experimentos foram conduzidos em um delineamento inteiramente casualizado. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey ou por análise de regressão polinomial, ao nível de 5% de probabilidade de erro conforme o caso. Para atender os pressupostos da normalidade e homogeneidade, os dados de porcentagem foram transformados para arcosseno de $\sqrt{x/100}$ e de contagem e comprimento para $\sqrt{x + 0,5}$. O experimento de épocas do ano, com número variável de repetições, foi analisado com o auxílio do software R Studio 3.3.2. Todos os demais experimentos foram analisados com o auxílio do software SISVAR 5.6 (FERREIRA, 2008).

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com relação à utilização de AIB na propagação vegetativa de louro-pardo com miniestacas de gema única, observou-se influência significativa ($p < 0,05$) das diferentes concentrações de AIB para as porcentagens de sobrevivência, brotação, número e comprimento de brotos, aos 30 dias de cultivo de miniestacas (Figura 4). O efeito foi polinomial quadrático foi significativo ($p < 0,05$) para as concentrações de

AIB em todas as variáveis avaliadas. Para a porcentagem de sobrevivência não foi observado efeito inibitório do tratamento com altas concentrações de AIB. Não diferiram entre si as concentrações de 6.000 mg L⁻¹, 4.500 mg L⁻¹ e a ausência de AIB, correspondendo, respectivamente a 64,7%, 41,7% e 37,3% (Figura 4A). A porcentagem de sobrevivência observada na concentração de 6.000 mg L⁻¹ é muito próxima à observada no experimento anterior nas mesmas condições de cultivo, indicando confiabilidade destes resultados. Kielse et al. (2015) utilizando miniestacas de gema única de louro-pardo, obtiveram porcentagem de sobrevivência de miniestacas de 36,6% na ausência de ácido naftaleno-acético (ANA). Mantovani et al. (2017) observaram que a aplicação do AIB, bem como o aumento nas concentrações, provocou redução na porcentagem de sobrevivência de miniestacas apicais e basais de *P. dubium*.

Durante o período de avaliação, foi possível observar contínuo amarelecimento e subsequente queda das folhas, culminando na morte da miniestaca em todos os tratamentos. Este fato pode ser resultado do contato direto da folha com o substrato de enraizamento, devido ao pequeno comprimento da miniestaca (3 cm), promovendo o acúmulo de água da nebulização e, conseqüentemente aumentando a chance de apodrecimento e morte das miniestacas. Durante o período de enraizamento, a miniestaca é dependente das condições nutricionais endógenas, fornecidas pela planta matriz durante o crescimento da brotação (CUNHA et al., 2009) e da presença de folhas, que atuam diretamente na produção de carboidratos resultantes da fotossíntese (HARTMANN et al., 2011). Nessa condição, as miniestacas podem não apresentar condições nutricionais satisfatórias para manter alta porcentagem de sobrevivência e, havendo a possibilidade de queda das folhas, as miniestacas estão ainda mais suscetíveis ao aumento da mortalidade.

Observou-se redução acentuada na porcentagem de brotação em miniestacas de louro-pardo com o aumento da concentração de AIB (Figura 4B). O melhor resultado e significativamente superior pode ser observado na ausência de AIB (19,1%) enquanto que no tratamento com 4.500 mg L⁻¹ a porcentagem de brotação reduziu abruptamente para 2,1%. Para o número de brotos (Figura 4C), o melhor resultado foi observado sem a aplicação de AIB (0,40), reduzindo com o aumento nas concentrações. O número médio de brotos observado está próximo do resultado esperado, pois considera-se que, como foi mantida apenas uma gema

foliar por miniestaca o número máximo de broto que pode ser induzido por miniestaca é igual a 1,0. Pimentel et al. (2016) observaram número médio de brotos de 0,33, em miniestacas nodais com duas gemas de *H. heptaphyllus*. Para o comprimento de brotos (Figura 4D) verificou-se comportamento semelhante. O melhor resultado foi observado na ausência de AIB (0,37 cm), seguindo por uma redução no comprimento à medida que aumenta a concentração de AIB testada. Neste sentido, o tratamento com AIB pode ter promovido o desbalanço hormonal, inibindo o desenvolvimento de parte aérea, que foi mais pronunciado na emissão de brotações. Em termos gerais, as auxinas não apresentam relação direta com o desenvolvimento da parte aérea. Contudo, segundo Pasqual et al. (2001) altas concentrações de auxinas podem manifestar toxicidade no crescimento da parte aérea das plantas, possivelmente relacionado ao desbalanço hormonal endógeno produzido pela aplicação de hormônio (CÂMARA et al., 2016), que pode se manifestar posteriormente no desenvolvimento da planta. Possível efeito fitotóxico na produção de massa foliar durante o crescimento da muda foi observado por Silva et al. (2017) em estacas de *E. fruticosa* com o aumento na concentração de AIB. Em fases iniciais do enraizamento o equilíbrio entre citocininas (regulador importante na indução de brotações) e auxinas é importante para estimular as divisões celulares (BOTIN; CARVALHO, 2015) e esta alteração externa pode afetar positiva ou negativamente a expressividade, dependendo das variáveis analisadas.

Observou-se influência significativa ($p < 0,05$) das diferentes concentrações de AIB na porcentagem de enraizamento, número e comprimento de raízes (Figura 5), sendo este efeito contrário ao observado nas variáveis de crescimento vegetativo com aumento nas concentrações de AIB. Os caracteres relacionados ao enraizamento adventício tendem a aumentar à medida que aumenta a concentração de AIB. O melhor resultado (28,9%) para a porcentagem de enraizamento aos 30 dias de cultivo foi observado nas miniestacas tratadas com a maior concentração testada (6.000 mg L^{-1}). Já na ausência de AIB, a porcentagem de enraizamento verificada foi de apenas 2,6% (Figura 5A). Para o número de raízes por miniestacas (Figura 5B), o melhor resultado foi observado no tratamento com 6.000 mg L^{-1} de AIB, correspondendo a 0,69 raízes por miniestaca enraizada, assim como para comprimento de raízes (0,78 cm) não diferindo do tratamento com 4.500 mg L^{-1} de AIB (0,49 cm) (Figura 5C).

Faganello et al. (2015) observaram a maior porcentagem de enraizamento (28,9%) no tratamento utilizando 8.000 mg L⁻¹ de AIB e inferiores aos observados por Nascimento (2010) que, apesar de não observar diferença significativa entre os tratamentos de 0 e 2.000 mg L⁻¹ de AIB, obteve porcentagens de enraizamento de miniestacas de louro-pardo de 53 e 33%, respectivamente. Cabe salientar a inviabilidade de manutenção e avaliação do enraizamento de miniestacas de gema única de louro-pardo em período superior a 30 dias de cultivo no presente estudo, devido à baixa porcentagem de sobrevivência observada já aos 30 dias de cultivo, exceto com altas concentrações de AIB, e pelas constatações visuais de deficiências nutricionais e problemas fitossanitários nas miniestacas.

Vários fatores podem estar associados à baixa porcentagem de enraizamento observada, mesmo quando tratadas com altas concentrações de AIB, dentre os quais destacam-se o grau de maturação das miniestacas ou o tamanho inadequado das miniestacas (XAVIER et al., 2009). As miniestacas utilizadas foram confeccionadas de brotações de até 30 dias e, nesse sentido, é possível que as miniestacas produzidas possuam maior grau de maturação e lignificação, reduzindo a concentração de auxinas e constituindo-se em uma barreira para a indução de enraizamento adventício. Neste sentido, percebeu-se que as brotações para a confecção das miniestacas de gema única de louro-pardo necessitam de um período maior de desenvolvimento, pois inicialmente se encontram muito tenras e perecíveis. Nesta condição, miniestacas mais lignificadas possuem maior resistência às variações ambientais (XAVIER et al., 2003b), mas respondem negativamente ao processo de enraizamento adventício. Além disso, dentre os materiais genéticos utilizados, alguns podem apresentar baixa competência genética ao enraizamento, reduzindo a expressão do potencial de propagação por miniestaquia da espécie (DIAS et al., 2012 b).

Quanto ao número de raízes, Kielse et al. (2015) obtiveram uma média de 0,36 raízes para miniestacas de gema única na mesma espécie. O número de raízes emitidas afeta o desenvolvimento das mudas, pois reduz a capacidade de exploração e absorção de nutrientes no substrato, além de afetar a sobrevivência das miniestacas enraizadas após o transplante. Como relação ao comprimento de raízes, o resultado observado pode ser consequência do tipo de recipiente empregado para o cultivo e enraizamento das miniestacas (bandeja de alvéolo) que pode ter se tornado uma barreira ao desenvolvimento radicular. Nesse contexto, as

miniestacas de gema única não se constituem um propágulo eficiente para a propagação vegetativa de louro-pardo por miniestaquia. No entanto, a adequação da técnica em relação ao tamanho de miniestaca pode se mostrar mais eficiente suprimindo as exigências da espécie.

Não foi observada diferença significativa ($p>0,05$) entre as composições de substratos quanto à porcentagem de sobrevivência, enraizamento, número e comprimento de raízes em miniestacas de gema única de louro-pardo aos 30 dias de cultivo (Figura 6). A porcentagem de sobrevivência média observada foi de 68,8% (Figura 6A). Não foi observada indução de brotações nas miniestacas avaliadas. Quanto à porcentagem de enraizamento, a média obtida foi de 30,2% (Figura 6B). Já para o número (Figura 6C) e comprimento de raízes (Figura 6D), a média observada foi de 0,68 raízes e 0,90 cm, respectivamente. Tais resultados indicam que o louro-pardo é uma espécie pouco exigente em substrato para o enraizamento de miniestacas.

Em algumas espécies é possível observar maiores exigências em substratos para o enraizamento de miniestacas. Gimenes et al. (2015) observaram que na composição de substrato comercial, casca de arroz carbonizada e areia a sobrevivência foi de 100% em miniestacas de *C. canjerana* aos 60 dias de cultivo assim como Tronco et al. (2015) que observaram a menor porcentagem de mortalidade de microestacas de *I. paraguariensis* nas mesmas condições. A casca de arroz carbonizada tem sido um componente importante nas composições de substratos, pois apresenta baixa densidade e alta macroporosidade, proporcionando maior drenagem, evitando encharcamento e o acúmulo de água excedente da nebulização que causa o apodrecimento de miniestacas e o desenvolvimento de patógenos, além de melhorar aeração das raízes da muda (COUTO et al., 2003). Com relação à aeração, Gimenes et al. (2015) observaram na composição de substrato comercial, casca de arroz carbonizada e areia, nas mesmas condições do presente estudo, espaços nos poros ocupados por ar de 31,4%, aproximando-se da condição ótima descrita por Schimitz et al. (2002).

Figura 4 – Porcentagem de sobrevivência (A) e brotação (B), número de broto (C) e comprimento de broto (D) em miniestacas de gema única de louro-pardo tratadas com diferentes concentrações de ácido indolbutírico (AIB) aos 30 dias de cultivo. *Tratamentos seguidos pela mesma letra não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

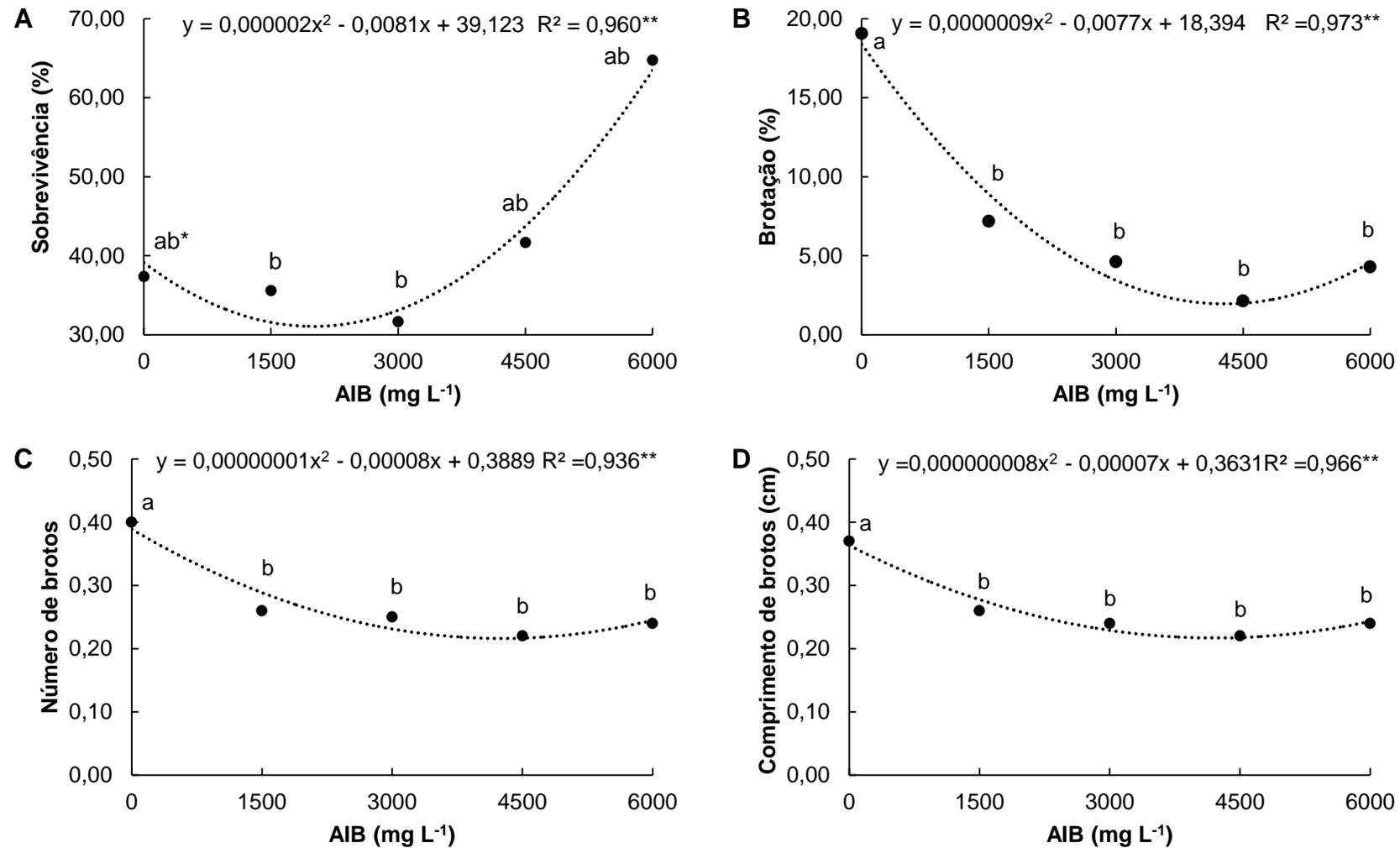
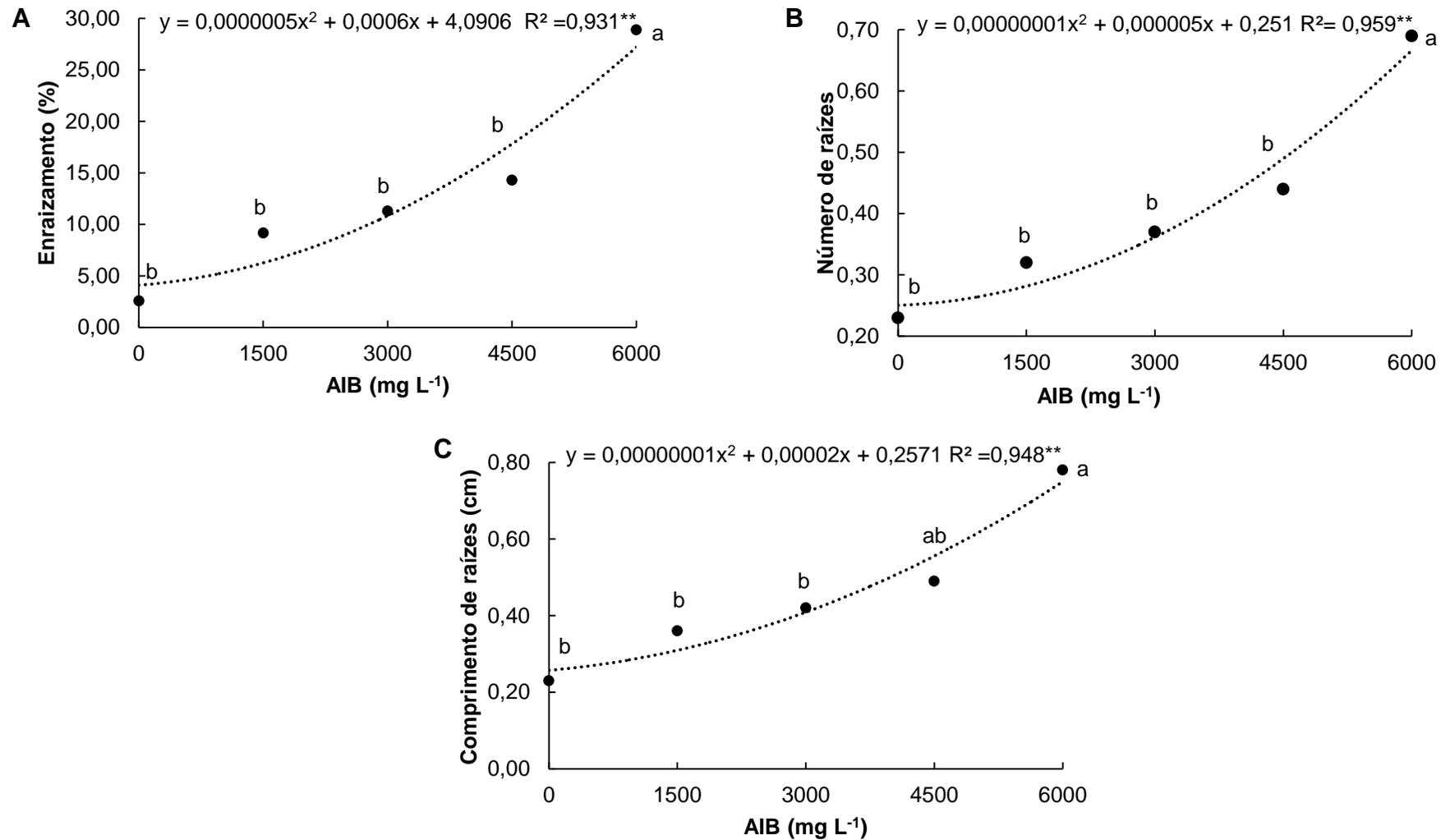


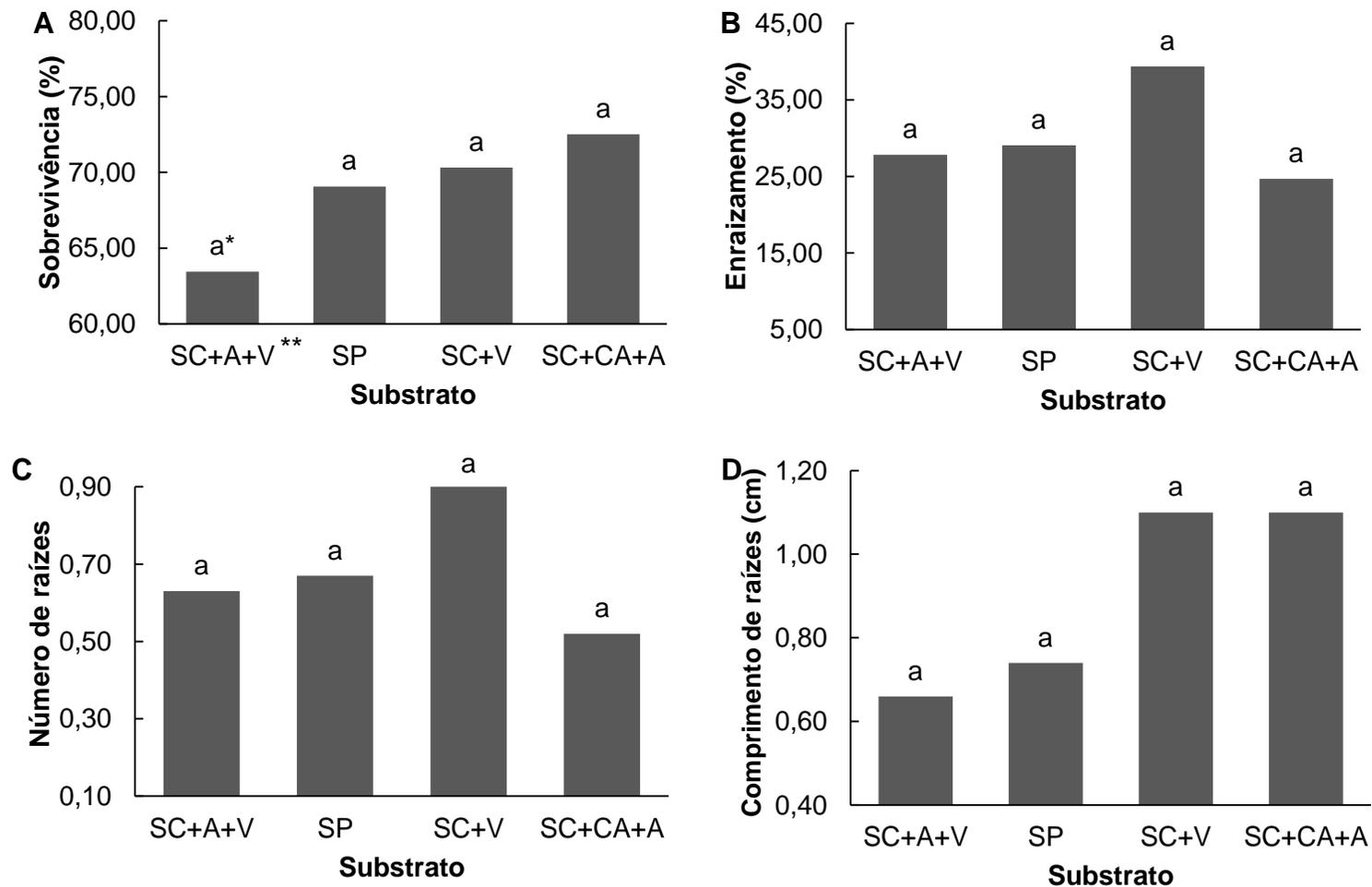
Figura 5 – Porcentagem de enraizamento (A), número de raízes (B) e comprimento de raízes (C) em miniestacas de gema única de louro-pardo tratadas com diferentes concentrações de ácido indolbutírico (AIB) aos 30 dias de cultivo. *Tratamentos seguidos pela mesma letra não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.



Já Pimentel et al. (2016) não observaram influência das diferentes composições de substratos na sobrevivência de miniestacas de *H. heptaphyllus*, onde observaram porcentagem média de 70% aos 30 dias de cultivo. Quando a porcentagem de enraizamento, Pimentel et al. (2016) obtiveram melhores resultados para o enraizamento de miniestacas de *H. heptaphyllus* quando cultivadas em de substrato comercial e vermiculita quando na proporção 1:2 v/v, com 72,50% de enraizamento. A eficiência de substratos compostos por vermiculita pode estar relacionada com características químicas intrínsecas do próprio constituinte, que apresenta alta capacidade de retenção e troca de cátions – CTC (RONQUIM, 2010). Essa característica permanece mesmo quando esta é adicionada na composição de base do substrato composto de casca de pinus semidecomposta, o que é uma das características mais importante do substrato, pois reflete a capacidade de reter nutrientes para as plantas, para a indução do desenvolvimento inicial de raízes adventícias, mas principalmente na fase de crescimento das mudas, após o enraizamento (KRATZ et al., 2012). Ainda, Fachinello et al. (2005) comentam que a vermiculita está sendo cada vez mais utilizada como substrato para o enraizamento devido à boa retenção de umidade e à elevada microporosidade (KRATZ et al., 2013), características altamente desejáveis no processo de enraizamento adventício.

Com base nos resultados, pode-se inferir que o substrato não se constituiu em um fator determinante do potencial de enraizamento adventício de miniestacas de gema única de louro-pardo, podendo-se utilizar qualquer um dos substratos testados. Entretanto, a escolha do material a ser utilizado na composição do substrato deve considerar, dentre outros fatores, a sua disponibilidade contínua (KRATZ et al., 2013), a fácil obtenção, o custo de aquisição (SALVADOR et al., 2001, CORREIA et al., 2005; SCHMITZ et al., 2002). Neste caso, apesar do baixo custo de aquisição de casca de arroz carbonizada e da areia grossa, esses não se encontram prontamente disponíveis no mercado. Ainda, a casca de arroz quando adquirida e carbonizada pelo próprio viveiro não apresenta um padrão definido de carbonização, o que pode interferir diretamente na indução e no desenvolvimento de raízes adventícias. Neste contexto, devido a praticidade de composição e a homogeneidade dos componentes, a composição de substrato comercial a base de casca de pinus e vermiculita (1:1, v/v) seria o mais indicado para a propagação vegetativa de louro-pardo por miniestaquia.

Figura 6 – Porcentagem de sobrevivência (A), porcentagem de enraizamento (B), número de raízes (C) e comprimento de raízes (D) em miniestacas de gema única de louro-pardo cultivadas em diferentes composições de substratos, aos 30 dias de cultivo. *Tratamentos seguidos pela mesma letra não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.



** SC+A+V: Substrato comercial + areia grossa + vermiculita; SP: Substrato comercial puro; SC+V: Substrato comercial + vermiculita; SC+CA+A: Substrato comercial + casca de arroz carbonizada + areia grossa.

Como base nos resultados dos experimentos anteriores com relação a porcentagem de enraizamento de miniestacas de gema única de louro-pardo, observa-se a necessidade de estudar diferentes tamanhos de miniestacas apicais a fim de maximizar o enraizamento. Com a utilização de miniestacas apicais de louro-pardo, observou-se que tanto aos 30 quanto aos 60 dias de cultivo, não foram obtidas diferenças significativas ($p > 0,05$) para a porcentagem de sobrevivência para os diferentes tamanhos de miniestacas. Aos 30 dias não foi observada mortalidade de miniestacas, com média de sobrevivência de 100 %. Aos 60 dias, observou-se 99,3% de sobrevivência das miniestacas (Figura 7A), indicando maior viabilidade de utilização de tamanhos diferentes de miniestacas em comparação com a miniestaca de gema única para a propagação vegetativa de louro-pardo. Tais resultados podem estar relacionados com o maior número de folhas mantidas na miniestaca. As folhas são importantes para a sobrevivência das miniestacas, pelo fato de estarem associadas à produção de carboidratos e outros compostos produzidos pela fotossíntese importantes no desenvolvimento das miniestacas (HARTMMAN et al., 2011), principalmente quando estas não desenvolveram raízes adventícias capazes de explorar os nutrientes disponíveis no substrato. Além disso, miniestacas maiores fazem com que as folhas se posicionem suficientemente separadas do substrato, evitando o acúmulo de água e o contato com o substrato, assim como o apodrecimento das mesmas durante o cultivo em câmara úmida. Neste sentido, o que se verifica é que a perda de algumas das folhas na miniestaca não afeta decisivamente no potencial de sobrevivência da mesma.

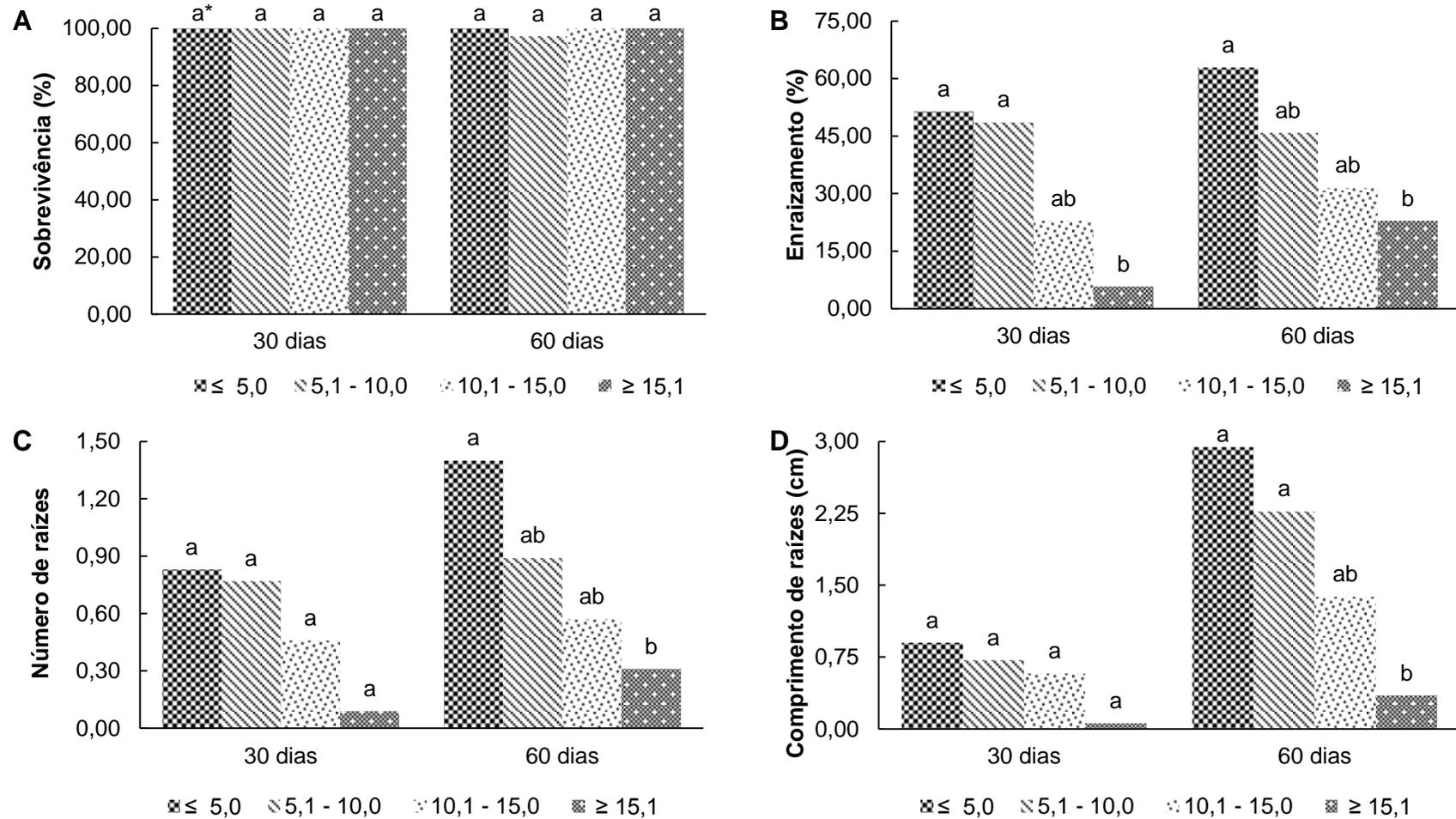
Para a porcentagem de enraizamento, foi verificada diferença significativa ($p < 0,05$) entre os comprimentos das miniestacas, tanto aos 30 quanto aos 60 dias de cultivo (Figura 7B). Aos 30 dias, os melhores resultados foram observados com miniestacas menores do que 5 cm (51,4%), 5,1 a 10,0 cm (48,6%) e 10,1 a 15,0 cm (22,9%). Já aos 60 dias, o melhor resultado foi observado em miniestacas de até 5 cm (62,9%). As miniestacas de 5,1 e 10,0 cm (45,8%) e de 10,1 e 15,0 cm (31,4%) não diferiram estatisticamente entre si. Já para as variáveis número e comprimento de raízes aos 30 dias de cultivo, não foi verificada diferença significativa entre os diferentes tamanhos de miniestacas, com média de 0,54 raízes por miniestaca e comprimento de raízes de 0,57 cm. Aos 60 dias de cultivo, para a variável número de raízes, os melhores resultados foram observados em miniestacas menores do que 5 cm (1,40), de 5,1 a 10,0 cm (0,89) e de 10,1 a 15,0 cm (0,57) (Figura 7C).

Para o comprimento de raízes, resultados superiores também foram observados nas miniestacas menores do que 5 cm (2,94 cm) de 5,1 a 10,0 cm (2,27 cm), e de 10,1 a 15,0 cm (1,38 cm) (Figura 7D).

As altas porcentagens de enraizamento observadas podem ter relação com a manutenção de gemas apicais e folhas novas nas miniestacas. Estas regiões atuam diretamente na síntese e reserva de carboidratos que são direcionados tanto para a síntese de fitorreguladores, elevando seus níveis endógenos, principalmente de auxinas, quanto para a produção de energia para o desenvolvimento da planta (TAIZ; ZEIGER, 2004; ROWE et al., 2002; BORGES et al., 2011). Ainda, há uma variação no conteúdo desses carboidratos ao longo da brotação (FACHINELLO et al., 2005). Carneiro (2013) avaliando diferentes tamanhos de miniestacas de louro-pardo (4,5 cm, 6,5 cm, 8,5 cm e 10,5 cm) com a utilização ou não de hormônio AIB, verificou melhor percentual de enraizamento (75%) em miniestacas de 4,5 cm tratadas com AIB, seguida pelas miniestacas de 6,5 cm. Ainda, dentro do grupo sem hormônio verificou a presença de raízes (8,3%) apenas nas miniestacas de 4,5 cm de comprimento. Oliveira et al. (2008) ao avaliarem o comprimento de estacas no enraizamento de *M. alternifolia*, verificaram melhor resultado de enraizamento (41,2%) com o menor comprimento de estacas (10 cm), quando comparadas com estacas de 15 e 20 cm. No presente estudo, as miniestacas apicais com até 10 cm de comprimento apresentaram a vantagem inicial do maior vigor radicular, observado pelo maior número e comprimento de raízes, o que poderá aumentar a chance de sobrevivência da miniestaca após o transplante e ainda permitir explorar maior volume de substrato no recipiente.

Associada à superioridade dos caracteres de enraizamento adventício obtidos na utilização de miniestacas apicais, estas ainda trazem uma vantagem tecnológica e operacional que é a redução do período entre uma coleta e a outra, permitindo continuamente a renovação do minijardim clonal e do estoque de mudas produzidas. Ainda, há o melhor aproveitamento de substratos de enraizamento, além da otimização dos espaços nas câmaras de enraizamento. Neste contexto, após a verificação de que miniestacas apicais apresentam alta porcentagem de enraizamento é possível adequar a concentração de auxina aos níveis requeridos pela espécie.

Figura 7 – Porcentagem de sobrevivência (A), porcentagem de enraizamento (B), número de raízes (C) e comprimento de raízes (D) em miniestacas apicais de louro-pardo menores do que 5,0 cm, 5,1 a 10,0 cm, 10,1 a 15,0 cm e maiores do que 15,1 cm, aos 30 e 60 dias de cultivo. *Tratamentos seguidos pela mesma letra não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro dentro do mesmo período de avaliação.



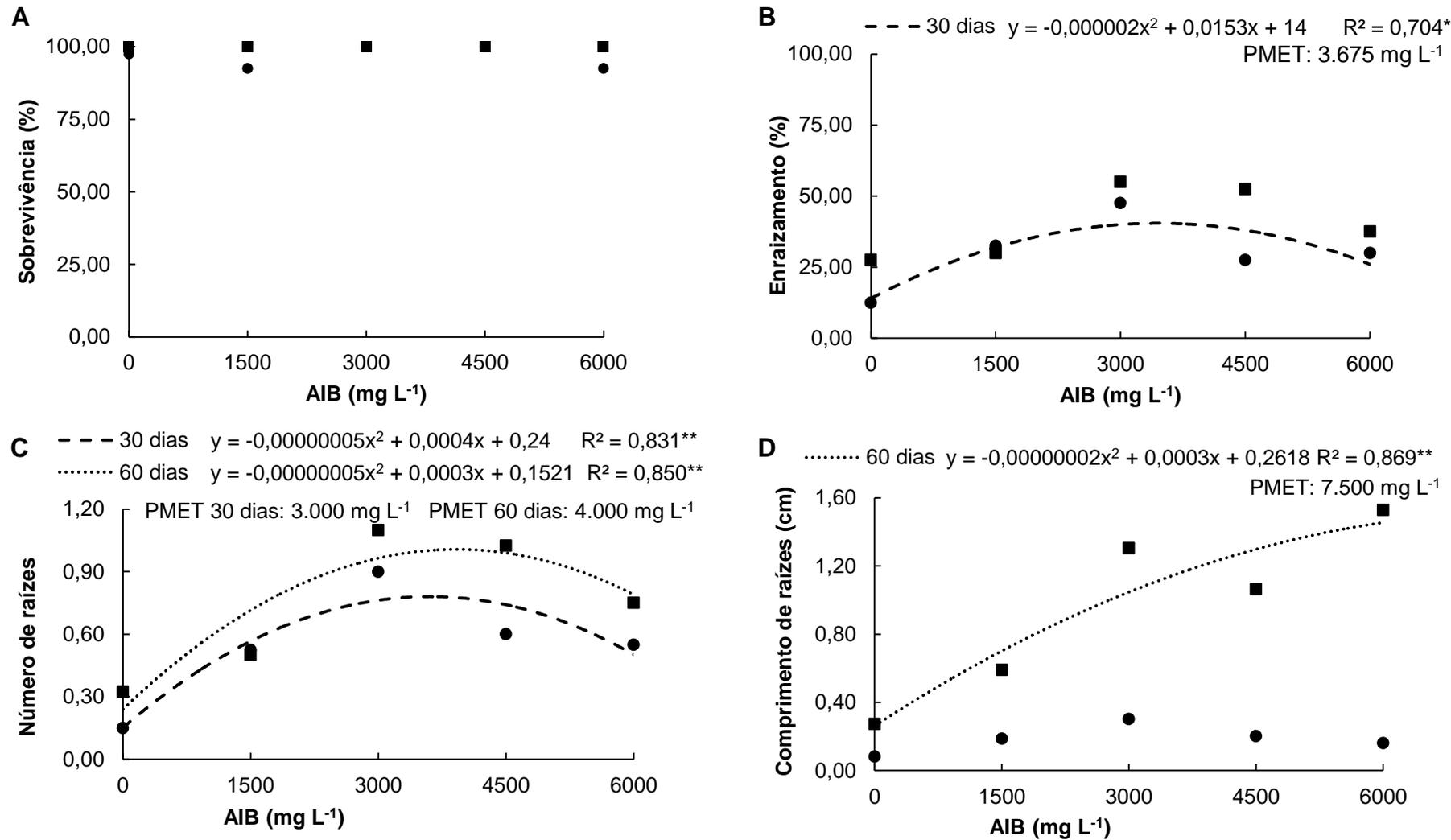
O tratamento com AIB não afetou a taxa de sobrevivência de miniestacas apicais com até 10 cm de comprimento de louro-pardo (Figura 8A), sendo observada alta porcentagem de sobrevivência (96,5%) até os 60 dias de cultivo. A aplicação de AIB afetou significativamente ($p < 0,05$) a porcentagem de enraizamento (Figura 8B). Aos 60 dias, o AIB influenciou o número e o comprimento de raízes de miniestacas apicais de louro-pardo. Para a porcentagem de enraizamento (Figura 8 B) aos 30 dias de cultivo, observou-se efeito polinomial quadrático ($p < 0,05$) para as diferentes concentrações de AIB. A concentração estimada em 3.675 mg L^{-1} de AIB promoveu o maior percentual de enraizamento (50,1%), mostrando que qualquer acréscimo na concentração de AIB promove o desbalanço hormonal nas miniestacas, inibindo a indução de raízes. Já aos 60 dias, a porcentagem de enraizamento média dos tratamentos foi de 40,5% e a concentração de 3.000 mg L^{-1} de AIB apresentou o melhor resultado (55,0%). Para o número de raízes (Figura 8C), tanto aos 30 como aos 60 dias de cultivo, observou-se efeito significativo do AIB e observado efeito polinomial quadrático ($p < 0,05$) para as diferentes concentrações de AIB. Aos 30 dias, o maior número de raízes (0,60) foi observado em 3.000 mg L^{-1} de AIB, enquanto que aos 60 dias de cultivo o maior valor (1,04) foi estimado em 4.000 mg L^{-1} . Já para o comprimento de raízes, não foi verificado efeito significativo das diferentes concentrações de AIB aos 30 dias, com média dos tratamentos de 0,19 cm. Já aos 60 dias, observa-se que as miniestacas de louro-pardo responderam positivamente à maior concentração testada de AIB (Figura 8D). O ajuste evidenciou efeito polinomial quadrático, com o máximo comprimento de raízes (1,39 cm) ajustado para 7.500 mg L^{-1} de AIB.

Com relação à sobrevivência, Faganello et al. (2015) observaram que o aumento das concentrações de AIB reduziu a sobrevivência de miniestacas apicais de louro-pardo, de aproximadamente 40% para valores muito próximos de zero. Utilizando diferentes concentrações de ANA, Faganello et al. (2015) e Kielse et al. (2015) não observaram efeito significativo das diferentes concentrações na porcentagem de sobrevivência de estacas e miniestacas de louro-pardo, obtendo médias de 4,2% e 28,3%, respectivamente. Já em relação ao percentual de enraizamento, Oliveira et al. (2015) observaram comportamento semelhante em *H. heptaphyllus*, verificando que a concentração de AIB que promoveu maior percentual de enraizamento das miniestacas foi de 4.444 mg L^{-1} , estimada pelo ponto de máxima eficiência técnica. Faganello et al. (2015) observaram comportamento linear

para a porcentagem de enraizamento com o aumento nas concentrações de AIB, sendo que a concentração de 8.000 mg L⁻¹ de AIB promoveu a maior porcentagem de enraizamento (28,9%) enquanto que sem a utilização de AIB a porcentagem de enraizamento foi de 2,5% em louro-pardo. A origem das miniestacas utilizadas (seminal) pode justificar o reduzido percentual de enraizamento adventício observado pelo autor quando comparado ao observado no presente estudo (assexuada), que é corroborado por Kielse et al. (2015), os quais observaram potenciais de enraizamento distintos entre miniestacas de origem seminal e assexuada, em que a utilização de miniestacas de origem assexuada apresentam um acréscimo 36,7% no percentual de enraizamento em miniestacas de louro-pardo.

Concentrações superiores de 3.000 mg L⁻¹ de AIB são, na maioria das vezes, utilizadas no resgate de indivíduos adultos por estaquia ou na propagação vegetativa de materiais genéticos pouco rejuvenescidos, como observado em *T. catigua* (VALMORBIDA et al., 2008), *S. glandulatum* (CUNHA et al., 2004) e *L. divaricata* (Pacheco; Franco, 2008). Neste estudo, os clones não foram selecionados para o enraizamento e, portanto, alguns destes clones devem ser recalcitrantes ao enraizamento, o que afeta negativamente a porcentagem média de enraizamento. Assim, estes resultados indicam a necessidade de utilização de AIB para o enraizamento de miniestacas apicais de louro-pardo. Apesar de ser uma concentração alta para miniestacas, os resultados de enraizamento indicam a necessidade de 3.000 mg L⁻¹, como sendo a concentração satisfatória para a indução e o crescimento das raízes adventícias.

Figura 8 – Porcentagem de sobrevivência (A), porcentagem de enraizamento (B), número de raízes (C) e comprimento de raízes (D) em miniestacas apicais de louro-pardo tratadas com diferentes concentrações de AIB e cultivadas por 30 e 60 dias. ** Significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro.



PMET: Ponto de máxima eficiência técnica.

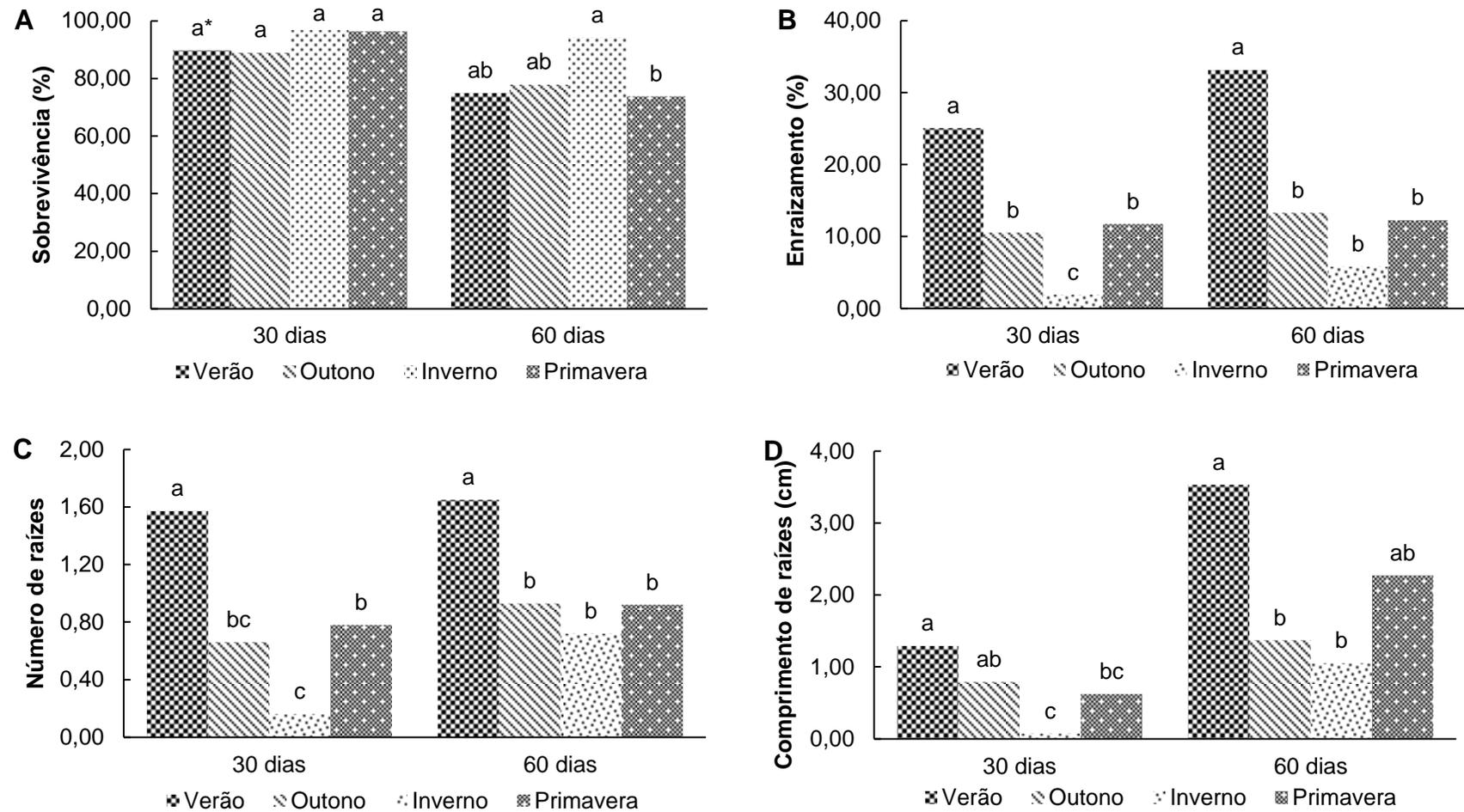
As épocas do ano não afetaram a sobrevivência das miniestacas apicais até os 30 dias de cultivo, com média de 92,9%. Aos 60 dias de cultivo, a maior sobrevivência foi observada no inverno (94,2%), seguido pelo outono (77,8%) e verão (74,9%). Este comportamento está de acordo com os resultados obtidos com miniestacas de híbridos de *E. benthamii* x *E. dunnii* (BRONDANI et al., 2010). As diferentes épocas do ano afetaram significativamente ($p < 0,05$) o enraizamento de miniestacas apicais de louro-pardo com até 10 cm de comprimento aos 60 dias de cultivo (Figura 9). Para o enraizamento, o verão resultou nas maiores porcentagens, tanto aos 30 quanto aos 60 dias de cultivo (Figura 9B). Para o número de raízes aos 30 e os 60 dias, os melhores resultados foram observados no verão, 1,57 e 1,65 raízes por miniestaca (Figura 9 C), assim como o comprimento de raízes 1,29 e 3,53 cm (Figura 9D), respectivamente. Este resultado sugere que miniestacas apicais quando coletadas no verão podem produzir mudas com maior crescimento, devido a maior capacidade de exploração dos nutrientes no substrato (REIS et al., 2000; FERRIANI et al., 2011).

A época do ano tem sido um fator importante para o enraizamento de estacas e miniestacas de várias espécies. Estacas de *G. ulmifolia* e *C. silvestris* somente enraizaram no verão (SANTOS et al., 2011). Já em *P. taeda*, *P. angustifolia* e clones de *E. benthamii* x *E. dunnii*, mais de uma época pode favorecer o enraizamento. Aquelas tanto o verão como a primavera (ALCANTARA et al., 2008), essas no inverno e primavera (FERRIANI et al., 2011), e estas no inverno e outono (BRONDANI et al., 2010). Essas variações possivelmente podem estar associadas à capacidade da planta/miniestaca em sintetizar, armazenar e utilizar os produtos da fotossíntese para a promoção do enraizamento adventício.

Observou-se que à medida que as coletas se aproximam do inverno há uma redução gradativa dos caracteres relacionados ao enraizamento, elevando-se novamente no início da primavera. Algumas espécies florestais passam por um período de repouso vegetativo, que consiste na redução da atividade morfofisiológica da planta durante as épocas mais frias (outono e inverno). Durante o outono, as plantas, principalmente caducifólias, como o louro-pardo e semi-caducifólias, diminuem a área foliar associada com o processo de armazenamento de carboidratos nos tecidos vegetativos de reserva (FERRIANI et al., 2011) e reduzem gradativamente a atividade metabólica até a chegada do inverno, quando o metabolismo é destinado para as atividades vitais da planta. Isso pode acarretar na

redução significativa do potencial de enraizamento de miniestacas, como observado por Ferreira et al. (2001), no enraizamento de estacas semilenhosas de *S. glandulatum*. Com o aumento da temperatura durante a primavera e verão, a planta retoma o crescimento vegetativo, principalmente de gemas apicais, e consecutivamente a síntese de carboidratos e hormônios, até alcançar o máximo vigor vegetativo (KIBBLER et al., 2004; OLIVEIRA, et al., 2016), culminando no máximo enraizamento adventício de miniestacas apicais como observado para o louro-pardo, quando comparado ao material coletado nas demais épocas. Hartmann et al. (2011) salientam que estacas coletadas na primavera e no verão tendem a ter maior facilidade de indução do enraizamento adventício em função do alto crescimento vegetativo nessa época.

Figura 9 – Porcentagem de sobrevivência (A), porcentagem de enraizamento (B), número de raízes (C) e comprimento de raízes (D) de miniestacas apicais de louro-pardo produzidas nas quatro épocas do ano (verão, outono, inverno e primavera) aos 30 e 60 dias de cultivo. *Tratamentos seguidos pela mesma letra dentro do mesmo período de avaliação não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.



4.4 CONCLUSÕES

O louro-pardo é pouco exigente na composição de substrato para o enraizamento de miniestacas. O tamanho de miniestaca afeta o potencial de propagação vegetativa por miniestaquia. Miniestacas apicais com até 10 cm de comprimento são mais responsivas ao enraizamento adventício em relação às miniestacas de gema única. A maximização da produção de mudas por miniestaquia, através do potencial de enraizamento adventício, pode ser obtida com coletas de brotações distribuídas durante o verão e com a aplicação de 3.000 mg L^{-1} de AIB.

4.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALCANTARA, G. B. et al. Efeitos do ácido indolbutírico (AIB) e da coleta de brotações em diferentes estações do ano no enraizamento de miniestacas de *Pinus taeda* L. **Scientia Forestalis**, v. 36, n. 78, p. 151-156, 2008.
- ALMEIDA, F. D. et al. Eficiência das auxinas (AIB e ANA) no enraizamento de miniestacas de clones de *Eucalyptus cloeziana* F. Muell. **Revista Árvore**, v. 31, n. 3, p. 455-463, 2007.
- AZEVEDO, G. T. O. S. et al. Enraizamento de miniestacas de eucalipto com diferentes doses de polímero hidroretentor incorporado ao substrato. **Scientia Forestalis**, v. 43, n. 108, p.773-780, 2015.
- BISOGNIN, D. A. et al. Rooting Potential of Mini-Cuttings for the Production of Potato Plantlets. **American Journal of Plant Sciences**. v. 6, n. 2, p. 366-371, 2015.
- BORGES, S. R. et al. Enraizamento de miniestacas de clones híbridos de *Eucalyptus globulus*. **Revista Árvore**, v.35, n.3, p.425-434, 2011.
- BOTIN, A. A.; CARVALHO, A. Reguladores de crescimento na produção de mudas florestais. **Revista de Ciências Agroambientais**, v.13, n.1, p.83-96, 2015.
- BRONDANI, G. E. et al. Ambientes de enraizamento e substratos na miniestaquia da erva-mate. **Scientia Agraria**, v. 8, n. 3, p. 257 - 267 2007.
- BRONDANI, G. E. et al. Ácido indolbutírico em gel para o enraizamento de miniestacas de *Eucalyptus benthamii* Maiden e Cambage x *Eucalyptus dunnii* Maiden. **Scientia Agraria**, v.9, n.2, p.153-158, 2008.
- BRONDANI, G. E. et al. Miniestaquia de *Eucalyptus benthamii* x *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.
- CÂMARA, F. M. M. Sobrevivência, enraizamento e biomassa de miniestacas de aceroleira utilizando extrato de tiririca. **Comunicata Scientiae**, v.7, n.1, p.133-138, 2016.
- CARNEIRO, M. A. **Crescimento inicial e propagação vegetativa de *Cordia trichotoma* (Vellozo) Arrabida ex Steudel (louro-pardo)**. 2013. 65f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS, 2013.
- CUNHA, A. C. M. C. M. da; WENDLING, I.; SOUZA JÚNIOR, L. Influência da concentração do regulador de crescimento para enraizamento AIB na formação de

mudas de *Sapium glandulatum* (Vell.) Pax por estaquia. **Boletim de Pesquisa Florestal**, n. 49, p. 17-29, 2004.

CUNHA, A. C. M. C. M. et al. Relação do estado nutricional de minicepas com o enraizamento de miniestacas de eucalipto. **Revista Brasileira Ciência Solo**, v. 33, n. 3, p. 591-599, 2009.

COUTO, M.; WAGNER, A. J.R.; QUEZADA, A.C. Efeito de diferentes substratos durante a aclimatização de plantas micropropagadas do porta-enxerto mirabolano 29C (*Prunus cerasifera* EHRH.) em casa de vegetação. **Revista Brasileira de Agrociência**, p. 125-128, 2003.

CORREIA, D. et al. Efeito de substratos na formação de porta-enxertos de *Psidium guajava* L. CV. Ogawa em tubetes. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 27, n. 1, p. 88-91, 2005.

DAVIS, A.S.; JACOBS, D.F. Quantifying root system quality of nursery seedlings and relationship to outplanting performance. **New Forests**, Dordrecht, v.30, p.295 – 311, 2005.

DIAS, P. C. et al. Propagação vegetativa de progênies de meios-irmãos de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth) Brenan) por miniestaquia. **Revista Árvore**, v. 36, n. 3, p. 389-399, 2012a.

DIAS, P. C. et al. Estaquia e miniestaquia de espécies florestais lenhosas do Brasil. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 32, n. 72, p. 453-462, 2012b.

DIAS, P. C. et al. Tipo de miniestaca e de substrato na propagação vegetativa de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan). **Ciência Florestal**, v. 25, n. 4, 909-919, 2015.

FACHINELLO, J. C.; HOFFMANN, A.; NACHTIGAL, J. C. (Eds). **Propagação de plantas frutíferas**. Brasília: Embrapa Informações Tecnológicas. 2005. 221 p.

FAGANELLO, L. R. et al. Efeito dos ácidos indolbutírico e naftalenoacético no enraizamento de estacas semilenhosas de *Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. ex Steud. **Ciência Florestal**, v. 25, n. 4, p. 863-871, 2015.

FANTINI, A. C.; SIMINSKI, A. Espécies Madeireiras Nativas da Região Sul do Brasil. In: CORADIN, L.; SIMINSKI, A.; REIS, A. **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro – Região Sul**. Brasília: MMA, 2011. 934p.

FELIPPI, M. et al. Fenologia, morfologia e análise de sementes de *Cordia trichotoma* (Vell.) Arráb. ex Steud. **Ciência Florestal**, v. 22, n. 3, p. 631-641, 2012.

FERRARI, M. P.; GROSSI, F.; WENDLING, I. Propagação vegetativa de espécies florestais. **Série Documentos nº 94**. Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2004.

FERREIRA, B. G. A. et al. Enraizamento de *Sapium glandulatum* (Vell.) Pax. pela aplicação de ácido indolbutírico e ácido bórico. **Leandra**, v. 16, p. 11-16, 2001.

FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Científica Symposium**, v.6, n. 2, p. 36-41, 2008.

FERREIRA, B. G. A. et al. Miniestquia 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. et al. Produção de brotações e enraizamento de miniestacas de *Piptocarpha angustifolia*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 31, n. 67, p. 257-264, 2011.

GIMENES, E. S. et al. Propagation of *Cabralea canjerana* by mini-cutting. **Journal of Horticulture and Forestry**, v. 7, n. 1, p. 8-15, 2015.

HARTMANN, H. T. et al. **Plant propagation: principles and practices**. New Jersey: Prentice Hall, 2011. 915 p.

HERBELE, M. **Propagação *in vitro* e *ex vitro* de louro-pardo (*Cordia trichotoma* (Vell.) Arrabida ex Steudel)**. 2010. 76 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2010.

HIGASHI, E. N.; SILVEIRA, R. L. V. A.; GONÇALVES, A. N. Propagação vegetativa de *Eucalyptus*: princípios básicos e sua evolução no Brasil, **Circular Técnica IPEF, nº 192**, São Paulo: Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, 2000, 11p.

KRATZ, D. et al. Miniestquia de *Eucalyptus benthamii* x *E. dunnii* em substratos a base de casca de arroz carbonizada. **Scientia Forestalis**, v. 40, n. 96, p. 547-556, 2012.

KRATZ, D. et al. Propriedades físicas e químicas de substratos renováveis. **Revista Árvore**, v. 37, n. 6, p. 1103-1113, 2013.

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**, v.102, n.3, p.343-358, 2004.

KIELSE, P. et al. Propagação vegetativa de *Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. ex Steudel por estquia radicular. **Revista Árvore**, v. 37, n. 1, p. 59-66, 2013.

KIELSE, P. et al. Produção e enraizamento de miniestacas de louro-pardo - *Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. ex Steud coletadas de minicepas de origem assexuada e seminal. **Ciência Rural**, v. 45, n. 7, p. 1164-1166, 2015.

MANKESSI, F. et al. In vitro rooting of genetically related *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus grandis* clones in relation to the time spent in culture. **Trees**, v. 23, n. 5, p. 931-940, 2009.

MANTOVANI, N. et al. Cultivo de canafístula (*Peltophorum dubium*) em minijardim clonal e propagação por miniestacas. **Ciência Florestal**, v. 27, n. 1, p. 225-236, 2017.

NASCIMENTO, P. K. V. **Propagação vegetativa de louro-pardo (*Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. Ex Steud.) por estaquia radicular e miniestaquia**. 2010. 119f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2010.

NEVES, T. S. et al. Enraizamento de corticeira-da-serra em função do tipo de estaca e variações sazonais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.12, p.1699-1705, 2006.

OLIVEIRA, Y. et al. Comprimento das estacas no enraizamento de melaleuca. **Scientia Agraria**. v. 9, n. 3, 415-418, 2008.

OLIVEIRA, T. P. F. et al. Efeito do Ácido Indol-3-Butírico (AIB) no enraizamento de miniestacas de ipê-roxo (*Handroanthus heptaphyllus* MATTOS). **Ciência Florestal**, v. 25, n. 4, p. 1043-1051, 2015.

OLIVEIRA, T. P. F. et al. Aplicação de AIB e tipo de miniestacas na produção de mudas de *Handroanthus heptaphyllus* Mattos. **Ciência Florestal**, v. 26, n. 1, p. 313-320, 2016.

ONO, E. O.; RODRIGUES, J. D.; PINHO, S. Z. Ação de auxinas e/ou boro no processo de formação de raízes em estacas de café (*Coffea arabica* L. CV. "Mundo Novo"). **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, v. 37, n. 1, p. 57-66, 1994.

PACHECO, J. P.; FRANCO, E. T. H. Ácido indolbutírico em diferentes diâmetros na estaquia de *Luehea divaricata*. **Ciência Rural**, v. 38, n. 6, p. 1624-1629, 2008.

PASQUAL, M. et al. **Fruticultura comercial: propagação de plantas frutíferas**. Lavras: UFLA. 2001.137p.

PIMENTEL, N. **Miniestaquia e qualidade de mudas de erva-mate**. 2016. 122 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2016.

PIMENTEL, N. et al. Shoot segment and substrate composition in rooting of juvenile ipe-roxo mini-cuttings. **Ciência Rural**, v. 46, n. 6, p. 996-1002, 2016.

PIMENTEL, N. et al. Morphophysiological quality of yerba mate plantlets produced by mini-cuttings. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 38, p. 3515-3528, 2017.

PIRES, P. et al. Sazonalidade e soluções nutritivas na miniestaquia de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze. **Revista Árvore**, v. 39, n. 2, p. 283-293, 2015.

SANTOS, C. B. et al. Efeito do volume de tubetes e tipos de substratos na qualidade de mudas de *Cryptomeria japonica* (L. F.) D. don. **Ciência Florestal**, v. 2, n. 10, p. 1-15, 2000.

SANTOS, J. P. et al. Enraizamento de estacas lenhosas de espécies florestais. **Cerne**, Lavras, v. 17, n. 3, p. 293-301, 2011.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2004. p.449-484.

TORRES, A. G. M. **Relação entre sazonalidade, desrama e carboidrato no crescimento do eucalipto na propagação vegetativa por miniestaquia**. 2003, 65 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, São Paulo, SP, 2003.

TRONCO, K. M. Q. et al. Enraizamento *ex vitro* e aclimatização de microestacas de *Ilex paraguariensis* A. St Hill. **Cerne**, v. 21, p. 371-378, 2015.

REIS, J. M. R. et al. Efeito do estiolamento e do ácido indolbutírico no enraizamento de estacas de porta-enxerto *Pyrus calleryana* Dcne. **Ciência Agrotécnica**, 24, n. 4, p. 931-938, 2000.

RONQUIM, C. C. Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento nº 8** – Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2010.

ROWE, D. B. et al. Nitrogen nutritional of hedged stock plants of loblolly pine. II. Influence of carbohydrate and nitrogen status on adventitious rooting of stem cuttings. **New Forests**, v.24, n.1, p.53-65, 2002.

SALVADOR, E. D.; PASQUAL, M.; SPERA, M. R. N. Efeito de diferentes substratos no crescimento de samambaia-matogrossense (*Polypodium aureum* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 25, n. 4, p. 1006-1111, 2001.

SANTOS, J. P. et al. Enraizamento de estacas lenhosas de espécies florestais. **Cerne**, v. 17, n. 3, p. 293-301, 2011.

SILVA, A. C.; OLIVEIRA, L. M.; SILVA, A. A. Substrate composition and indolebutyric acid on the propagation of *Eplingiella fruticosa* from cuttings. **Ciência Rural**, v. 47, n. 12, 2017.

SOUZA, J. C. A. V. de. et al. Propagação vegetativa de cedro-australiano (*Toona ciliata* M. Roemer) por miniestaquia. **Revista Árvore**, v. 33, n. 2, p. 205-213, 2009.

SCHMITZ, J. A. K.; SOUZA, P. V. D. de; KAMPF, A. N. Propriedades químicas e físicas de substratos de origem mineral e orgânica para o cultivo de mudas em recipientes. **Ciência Rural**, v. 32, n. 6, p. 937-944, 2002.

VALMORBIDA, J. et al. Enraizamento de estacas de *Trichilia catigua* A. Juss (catigua) em diferentes estações do ano. **Revista Árvore**, v. 32, n. 3, p. 435-442, 2008.

VAZ, T. A. A. The implications of the morphophysiology of *Cordia trichotoma* seeds to their collection and propagation. **Seed Science & Technology**, v. 43, p. 390-398, 2015.

WENDLING, I.; GATTO, A. **Substratos, adubação e irrigação na produção de mudas**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2002, 146 p.

WENDLING, I. Propagação vegetativa de erva-mate (*Ilex paraguariensis*): estado da arte e tendências futuras. **Documentos 91**. Colombo: Embrapa Florestas, 2003. 46 p.

WENDLING, I.; XAVIER, A. Miniestaquia seriada no rejuvenescimento de clones de *Eucalyptus*. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 38, n. 4, p. 475-480, 2003.

WENDLING, I. et al. Produção de mudas de corticeira-do-mato (*Erythrina falcata* Benth) por miniestaquia a partir de propágulos juvenis. **Comunicado Técnico nº 130**. Embrapa Florestas, 2005.

WENDLING, I.; PINTO JÚNIOR, J. E. A ampliação dos cultivos clonais e da demanda por mudas de espécies florestais. In: I Simpósio de Melhoramento e Propagação Vegetativa de Plantas, 2011. Santa Maria. **Anais...** UFSM: Santa Maria, p. 9-17, 2011.

XAVIER, A. et al. Propagação vegetativa de cedro-rosa por miniestaquia. **Revista Árvore**, v. 27, n. 2, p. 139-143, 2003a.

XAVIER, A.; SANTOS, G. A. dos; OLIVEIRA, M. L. de. Enraizamento de miniestaca caulinar e foliar na propagação vegetativa de cedro-rosa (*Cedrela fissilis* Vell.). **Revista Árvore**, v. 27, n. 3, p. 351-356, 2003b.

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

5. CAPÍTULO II

ESTRATÉGIAS DE SELEÇÃO PARA O ENRAIZAMENTO DE MINIESTACAS DE LOURO-PARDO

Resumo – O objetivo deste trabalho foi definir estratégias de seleção precoce para identificar clones de louro-pardo com competência ao enraizamento adventício de miniestacas. Foram coletadas miniestacas apicais de 30 clones em uma minicepa e de 19 clones em quatro minicepas de cada um. Foram quantificados o número de miniestacas por minicepa, a porcentagem de enraizamento e o número de miniestacas enraizadas por minicepa. Os clones foram separados em três grupos e as médias comparadas pelo teste de Tukey. Os grupos de clones diferiram para a porcentagem de enraizamento e para o número de miniestacas enraizadas, indicando a possibilidade de seleção para a competência ao enraizamento adventício. Foram utilizadas duas estratégias, que resultaram na seleção de quatro e nove dos 30 clones avaliados em uma minicepa, e de três e sete dos 19 clones avaliados em quatro minicepas. Os ganhos de seleção foram altos (entre 67,2 a 142,3%) para porcentagem de enraizamento e número de miniestacas enraizadas, considerando as duas estratégias e a avaliação de uma ou quatro minicepas por clone. O número de miniestacas enraizadas e a porcentagem de enraizamento são critérios eficientes para seleção de clones. A seleção precoce é uma estratégia oportuna de melhoramento para o enraizamento adventício podendo ser realizada a partir de uma minicepa por clone.

Palavras-chave: Melhoramento florestal. Clonagem. Enraizamento adventício. Agrupamento. Ganho de seleção.

SELECTION STRATEGIES FOR ROOTING OF CORDIA MINI-CUTTINGS

Abstract – The aim of this work was to define early selection strategies to identify cordia (*Cordia trichotoma*) clones with adventitious rooting competence of mini-cuttings. Apical mini-cuttings were collected in one mini-stump of 30 clones and four mini-stump of 19 clones. The number of mini-cuttings per mini-stump, the rooting percentage and the number of rooted mini-cuttings per mini-stump were recorded. The clones were separated into three groups and the means compared by Tukey's test. The groups of clones differed for rooting percentage and number of rooted mini-cuttings, indicating the possibility of selection for the competence of adventitious rooting. Two strategies were used for selecting clones. We selected four and nine-out of 30 clones based upon one mini-stump, and three and seven-out of 19 clones based upon four mini-stumps. The gain from selection was high (between 67.2 and 142.3%) for rooting percentage and number of rooted minicuts, considering both strategies and the evaluation of one or four mini-stumps per clone. The number of

rooted mini-cuttings and rooting percentage are efficient criteria for selecting clones. Early selection is a timely improvement strategy for adventitious rooting applied in mini-stump per clone.

Keywords: Forestry improvement. Cloning. Rooting adventitious. Clustering. Selection gain.

5.1 INTRODUÇÃO

Cordia trichotoma (Vellozo) Arrabida ex Steudel, conhecida popularmente por louro-pardo, é uma espécie arbórea nativa do Brasil, que apresenta grande potencial para plantios com fins econômicos. A espécie apresenta uma série de aspectos favoráveis, principalmente relacionados à madeira, que é de excelente qualidade, alta durabilidade e de fácil trabalhabilidade, podendo ser empregada na fabricação de móveis de luxo, em revestimentos decorativos e na construção civil (CARVALHO, 2006).

A expansão dos plantios comerciais de louro-pardo tem sido limitada pela propagação por sementes. A germinação é consideravelmente alta quando a semeadura é realizada logo após a coleta (MENDONÇA et al., 2001). No entanto, quando as sementes são armazenadas apresentam curta longevidade, pois perdem rapidamente a viabilidade durante a secagem (CARVALHO, 2006; FELLIPI et al., 2012). Além disso, a germinação é considerada lenta e irregular (CARVALHO, 2006).

Uma alternativa para contornar este entrave é a propagação vegetativa. Diversos estudos foram desenvolvidos no que tange a capacidade de multiplicação da espécie por propagação vegetativa. Um estudo mostrou a eficiência da técnica de micropropagação de genótipos de louro-pardo para a produção de mudas (MANTOVANI, et al., 2001). Contudo a micropropagação é indicada principalmente quando outras técnicas de propagação vegetativa não apresentam resultados satisfatórios para a multiplicação de uma espécie (DUTRA et al., 2009). Nesse sentido, grande potencial de utilização foi observada com o uso da estaquia (KIELSE et al., 2013; FAGANELLO et al., 2015) e da miniestaquia (KIELSE et al., 2015) para a produção de mudas de louro-pardo.

Na silvicultura clonal de *Eucalyptus* spp., a miniestaquia é a técnica mais utilizada, e constitui-se na mais promissora para a produção de mudas de espécies arbóreas nativas (DIAS et al., 2012). Contudo, as espécies ou mesmo plantas de uma mesma espécie respondem diferentemente à propagação vegetativa (MANKESSI et al., 2009), tanto para a produção de miniestacas quanto para a competência ao enraizamento adventício, afetando a viabilidade de produção de mudas. Em híbridos de *Eucalyptus* spp. a viabilidade da propagação vegetativa por miniestaquia é obtida para enraizamento superior a 80% (WENDLING; XAVIER, 2003).

A redução da variabilidade genética pela seleção precoce de genótipos com altas taxas de multiplicação por propagação vegetativa pode ser uma alternativa que contribua para a otimização e o sucesso na produção de mudas florestais por miniestaquia (ALFENAS et al., 2009). Assim, a seleção precoce baseada em caracteres relacionados à propagação vegetativa, como o potencial de enraizamento adventício, contornaria o problema da escolha de genótipos superiores que são recalcitrantes à propagação vegetativa, visto que a competência ao enraizamento adventício tem um alto componente genético (OLIVEIRA et al., 2015). Isso contribui para reduzir o tempo do ciclo de seleção, fator determinante nos programas de melhoramento genético de espécies florestais, e aumentar os ganhos de seleção (BELTRAME et al., 2012). Ainda, pode otimizar o uso das instalações e minimizar os custos de manejo, como irrigação, fertilização, limpeza, controle de pragas e doenças (XAVIER et al., 2009), além do cultivo e manejo desnecessários de minicepas e miniestacas não responsivas a propagação vegetativa.

Poucos estudos foram realizados para definir os critérios de avaliação da competência ao enraizamento e das estratégias de seleção precoce de genótipos para a propagação por miniestaquia. Na clonagem de espécies do gênero *Eucalyptus*, o critério mais utilizado para seleção precoce de clones é a porcentagem de enraizamento (WENDLING; XAVIER, 2003). A seleção com base apenas no percentual de enraizamento adventício pode eliminar genótipos superiores para outros caracteres importantes, como produção e qualidade das mudas (WENDLING; XAVIER, 2003; OLIVEIRA et al., 2015). Assim, a alta produtividade de miniestacas em um minijardim clonal somente é considerada adequada se for acompanhada de alta porcentagem de enraizamento, resultando em altos índices de multiplicação (FREITAS et al., 2017). Portanto, a competência

ao enraizamento adventício deve ser avaliada como base na produtividade de miniestacas enraizadas, por ser o critério mais oportuno de seleção para viabilizar a propagação vegetativa por miniestaquia.

O objetivo deste trabalho foi definir estratégias de seleção precoce para identificar clones de louro-pardo com competência ao enraizamento adventício de miniestacas.

5.2 MATERIAL E MÉTODOS

Para os experimentos foram utilizados dois minijardins clonais previamente estabelecidos em casa de vegetação climatizada. Um minijardim clonal foi estabelecido com uma minicepa por clone, oriunda de estaquia radicular de mudas seminais de 30 clones e o outro estabelecido com quatro minicepas por clone oriundas de miniestacas de parte aérea que foram produzidas por 19 destes mesmos clones. Os minijardins clonais foram estabelecidos em bandejas de polietileno (55 x 34 x 15 cm) contendo uma camada de aproximadamente 4 cm de brita média, uma tela de polietileno (1 mm) e uma camada de aproximadamente 10 cm de areia grossa como substrato. Em cada bandeja foram cultivadas 12 minicepas, no espaçamento de 0,10 x 0,10 m. Os minijardins clonais foram conduzidos no sistema fechado de cultivo sem solo, adaptado de Bisognin et al. (2015). As minicepas de louro-pardo foram fertirrigadas com solução nutritiva de macro e micronutrientes, conforme descrito em Kielse et al. (2015). A solução nutritiva foi fornecida uma vez ao dia, durante 15 minutos, controlada por um temporizador automático.

No minijardim com uma minicepa por clone foram realizadas dez coletas e naquele com quatro minicepas por clone foram realizadas cinco coletas. As coletas foram realizadas durante os anos de 2016 e 2017, conforme a disponibilidade de brotações nas minicepas. Foram utilizadas miniestacas apicais com até 10 cm de comprimento e as folhas reduzidas à metade do tamanho original. A porção basal das miniestacas foi imersa em solução de 3.000 mg L⁻¹ de ácido indolbutírico (AIB), por 10 segundos. As miniestacas foram cultivadas em tubetes de polietileno com capacidade de 100 cm³, preenchidos com substrato comercial a base de casca de pinus e vermiculita, na proporção de 1:1 (v:v) e mantidas em câmara de nebulização automatizada, com temperatura média de 25 °C. Foram avaliados o número de

miniestacas produzidas e de miniestacas enraizadas por minicepa e a porcentagem de enraizamento. O número de miniestacas enraizadas por minicepa foi considerado como a taxa de multiplicação do respectivo clone.

Para identificar os melhores clones de louro-pardo para a propagação por miniestaquia foram estabelecidos, a priori, três grupos pelo método de agrupamento não hierárquico das k-médias (MINGOTI, 2005). O agrupamento de clones foi realizado para cada uma das coletas com base no número de miniestacas enraizadas por minicepa. Para validar o agrupamento, foi realizada a análise de variância, utilizando o delineamento inteiramente casualizado, com número variável de repetições, que corresponde ao número de clones em cada um dos grupos. As médias de grupo foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro.

O ganho genético de seleção (GS) para os três caracteres avaliados foi calculado pela diferença entre a média dos clones selecionados (MCS) e a média dos clones avaliados (MCO), ou seja, $GS = MCS - MCO$. Também foi calculado o GS percentual, pela equação $GS\% = (GS/MCO) \times 100$. As análises foram realizadas com o auxílio do Software R Studio 3.3.2 e do programa Office Excel®.

5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de agrupamento não hierárquico pelo método das k-médias separou os clones de louro-pardo em três grupos com base no número de miniestacas enraizadas por minicepa. Pela análise de variância foi verificada diferença significativa ($P < 0,05$) entre os grupos para a porcentagem de enraizamento e o número de miniestacas enraizadas por minicepa em todas as épocas de coleta, tanto para a avaliação em uma quanto em quatro minicepas por clone de louro-pardo (Tabela 1). Não foi observada diferença significativa entre grupos de clones para o número de miniestacas produzidas por minicepa, exceto para a primeira coleta. Estes resultados mostram que a análise de agrupamento foi eficiente para separar os clones de louro-pardo com base no número de miniestacas enraizadas por minicepa e evidenciam a existência de diferenças quanto à competência ao enraizamento adventício, condições necessárias para realizar a seleção de clones.

Tabela 1 – Análise de variância do agrupamento para os caracteres número de miniestacas produzidas por minicepa, porcentagem de enraizamento e número de miniestacas enraizadas por minicepa de clones de louro-pardo avaliados em uma ou quatro minicepas.

FV / Caracteres	GL	Quadrado Médio		
		Miniestacas/minicepa	Enraizamento (%)	Miniestacas enraizadas
		Avaliação 17/02/2016 - Uma minicepa		
Grupo	2	31,4386 [*]	7987,9 [*]	64,249 [*]
Resíduo	26	3,3005	994,8	0,575
		Avaliação 22/03/2016 - Uma minicepa		
Grupo	2	3,9229 ^{ns}	13571,5 [*]	11,9050 [*]
Resíduo	22	2,7452	358,9	0,0341
		Avaliação 14/09/2016 - Uma minicepa		
Grupo	2	0,2500 ^{ns}	5348,0 [*]	4,3333 [*]
Resíduo	24	4,0625	90,5	0,0000
		Avaliação 13/10/2016 - Uma minicepa		
Grupo	2	9,1467 ^{ns}	5852,8 [*]	9,7867 [*]
Resíduo	22	2,7576	201,5	0,0303
		Avaliação 26/10/2016 - Uma minicepa		
Grupo	2	3,6176 ^{ns}	4300,6 [*]	4,0769 [*]
Resíduo	23	4,2289	246,2	0,0000
		Avaliação 16/11/2016 - Uma minicepa		
Grupo	2	11,7034 ^{ns}	9299,9 [*]	22,1310 [*]
Resíduo	26	4,3385	169,0	0,1385
		Avaliação 07/12/2016 - Uma minicepa		
Grupo	2	5,8144 ^{ns}	3183,1 [*]	8,2874 [*]
Resíduo	26	12,0700	241,7	0,0256
		Avaliação 23/12/2016 - Uma minicepa		
Grupo	2	0,290 ^{ns}	5127,4 [*]	15,4138 [*]
Resíduo	26	10,235	127,8	0,2308
		Avaliação 07/01/2017 - Uma minicepa		
Grupo	2	3,5727 ^{ns}	14001,7 [*]	39,856 [*]
Resíduo	26	4,6403	544,4	0,425
		Avaliação 01/02/2017 - Uma minicepa		
Grupo	2	34,520 ^{ns}	6584,5 [*]	44,018 [*]
Resíduo	26	12,583	376,5	0,256
		Avaliação 07/12/2016 - Quatro minicepas		
Grupo	2	0,3454 ^{ns}	5751,1 [*]	3,4865 [*]
Resíduo	16	0,6039	71,0	0,14
		Avaliação 23/12/2016 - Quatro minicepas		
Grupo	2	1,9404 ^{ns}	2983,19 [*]	1,8947 [*]
Resíduo	16	0,5564	43,21	0,0313
		Avaliação 07/01/2017 - Quatro minicepas		
Grupo	2	1,2193 ^{ns}	7016,4 [*]	6,4574 [*]
Resíduo	16	0,3542	86,4	0,1057
		Avaliação 01/02/2017 - Quatro minicepas		
Grupo	2	2,8467 ^{ns}	5918,5 [*]	7,5197 [*]
Resíduo	16	1,1351	139,5	0,0781
		Avaliação 14/03/2017 - Quatro minicepas		
Grupo	2	2,7799 ^{ns}	1664,26 [*]	3,0736 [*]
Resíduo	16	1,2959	62,01	0,1326

*Significativo pelo Teste F, a 5% de probabilidade. ^{ns} Não significativo.

As médias de clones de cada grupo também diferiram entre si para a porcentagem de enraizamento e o número de miniestacas enraizadas por minicepa em todas as coletas realizadas (Tabela 2). Isso confirma que é possível realizar a

seleção com base nos grupos de clones de louro-pardo que apresentam alta competência ao enraizamento adventício de miniestacas. Neste sentido, os clones do grupo 1 apresentaram o maior número de miniestacas enraizadas por minicepa em todas as coletas realizadas. No entanto, se considerarmos a porcentagem de enraizamento, os clones do grupo 1 não diferiram daqueles do grupo 2 para a maioria das coletas de miniestacas realizadas em uma minicepa por clone. Nesses casos, a porcentagem de enraizamento de miniestacas foi o caráter que mais contribuiu para o número de miniestacas enraizadas por minicepa e, portanto, também utilizado para a seleção de clones. Além disso, a porcentagem de enraizamento adventício torna-se um eficiente critério de seleção, pois juntamente com a produção de miniestacas por minicepa determina a taxa de multiplicação ou índice de produtividade (ROCHA et al., 2015), que neste caso, corresponde ao número de miniestacas enraizadas por minicepa. Além disso, o aumento da produtividade de miniestacas no minijardim clonal somente é viável quando associado a altas porcentagens de enraizamento, maximizando a produtividade dos clones ou do sistema de clonagem no viveiro (FREITAS et al., 2017).

Já para as coletas realizadas em quatro minicepas de cada clone, o grupo 1 foi superior aos demais para o número de miniestacas enraizadas por minicepa e também para a porcentagem de enraizamento (Tabela 2). Nesse caso, a porcentagem de enraizamento de miniestacas não se constitui em um critério eficiente de seleção de clones, pois é suficiente utilizar apenas o número de miniestacas enraizadas por minicepa. Isso é muito importante para a propagação vegetativa, pois facilita o processo de avaliação e também por ser o número de miniestacas enraizadas por minicepa que define diretamente a taxa de multiplicação dos clones. A delimitação de apenas um grupo superior pode estar associado com o maior número de minicepas avaliadas de cada clone (maior número de repetições por clone), auxiliando na definição do melhor critério de seleção pela diminuição do erro experimental. Além disso, é muito importante determinar o número de plantas, neste caso de minicepas, a serem avaliadas no melhoramento de espécies arbóreas, para dar maior consistência às inferências estatísticas (CARGNELUTTI FILHO et al., 2016). Neste caso, deve-se prezar pelo menor número possível de plantas que garantam a obtenção das informações necessárias para os programas de melhoramento florestal, de forma a simplificar e agilizar o processo de seleção (ARAÚJO et al., 2015).

Como os grupos foram formados por um número variável de clones, o número de selecionados também variou entre coletas, considerando tanto uma minicepa quanto quatro minicepas avaliadas (Tabela 2). Essas diferenças possivelmente estão associadas às condições de ambiente que são características das estações do ano e que afetam o enraizamento adventício, como verificado em *P. taeda* (ALCANTARA et al., 2008) e *E. benthamii* x *E. dunnii* (BRONDANI et al., 2010). Nesse sentido, utilizar um número maior de coletas, distribuídas nas diferentes estações do ano, possibilita explorar o potencial do genótipo à propagação por miniestaquia, podendo inferir com maior segurança e confiabilidade os critérios de seleção de clones. Neste trabalho foi possível compensar o menor número de minicepas avaliadas por clone com um maior número de coletas, o que é viável na prática devido a maior facilidade e rapidez de estabelecer um minijardim clonal com uma do que quatro minicepas por clone a ser avaliado.

Para a seleção de clones de louro-pardo com base em dados de dez coletas em uma minicepa foram utilizados dois cenários, ou seja, clones que estavam presentes no mínimo seis ou quatro vezes nos dois melhores grupos que não diferiram para a porcentagem de enraizamento. Sendo assim, foram selecionados respectivamente quatro clones (6, 9, 15 e 17) ou nove clones (1, 6, 7, 9, 15, 16, 17, 18 e 25) (Tabela 3), correspondendo aos índices de seleção de 13,3% e 30,0%. Da mesma maneira, para a seleção de clones com base em dados de cinco coletas em quatro minicepas também foram utilizados dois cenários, ou seja, clones que permaneceram no mínimo quatro ou duas vezes no melhor grupo com base no número de miniestacas enraizadas por minicepa. Assim, foram selecionados três clones (7, 15, 17) ou sete clones (1, 7, 10, 15, 17, 18 e 26), correspondendo aos índices de seleção de 15,8% e 36,8%, respectivamente.

Tabela 2 – Número de miniestacas produzidas por minicepa, porcentagem de enraizamento, número de miniestacas enraizadas por minicepa e número de clones em cada grupo formado pelo método das k-médias para clones de louro-pardo avaliados em diferentes coletas e número de minicepas.

(Continua)				
Grupos ⁽¹⁾	Miniestacas/minicepa	Enraizamento (%)	Miniestacas enraizadas	Clones/grupo
Avaliação 17/02/2016 – Uma minicepa				
1	7,00 a ⁽²⁾	90,47 a	6,40 a	5
2	3,88 b	75,52 a	2,50 b	8
3	2,94 b	35,10 b	0,63 c	16
Avaliação 22/03/2016 – Uma minicepa				
1	3,75 a	78,75 a	2,75 a	4
2	2,13 a	57,29 a	1,00 b	8
3	2,31 a	0,00 b	0,00 c	13
Avaliação 14/09/2016 – Uma minicepa				
1	3,00 a	66,67 a	2,00 a	1
2	3,50 a	36,08 b	1,00 b	10
3	3,25 a	0,00 c	0,00 c	16
Avaliação 13/10/2016 – Uma minicepa				
1	5,33 a	51,11 a	2,67 a	3
2	3,00 ab	45,83 a	1,00 b	4
3	2,67 b	0,00 b	0,00 c	18
Avaliação 26/10/2016 – Uma minicepa				
1	4,00 a	50,00 a	2,00 a	1
2	4,25 a	36,34 a	1,00 b	8
3	3,12 a	0,00 b	0,00 c	17
Avaliação 16/11/2016 – Uma minicepa				
1	5,20 a	70,33 a	3,40 a	5
2	6,50 a	26,07 b	1,40 b	10
3	4,50 a	0,00 c	0,00 c	14
Avaliação 07/12/2016 – Uma minicepa				
1	8,00 a	28,97 a	2,33 a	3
2	5,88 a	31,09 a	1,00 b	8
3	5,94 a	0,00 b	0,00 c	18
Avaliação 23/12/2016 – Uma minicepa				
1	5,75 a	51,67 a	3,00 a	4
2	6,17 a	26,35 b	1,00 b	6
3	6,16 a	0,00 c	0,00 c	19
Avaliação 07/01/2017 – Uma minicepa				
1	5,14 a	89,39 a	4,57 a	7
2	3,93 a	46,99 b	1,33 b	15
3	4,14 a	0,00 c	0,00 c	7
Avaliação 01/02/2017 – Uma minicepa				
1	10,67 a	56,25 a	5,33 a	3
2	6,50 a	65,04 a	3,88 b	8
3	4,14 a	19,00 b	0,78 c	18
Avaliação 07/12/2016 – Quatro minicepas				
1	2,44 a	75,68 a	1,81 a	4
2	2,40 a	29,80 b	0,67 b	7
3	2,03 a	10,06 c	0,20 b	8

				(Conclusão)
Avaliação 23/12/2016 - Quatro minicepas				
1	2,54 a	39,38 a	1,00 a	6
2	3,83 a	7,05 b	0,25 b	3
3	2,63 a	0,00 b	0,00 b	10
Avaliação 07/01/2017 - Quatro minicepas				
1	2,92 a	72,27 a	2,08 a	6
2	2,25 a	33,61 b	0,75 b	7
3	2,08 a	6,46 c	0,11 c	6
Avaliação 01/02/2017 - Quatro minicepas				
1	3,89 a	56,24 a	2,00 a	7
2	2,63 a	29,25 b	0,75 b	4
3	2,84 a	0,00 c	0,00 c	8
Avaliação 14/03/2017 - Quatro minicepas				
1	4,46 a	35,23 a	1,56 a	4
2	2,88 a	22,52 b	0,62 b	5
3	3,48 a	3,13 c	0,10 b	10

(1) Método das k-médias.

(2) Os grupos não seguidos por mesma letra na coluna diferem a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Com base nestes resultados verifica-se que 71,4% dos clones selecionados considerando os dados de cinco coletas em quatro minicepas foram também selecionados considerando os dados de dez coletas em uma minicepa, ou seja, a seleção com base em apenas uma minicepa foi suficiente para identificar a grande maioria dos clones selecionados. Também é possível inferir que os critérios adotados foram eficientes para a seleção dos clones. A identificação de clones superiores requer critérios de seleção capazes de explorar de forma eficiente o material genético disponível, maximizando o ganho genético para os caracteres de interesse (ODA et al., 2007). Portanto, não seria necessário o estabelecimento e o manejo de quatro minicepas para realizar a seleção de clones de louro-pardo com potencial para a propagação por miniestquia. Isso implica em redução de custos operacionais com mão de obra para coleta e avaliação, manutenção dos testes, além da economia em áreas de casa de vegetação e câmara de nebulização. Nesse sentido, o estabelecimento de um minijardim clonal com maior número de minicepas pode ser uma estratégia auxiliar interessante para a multiplicação de clones previamente selecionados, possibilitando obter ganhos ainda maiores em termos de competência ao enraizamento adventício de miniestacas de louro-pardo, principalmente para clones que apresentam menor capacidade para tal característica.

Tabela 3 – Número de miniestacas produzidas por minicepa, porcentagem de enraizamento e número de miniestacas enraizadas por minicepa de nove clones selecionados com dados de uma minicepa e sete clones de louro-pardo selecionados com base em quatro minicepas.

Clones*	Miniestacas/minicepa	Enraizamento (%)	Miniestacas enraizadas/minicepa
Uma minicepa			
1	4,78	57,59	2,56
6	6,20	35,86	2,30
7	4,30	24,75	0,90
9	5,50	36,75	2,10
15	4,00	62,43	2,11
16	3,20	23,67	0,90
17	4,60	51,50	2,40
18	4,70	39,42	1,80
25	2,30	60,83	1,30
Quatro minicepas			
1	2,35	42,02	0,90
7	4,50	44,82	1,95
10	3,25	43,65	1,29
15	2,85	54,94	1,50
17	2,35	68,98	1,55
18	2,25	39,76	0,90
26	4,60	27,65	1,30

* Indica os clones selecionados pelo número de miniestacas enraizadas por minicepa e com o maior número de vezes no melhor grupo.

Por se tratar de uma espécie arbórea nativa, foram obtidos valores altos para a porcentagem de enraizamento de miniestacas por minicepa e número de miniestacas enraizadas por minicepa dos clones selecionados, considerando um intervalo de coleta de aproximadamente 15 dias nas quais as porcentagens médias de enraizamento dos clones variaram entre 23,7 e 68,9% (Tabela 3). Em *E. globulus*, uma espécie que tem se mostrado recalcitrante ao enraizamento adventício, foi verificado que apenas 1 a 2% dos genótipos selecionados apresentaram porcentagens de enraizamento médio igual ou superior a 60% (ALFENAS et al., 2009). Nesse contexto, cabe ressaltar a possibilidade de maximizar a porcentagem de enraizamento dos clones selecionados, através, por exemplo, da adequação de concentrações de auxina, da nutrição mineral, da promoção da juvenilidade dos propágulos e da melhoria das condições de enraizamento (HARTMANN et al., 2011). A juvenilidade é de grande importância e vem sendo amplamente estudada na propagação de espécies florestais por miniestaquia, visando estabelecer métodos eficientes de rejuvenescimento e revigoração de material adulto (DIAS et al., 2012).

O número de miniestacas enraizadas por minicepa variaram entre 0,90 e 2,6 entre os clones selecionados (Tabela 3). Estas variações podem estar associadas a múltiplos fatores, incluindo às condições ambientais mais ou menos favoráveis ao enraizamento quando um determinado clone foi avaliado, mas principalmente pelas diferenças genéticas (ASSIS et al., 2004; OLIVEIRA et al., 2015). Borges et al., (2011) e Oliveira et al., (2015) observaram diferenças no potencial de enraizamento de diferentes clones híbridos de *E. globulus* e *E. cloeziana*. Além disso, a velocidade de enraizamento dos propágulos pode variar em função dos clones, como verificado por Ferreira et al. (2004) e Oliveira et al. (2012) avaliando clones híbridos de *Eucalyptus* spp. Essa variação pode se dar em virtude das diferenças nas concentrações internas de fitorreguladores, promotores do enraizamento adventício, condições nutricionais ou mesmo em razão do grau de juvenilidade dos propágulos (XAVIER et al., 2009). A vantagem da seleção dentro do tempo ótimo para o enraizamento adventício permite manter as condições nutricionais e fitossanitárias adequadas das miniestacas enraizadas (FERREIRA et al., 2004), conferindo maiores chances de sobrevivência após o transplante.

Os ganhos de seleção foram altos para a porcentagem de enraizamento e o número de miniestacas enraizadas por minicepa para os cenários de seleção com base em uma ou quatro minicepas por clone (Tabela 4). Os maiores ganhos de seleção foram observados para o número de miniestacas enraizadas por minicepa, que foi utilizado para o agrupamento dos clones, nos menores índices de seleção, ou seja, na seleção de quatro clones com uma minicepa (109,70%) e três clones com quatro minicepas (142,35%). Como estratégia de melhoramento, mesmo resultando em menores ganhos de seleção, é imprescindível a seleção de maior número de clones potenciais para a miniestaquia garantindo variabilidade genética na propagação vegetativa. Isto permite explorar, posteriormente, outros caracteres silviculturais de interesse na produção de mudas (OLIVEIRA et al., 2015), que podem ser perdidos durante o processo de seleção. Por tal motivo, a seleção normalmente tem sido realizada considerando um conjunto de caracteres silviculturais de interesse no melhoramento genético, para obter ganhos favoráveis para todos (DE PAULA et al., 2002). Isso pode justificar a carência de estudos diretamente relacionados à seleção de genótipos com maior competência ao enraizamento adventício em detrimento de caracteres silviculturais. Portanto, como estratégia de melhoramento seria mais aconselhável selecionar um maior número de

clones, mesmo com menor ganho de seleção, e manter maior variabilidade genética para a seleção de outros caracteres silviculturais.

Tabela 4 – Médias dos grupos originais (MCO) médias dos selecionados (MCS), ganho genético (GS) e porcentual (GS%) para o número de miniestacas produzidas por minicepa, a porcentagem de enraizamento e o número de miniestacas enraizadas por minicepa de clones de louro-pardo em minijardins clonais estabelecidos com uma ou quatro minicepas.

Caracteres	MCO	MCS	GS	GS(%)	MCO	MCS	GS	GS(%)
Uma minicepa	Seleção de quatro clones				Seleção de nove clones			
Miniestacas/minicepa	4,51	5,03	0,52	11,56	4,51	4,40	-0,11	-2,39
Enraizamento (%)	25,89	46,46	20,57	79,47	25,89	43,27	17,39	67,16
Miniestacas enraizadas/minicepa	1,05	2,21	1,16	109,70	1,05	1,81	0,75	71,40
Quatro minicepas	Seleção de três clones				Seleção de sete clones			
Miniestacas/minicepa	2,83	3,23	0,40	14,15	2,83	3,16	0,33	11,72
Enraizamento (%)	24,48	56,24	31,77	129,78	24,48	43,65	19,18	78,34
Miniestacas enraizadas/minicepa	0,69	1,67	0,98	142,35	0,69	1,29	0,60	86,95

5.4 CONCLUSÃO

O número de miniestacas enraizadas e a porcentagem de enraizamento são critérios eficientes para a seleção de clones de louro-pardo para a propagação vegetativa por miniestaquia.

A seleção precoce de clones de louro-pardo é uma estratégia adequada de melhoramento para competência ao enraizamento adventício, podendo ser realizada com base em uma minicepa por clone.

5.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALCANTARA, G. B. et al. Efeitos do ácido indolilbutírico (AIB) e da coleta de brotações em diferentes estações do ano no enraizamento de miniestacas de *Pinus taeda* L. **Scientia Forestalis**, v. 36, n. 78, p. 151-156, 2008.
- ALFENAS, A. C. et al. **Clonagem e doenças do eucalipto**. 2. ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2009. 500 p.
- ARAÚJO, M. J. et al. Número de repetições, de plantas por parcela e de avaliações para testes clonais de eucalipto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.50, n.10, p.923-931, 2015.
- 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 21th century**. Kerala, India: Research Signposts, 2004. p.303-333.
- BELTRAME, R. et al. Desempenho silvicultural e seleção precoce de clones de híbridos de eucalipto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 6, p. 791-796, 2012.
- BISOGNIN D.A. et al. Rooting potential of mini-cuttings for the production of potato plantlets. **American Journal of Plant Sciences**. v. 6, n. 2, 366-371, 2015.
- BORGES, S. R. et al. Enraizamento de miniestacas de clones híbridos de *Eucalyptus globulus*. **Revista Árvore**, v. 35, n. 3, p. 425-434, 2011.
- BRONDANI, G. E. et al. 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.
- CARGNELUTTI FILHO, A. et al. Sample size for estimating average trunk diameter and plant height in *Eucalyptus* hybrids. **Ciência Rural**, v. 46, n. 7, p. 1192-1199, 2016.
- CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas, v. 2, 2006, 628 p.
- DE PAULA, R. C. et al. Predição de ganhos genéticos em melhoramento florestal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, n. 2, p.159-165, 2002.
- DIAS, P. C. et al. Estaquia e miniestaquia de espécies florestais lenhosas do Brasil. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 32, n. 72, p. 453-462, 2012.
- DUTRA, L.. F.; WENDLING, I.; BRONDANI, G. E. A micropropagação de eucalipto. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n.58, p. 49-59, 2009.

FAGANELLO, L. R. et al. Efeito dos ácidos indolbutírico e naftalenoacético no enraizamento de estacas semilenhosas de *Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. ex Steud. **Ciência Florestal**, v. 25, n. 4, p. 863-871, 2015.

FELIPPI, M. et al. Fenologia, morfologia e análise de sementes de *Cordia trichotoma* (Vell.) Arráb. ex Steud. **Ciência Florestal**, v. 22, n. 3, p. 631-641, 2012.

FERREIRA, E. M. et al. Determinação do tempo ótimo do enraizamento de miniestacas de clones de *Eucalyptus* spp. **Revista Árvore**, v. 28, n. 2, p. 183-187, 2004.

FREITAS, A. F. et al. Produtividade de minicepas e enraizamento de miniestacas de híbridos de *Eucalyptus globulus* Labill. em resposta a nitrogênio. **Ciência Florestal**, v. 27, n. 1, p.193-202, 2017.

HARTMANN, H. T. et al. **Plant propagation: principles and practices**. 8.ed. Boston: Prentice-Hall, 2011. 915 p.

KIELSE, P. et al. Propagação vegetativa de *Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. ex Steudel por estaquia radicular. **Revista Árvore**, v. 37, n. 1, p. 59-66, 2013.

KIELSE, P. et al. Produção e enraizamento de miniestacas de louro-pardo - *Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. ex Steud coletadas de minicepas de origem assexuada e seminal. **Ciência Rural**, v. 45, n. 7, p. 1164-1166, 2015.

MANKESSI, F. et al. *In vitro* rooting of genetically related *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* clones in relation to the time spent in culture. **Trees**, v. 23, n. 5, p. 931-940, 2009.

MANTOVANI, N. C.; FRANCO, E. T. H.; VESTENA, S. Regeneração *in vitro* de louro-pardo (*Cordia trichotoma* (Vellozo) Arrabida ex Steudel). **Ciência Florestal**, v. 11, n. 2, p. 93-101, 2001.

MENDONÇA, E. A. F.; RAMOS, N. P.; PAULA, R. C. Viabilidade de sementes de *Cordia trichotoma* (Vellozo) Arrabida ex Steudel (louro-pardo) pelo teste de tetrazólio. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 23, n. 2, p. 64-71, 2001.

MINGOTI, S. A. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada**. Belo Horizonte: UFMG, 2005, 297p.

ODA, S. et al. Melhoramento florestal. In: BORÉM, A. (Ed.). **Biotecnologia Florestal**. Viçosa: UFV, 2007, 387 p.

OLIVEIRA, L. S. et al. Enraizamento de miniestacas e microestacas de clones de *Eucalyptus urophylla* x *E. globulus* e de *Eucalyptus grandis* x *E. globulus*. **Scientia Forestalis**, v. 40, n. 96, p. 507-516, 2012.

OLIVEIRA, L. S.; DIAS, P. C.; ALMEIDA M. Avaliação genética do enraizamento de miniestacas de uma procedência de *Eucalyptus cloeziana*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 35, n. 84, p. 391-397, 2015.

R Core Team (2016). **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>. <Acesso em 24 Jun. 2017>.

ROCHA, J. H. T. et al. Produtividade do minijardim e qualidade de miniestacas de um clone híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* (I-224) em função de doses de nitrogênio. **Ciência Florestal**, v. 25, n. 2, p. 273-279, 2015.

WENDLING, I.; XAVIER, A. Miniestaquia seriada no rejuvenescimento de clones *Eucalyptus*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 4, p. 475-80, 2003.

WENDLING, I.; XAVIER, A.; PAIVA, H. N. Influência da miniestaquia seriada no vigor de minicepas de clones de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, v. 27, n. 5, p. 611-618, 2003.

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

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Experimentos foram conduzidos com o objetivo de estudar o enraizamento de miniestacas e desenvolver estratégias de seleção de louro-pardo para a propagação vegetativa por miniestaquia. Com o objetivo de avaliar o efeito do tamanho das miniestacas, da concentração de AIB, da composição do substrato e da época de coleta das brotações no enraizamento de miniestacas de louro-pardo, foi constatado que o substrato não afeta o potencial de enraizamento de miniestacas. Já, com relação ao tamanho das miniestacas, observou-se que miniestacas apicais apresentam maior competência ao enraizamento adventício do que miniestacas de gema única, as quais devem apresentar comprimento de até 10 cm e serem tratadas com 3.000 mg L^{-1} de AIB. Além disso, as épocas do ano afetam o enraizamento, sendo a época de maior crescimento vegetativo (verão) é a que proporciona o maior enraizamento adventício.

Com o objetivo de definir estratégias de seleção precoce para identificar clones de louro-pardo com competência ao enraizamento adventício de miniestacas foi constatado que a seleção precoce deve ser aplicada para os caracteres número de miniestacas enraizadas e porcentagem de enraizamento de miniestacas. Além disso, a seleção precoce com base em apenas uma minicepa por clone é uma estratégia eficiente de melhoramento para a identificação de clones com alto potencial de propagação por miniestaquia, com altos ganhos de seleção em um curto período de tempo, mesmo com a seleção de um número maior de clones. Neste sentido, o estabelecimento de um minijardim clonal com maior número de minicepas pode ser uma estratégia auxiliar interessante para a multiplicação de clones previamente selecionados, possibilitando obter ganhos ainda maiores em termos de competência ao enraizamento adventício de miniestacas e de qualidade de mudas de louro-pardo.

REFERÊNCIAS

- ALCANTARA, G. B. et al. Efeito da idade da muda e da estação do ano no enraizamento de miniestacas de *Pinus taeda* L. **Revista Árvore**, v. 31, n. 3, p. 399-404, 2007.
- ALCANTARA, G. B. et al. Efeitos do ácido indol-butírico (AIB) e da coleta de brotações em diferentes estações do ano no enraizamento de miniestacas de *Pinus taeda* L. **Scientia. Forestalis**, Piracicaba, v. 36, n. 78, p. 151-156, 2008.
- ALFENAS, A. C. et al. **Clonagem e doenças do eucalipto**. 2.ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2009. 500 p.
- ALMEIDA, F. D. et al. Eficiência das auxinas (AIB e ANA) no enraizamento de miniestacas de clones de *Eucalyptus cloeziana* F. Muell. **Revista Árvore**, v. 31, n. 3, p. 455-463, 2007.
- ASSIS, T. A.; TEIXEIRA, S. L. Enraizamento de plantas lenhosas. In: TORRES, A.C. et al. (Ed.). **Cultura de tecidos e transformação genética de plantas**. Brasília: Embrapa, v. 1, p. 261-297, 1998.
- AZEVEDO, G. T. O. S. et al. Enraizamento de miniestacas de eucalipto com diferentes doses de polímero hidrorretentor incorporado ao substrato. **Scientia Forestalis**, v. 43, n. 108, p.773-780, 2015.
- BANDEIRA, F. S. et al. Aclimatização *ex vitro* de plantas propagadas pela enxertia *in vitro* de clones de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, v. 31, n. 5, p. 773-781, 2007.
- BELTRAME, R. et al. Desempenho silvicultural e seleção precoce de clones de híbridos de eucalipto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 6, p. 791-796, 2012.
- BENIN, C. C.; PERES, F. S. B.; GARCIA, F. A. O. Enraizamento de miniestacas apicais, intermediárias e basais em clones de *Eucalyptus benthamii*. **Floresta**, v. 43, n. 3, p. 421-428, 2013.
- BEONE, H. C. A. M. et al. Efeitos de diferentes substratos na produção de mudas de *Sebastiania commersoniana*. **FLORESTA**, v. 43, n. 3, p. 407 - 420, 2013.
- BITENCOURT, J. et al. Enraizamento de estacas de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St.-Hill.) provenientes de brotações rejuvenescidas. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 11, n. 3, p. 277-281, 2009.
- BORGES JUNIOR, N.; MARTINS-CORDER, M. P. Efeito do ácido indolbutírico no enraizamento de estacas de acácia-negra (*Acacia mearnsii* de Wild.). **Revista Árvore**, v. 26, n. 2, p. 223-227, 2002.

- BORGES, S. R. **Micropropagação e enraizamento de miniestacas de clones híbridos de *Eucalyptus globulus***. 2009. 72 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2009.
- BORGES, S. R. et al. Enraizamento de miniestacas de clones híbridos de *Eucalyptus globulus*. **Revista Árvore**, v.35, n.3, p.425-434, 2011.
- BRONDANI, G. E. et al. Ambientes de enraizamento e substratos na miniestaquia da erva-mate. **Scientia Agraria**, v. 8, p. 257-267, 2007.
- BRONDANI, G. E. et al. Ácido indolbutírico em gel para o enraizamento de miniestacas de *Eucalyptus benthamii* Maiden e Cambage x *Eucalyptus dunnii* Maiden. **Scientia Agraria**, v.9, n.2, p.153-158, 2008.
- BRONDANI, G. E. et al. Miniestaquia de *Eucalyptus benthamii* x *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.
- CALDEIRA, M. V. W. et al. Propriedades de substratos para produção de mudas florestais. In: CALDEIRA, M. V. W. et al. **Contexto e perspectivas da área florestal no Brasil**. Alegre, ES: Suprema, 2011, p. 141-160.
- CARNEIRO, M. A. **Crescimento inicial e propagação vegetativa de *Cordia trichotoma* (Vellozo) Arrabida ex Steudel (louro-pardo)**. 2013. 65f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS, 2013.
- CARVALHO, P. E. R. Louro-pardo. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 17, 1988. p. 63-66.
- CARVALHO, P. E. R. Louro-pardo. **Circular Técnica nº 66**. Colombo: Embrapa Florestas, 2002.16p.
- CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas, v. 2, 2006, 628 p.
- CORREIA, D. et al. Efeito de substratos na formação de porta-enxertos de *Psidium guajava* L. CV. Ogawa em tubetes. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 27, n. 1, p. 88-91, 2005.
- COSTA, L. C. B.; PINTO, J. E. B. P.; BERTOLUCCI, S. K. V. Comprimento da estaca e tipo de substrato na propagação vegetativa de Atroveran. **Ciência Rural**, v.37, n.4, 2007.
- COUTO, M.; WAGNER, A. J. R.; QUEZADA, A.C. Efeito de diferentes substratos durante a aclimatização de plantas micropropagadas do porta-enxerto mirabolano 29C (*Prunus cerasifera* EHRH.) em casa de vegetação. **Revista Brasileira de Agrociência**, p. 125-128, 2003.

CUNHA, A. C. M. C. M. da; WENDLING, I.; SOUZA JÚNIOR, L. Influência da concentração do regulador de crescimento para enraizamento AIB na formação de mudas de *Sapium glandulatum* (Vell.) Pax por estaquia. **Boletim de Pesquisa Florestal**, n. 49, p. 17-29, 2004.

CUNHA, A. C. M. C. M.; WENDLING, I.; SOUZA JÚNIOR, L. Miniestaquia em sistema de hidroponia e em tubetes de corticeira-do-mato. **Ciência Florestal**, v.18, n.1, p.85-92, 2008.

DIAS, P. C. et al. Propagação vegetativa de progênies de meios-irmãos de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth) Brenan) por miniestaquia. **Revista Árvore**, v. 36, n. 3, p. 389-399, 2012 a.

DIAS, P. C. et al. Estaquia e miniestaquia de espécies florestais lenhosas do Brasil. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 32, n.72, p. 453-462, 2012 b.

DIAS, P. C. et al. Tipo de miniestaca e de substrato na propagação vegetativa de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan). **Ciência Florestal**, v. 25, n. 4, p. 909-919, 2015.

ELDRIDGE, K. et al. Mass vegetative propagation. In: ELDRIDGE, K. et al. **Eucalypt Domestication and Breeding**. Oxford: Clarendon Press, 1994, p. 228-246.

EHLERT, P. A. D.; LUZ, J. M. Q.; INNECCO, R. Propagação vegetativa da alfavaca-cravo utilizando diferentes tipos de estacas e substratos. **Horticultura Brasileira, Brasília**, v. 22, n. 1, p. 10-13, 2004.

FACHINELLO, J. C. et al. **Propagação de plantas frutíferas de clima temperado**. Pelotas: Editora e Gráfica UFPel, 1995. 179p.

FACHINELLO, J. C.; HOFFMANN, A.; NACHTIGAL, J. C. (Eds). **Propagação de plantas frutíferas**. Brasília: Embrapa Informações Tecnológicas. 2005. 221 p.

FAGANELLO, L. R. et al. Efeito dos ácidos indolbutírico e naftalenoacético no enraizamento de estacas semilenhosas de *Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. ex Steud. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 25, n. 4, p. 863-871, 2015.

FANTINI, A. C.; SIMINSKI, A. Espécies Madeireiras Nativas da Região Sul do Brasil. In: CORADIN, L.; SIMINSKI, A.; REIS, A. **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro – Região Sul**. Brasília: MMA, 2011. 934p.

FELIPPI, M. et al. Fenologia, morfologia e análise de sementes de *Cordia trichotoma* (Vell.) Arráb. ex Steud. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n. 3, p. 631-641, 2012.

FERRARI, M. P.; GROSSI, F.; WENDLING, I. Propagação vegetativa de espécies florestais. **Série Documentos**, nº 94. Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2004.

FERREIRA, E. M. et al. Determinação do tempo ótimo do enraizamento de miniestacas de clones de *Eucalyptus* spp. **Revista Árvore**, v.28, n.2, p.183-187, 2004.

FERREIRA, B. G. A. et al. Miniestaquia de *Sapium glandulatum* (Vell.) Pax com o uso de ácido indolbutírico e ácido naftaleno-acético. **Ciência Florestal**, v. 20, n. 1, p. 19-31, 2010.

FERREIRA, D. A. et al. Influência da posição das miniestacas na qualidade de mudas de cedro australiano e no seu desempenho inicial no pós-plantio. **Ciência Florestal**, v. 22, n. 4, p. 715-723, 2012.

FERRIANI, A. P. et al. Produção de brotações e enraizamento de miniestacas de *Piptocarpha angustifolia*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 31, n. 67, p. 257-264, 2011.

FICK, T. A. **Estabelecimento *in vitro* e propagação de *Cordia trichotoma* (Vell.) Arrabida ex Steudel (LOURO-PARDO)**. 2007. 61 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2007.

FREITAS, A. F. et al. Produtividade de minicepas e enraizamento de miniestacas de híbridos de *Eucalyptus globulus* Labill. em resposta a nitrogênio. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 27, n. 1, p. 193-202, 2017.

GIMENES, E. S. et al. Propagation of *Cabralea canjerana* by mini-cutting. **Journal of Horticulture and Forestry**, v. 7, n. 1, p. 8-15, 2015.

GONÇALVES, P. de S. et al. Early selection for growth vigor in rubber tree genotypes in northwestern São Paulo state (Brazil). **Genetics and Molecular Biology**, v.21, p.620-630, 1998.

GOULART, P. B.; XAVIER, A.; CARDOSO, N. Z. Efeito dos reguladores de crescimento AIB e ANA no enraizamento de miniestacas de clones de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*. **Revista Árvore**, Viçosa, v.32, n.6, p.1051-1058, 2008.

GRAÇA, M. E. C. et al. Estaquia de erva-mate. **Circular Técnica nº 18**. Curitiba: Embrapa Florestas, 6p., 1988.

GRATIERI-SOSSELLA, A.; PETRY, C.; NIENOW, A. A. Propagação da corticeira-dobanhado (*Erythrina crista-galli* L.) (FABACEAE) pelo processo de estaquia. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 32, n. 1, p. 163-171, 2008.

GRINGS, M.; BRACK, P. *Cordia trichotoma*. In: CORADIN, L.; SIMINSKI, A.; REIS, A. **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro – Região Sul**. Brasília: MMA, 2011. 934p.

HARTMANN, H. T. et al. **Plant propagation: principles and practices**. New Jersey: Prentice Hall, 2011. 915 p.

HERBELE, M. **Propagação *in vitro* e *ex vitro* de louro-pardo (*Cordia trichotoma* (Vell.) Arrabida ex Steudel)**. 2010. 76 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2010.

HIGASHI, E. N. et al. A evolução do jardim clonal na produção de mudas. **IPEF notícias**, v. 24, n. 148, p. 4-6. 2000.

KIBBLER, H.; JOHNSTON, M. E.; WILLIAMS, R. R. Adventitious root formation in cuttings of *Backhousia citriodora* F. Muell seasonal influences of temperature, rainfall, flowering and auxins on the stock plant. **Scientia Horticulturae**, v.102, n.3, p.343-358, 2004.

KIELSE, P. et al. Propagação vegetativa de *Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. ex Steudel por estaquia radicular. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 37, n. 1, p. 59-66, 2013.

KIELSE, P. et al. Produção e enraizamento de miniestacas de louro-pardo - *Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. ex Steud coletadas de minicepas de origem assexuada e seminal. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 45, n. 7., p. 1164-1166, 2015.

KRATZ, D. et al. Miniestaquia de *Eucalyptus benthamii* x *E. dunnii* em substratos a base de casca de arroz carbonizada. **Scientia Forestalis**, v. 40, n. 96, p. 547-556, 2012.

KRATZ, D. et al. Propriedades físicas e químicas de substratos renováveis. **Revista Árvore**, v. 37, p. 1103-1113, 2013.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. São Paulo: Editora Plantarum, Brasil, 2008. 384 p.

MACHADO, G. G. et al. Germinação de diásporos e crescimento inicial de *Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. ex Steud (Boraginaceae). **IHERINGIA**, Série Botânica, Porto Alegre, v. 70, n. 2, p. 279-286, 2015.

MANKESSI, F. et al. *In vitro* rooting of genetically related *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* clones in relation to the time spent in culture. **Trees**, v. 23, n. 5, p. 931-940, 2009.

MANTOVANI, N. C. et al. Resultados preliminares da micropropagação de louro-pardo *Cordia trichotoma* (VELLOZO) ARRABIDA EX STEUDEL. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 470, 1996, Nova Friburgo. **Anais...** Nova Friburgo, 1996. p. 445.

MANTOVANI, N. et al. Cultivo de canafístula (*Peltophorum dubium*) em minijardim clonal e propagação por miniestacas. **Ciência Florestal**, v. 27, n. 1, p. 225-236, 2017.

MELO, L. A. et al. Otimização do tempo necessário para o enraizamento de miniestacas de clones híbridos de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, v. 35, n. 4, p. 759-767, 2011.

MENDONÇA, E. A. F.; RAMOS, N. P.; PAULA, R. C. Viabilidade de sementes de *Cordia trichotoma* (Vellozo) Arrabida ex Steudel (louro-pardo) pelo teste de tretrazólio. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 23, n. 2, p. 64-71, 2001.

MOKOTEDI, M. E. O. et al. In vitro rooting and subsequent survival of two clones of cold-tolerant *Eucalyptus grandis* X *Eucalyptus nitens* Hybrid. **HortScience**, v. 35, p. 1163-1165, 2000.

MOURA, V. P. G.; GUIMARÃES, D. P. Produção de mudas de *Eucalyptus* para o estabelecimento de plantios florestais. **Comunicado Técnico nº 85**. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2003.

NASCIMENTO, P. K. V. **Propagação vegetativa de louro-pardo (*Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. Ex Steud.) por estaquia radicular e miniestaquia**. 2010. 119f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2010.

NEVES, T. S. et al. Enraizamento de corticeira-da-serra em função do tipo de estaca e variações sazonais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.12, p.1699-1705, 2006.

OLIVEIRA, L. S.; DIAS, P. C.; ALMEIDA, M. Avaliação genética do enraizamento de miniestacas de uma procedência de *Eucalyptus cloeziana*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 35, n. 84, p. 391-397, 2015.

OLIVEIRA, T. P. F. et al. Efeito do Ácido Indol-3-Butírico (AIB) no enraizamento de miniestacas de ipê-roxo (*Handroanthus heptaphyllus* MATTOS). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 25, n. 4, p. 1043-1051, 2015.

OLIVEIRA, T. P. F. et al. Aplicação de AIB e tipo de miniestacas na produção de mudas de *Handroanthus heptaphyllus* Mattos. **Ciência Florestal**, v. 26, n. 1, p. 313-320, 2016.

ONO, E. O.; RODRIGUES, J. D.; PINHO, S. Z. Ação de auxinas e/ou boro no processo de formação de raízes em estacas de café (*Coffea arabica* L. CV. "Mundo Novo"). **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, v.37, n. 1, p. 57-66, 1994.

PIMENTEL, N. **Miniestaquia e qualidade de mudas de erva-mate**. 2016. 122p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2016.

PIMENTEL, N. et al. Shoot segment and substrate composition in rooting of juvenile ipe-roxo mini-cuttings. **Ciência Rural**, v.46, n.6, p.996-1002, 2016.

PIMENTEL, N. et al. Morphophysiological quality of yerba mate plantlets produced by mini-cuttings. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 38, p. 3515-3528, 2017.

PIRES, P. et al. Sazonalidade e soluções nutritivas na miniestaquia de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze. **Revista Árvore**, v. 39, n. 2, p. 283-293, 2015.

REITZ, R. et al. **Projeto Madeira do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria de Agricultura e Abastecimento. 1988. 525 p.

RESENDE, M. D. V. Melhoramento de essências florestais. In: BORÉM, A. (Ed.). **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa: UFV, 1999. p.589-647.

RESENDE, M. D. V. de. et al. Programa de Melhoramento da Erva-Mate coordenado pela Embrapa: resultados da avaliação genética de populações, progênies, indivíduos e clones. **Circular técnica, nº 43**, Colombo: Embrapa Florestas, 2000. 66p.

RESENDE, M. D. V. de; BARBOSA, M. H. P. **Melhoramento genético de plantas de propagação assexuada**. Embrapa Florestas. Colombo: Embrapa Florestas, 2005. 130 p.

SALVADOR, E. D.; PASQUAL, M.; SPERA, M. R. N. Efeito de diferentes substratos no crescimento de samambaia-matogrossense (*Polypodium aureum* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 25, n. 4, p. 1006-1111, 2001.

SANTOS, C. B. et al. Efeito do volume de tubetes e tipos de substratos na qualidade de mudas de *Cryptomeria japonica* (L. F.) D. don. **Ciência Florestal**, v. 2, n. 10, p. 1-15, 2000.

SANTOS, A. P. et al. Efeito da estaquia, miniestaquia, microestaquia e micropropagação no desempenho silvicultural de clones de *Eucalyptus grandis*. **Scientia Forestalis**, v. 68, p. 29-38, 2005.

SASSE, J. Problems with propagation of *Eucalyptus globulus* by stem cuttings. In: CRCIUFRO FOR TEMPERATE HARDWOOD FORESTRY, 1995, Hobart. **Proceedings...** Hobart: CRC-IUFRO, 1995. P. 319-320.

SCHEEREN, L. W. et al. Crescimento do louro-pardo, *Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. ex Steud., na depressão central do estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, v. 12, n. 2, p. 169-176, 2002.

SCHMITZ, J. A. K.; SOUZA, P. V. D. de; KAMPF, A. N. Propriedades químicas e físicas de substratos de origem mineral e orgânica para o cultivo de mudas em recipientes. **Ciência Rural**, v. 32, n. 6, p. 937-944, 2002.

SILVA, P. H. M. **Sistemas de propagação de mudas de essências florestais**. IPEF: Piracicaba, SP. 2005.

SOBRAL, M. et al. **Flora arbórea e arborescente do Rio Grande do Sul**, Brasil. Editora Rima, São Carlos, 2006, 362p.

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.

SOUZA, J. C. A. V. de. et al. Propagação vegetativa de cedro-australiano (*Toona ciliata* M. Roemer) por miniestaquia. **Revista Árvore**, v. 33, n. 2, p. 205-213, 2009.

TAIZ, L. et al. **Fisiologia e Desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed. Ed. 6. 2017. 888p.

TITON, M. et al. Eficiência das minicepas e microcepas na produção de propágulos de clones de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, v. 27, n. 5, p. 619-625, 2003.

TORRES, A. G. M. **Relação entre sazonalidade, desrama e carboidrato no crescimento do eucalipto na propagação vegetativa por miniestaquia**. Piracicaba, 2003, 65 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, São Paulo, SP, 2003.

VALDETARO, E. B. et al. Árvores geneticamente modificadas: técnicas, aplicações, riscos e os potenciais impactos associados a sua utilização. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 31, n. 65, p. 51-61, 2011.

VAZ, T. A. A. The implications of the morphophysiology of *Cordia trichotoma* seeds to their collection and propagation. **Seed Science & Technology**, v. 43, p. 390-398, 2015.

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

WENDLING I.; GATTO, A. **Substratos, adubação e irrigação na produção de mudas**. Viçosa: Aprenda Fácil; 2002, 146 p.

WENDLING, I. Propagação vegetativa de erva-mate (*Ilex paraguariensis*): estado da arte e tendências futuras. **Documentos 91**, Colombo: Embrapa Florestas, 2003.

WENDLING, I.; SOUZA JUNIOR, L. Propagação vegetativa de erva-mate (*Ilex paraguariensis* Saint Hilaire) por miniestaquia de material juvenil. In: CONGRESSO SUL-AMERICANO DA ERVA-MATE; FEIRA DO AGRONEGÓCIO DA ERVA-MATE, 2003. Chapecó. **Anais...** Chapecó: Epagri, 2003.

WENDLING, I.; XAVIER, A. Miniestaquia seriada no rejuvenescimento de clones de *Eucalyptus*. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 38, n. 4, p. 475-480, 2003.

WENDLING, I. et al. Produção de mudas de corticeira-do-mato (*Erythrina falcata* Bentham) por miniestaquia a partir de propágulos juvenis. **Comunicado Técnico nº 130**. Embrapa Florestas, 2005.

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**, Brasília, v.42, n.2, p.289-292, 2007 a.

WENDLING, I.; GUASTALA, D; DEDECEK, R. Características físicas e químicas de substratos para produção de mudas de *Ilex paraguariensis* St.-Hil. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, p. 209 - 220, 2007 b.

WENDLING, I.; PINTO JÚNIOR, J. E. A ampliação dos cultivos clonais e da demanda por mudas de espécies florestais. In: I SIMPÓSIO DE MELHORAMENTO E PROPAGAÇÃO VEGETATIVA DE PLANTAS, 2011. Santa Maria. **Anais...** UFSM: Santa Maria, p. 9-17, 2011.

WENDLING, I.; TRUEMAN, S.J.; XAVIER, A. Maturation and related aspects in clonal forestry-part II: reinvigoration, rejuvenation and juvenility maintenance. **New Forests**, v.45, p.473-486, 2014.

WILSON, P. J. Contributions of the leaves and axillary shoots to rooting in *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Mayden. stem cuttings. **Journal of Horticultural Science**, v. 69, n. 6, p. 999-1007, 1994.

XAVIER, A.; WENDLING, I. Miniestaquia na clonagem de *Eucalyptus*. **Informativo técnico nº 11**. Viçosa, MG: SIF. 10 p., 1998.

XAVIER, A. et al. Propagação vegetativa de cedro-rosa por miniestaquia. **Revista Árvore**, v. 27, n. 2, p. 139-143, 2003 a.

XAVIER, A.; SANTOS, G. A. dos; OLIVEIRA, M. L. de. Enraizamento de miniestaca caulinar e foliar na propagação vegetativa de cedro-rosa (*Cedrela fissilis* Vell.). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 3, p. 351-356, 2003b.

XAVIER, A. et al. **Silvicultura clonal**: princípios e técnicas. Viçosa: Ed UFV, 2009. 272 p.