

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ  
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

LUIZ ROBERTO FAGANELLO

**PROPAGAÇÃO VEGETATIVA DE MINIESTACAS  
DE *Cordia trichotoma* EM FUNÇÃO DE AUXINAS  
E ÉPOCAS DE COLETA**

Marechal Cândido Rondon

2012

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ  
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

LUIZ ROBERTO FAGANELLO

**PROPAGAÇÃO VEGETATIVA DE MINIESTACAS  
DE *Cordia trichotoma* EM FUNÇÃO DE AUXINAS  
E ÉPOCAS DE COLETA**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Nível de Mestrado e Doutorado, para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Ubirajara Contro Malavasi.  
Co-orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Marlene de Matos Malavasi.  
Co-orientador: Prof. Dr. Élcio Silvério Klosowski.

Marechal Cândido Rondon

2012

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)  
(Biblioteca da UNIOESTE – Campus de Marechal Cândido Rondon – PR., Brasil)

CIP-NBR 12899 Faganello, Luiz Roberto  
F151p Propagação vegetativa de miniestacas de *Cordia trichotoma*  
em função de auxinas e épocas de coleta / Luiz Roberto  
Faganello. - Marechal Cândido Rondon, 2012  
73 p.

Orientadora: Prof. Dr. Ubirajara Contro Malavasi  
Coorientador: Prof. Dr. Marlene de Matos Malavasi  
Coorientador: Prof. Dr. Élcio Silvério Klosowski

Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade  
Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Marechal Cândido  
Rondon, 2012

1. Louro-pardo - Enraizamento. 2. Reguladores vegetais.  
3. *Cordia trichotoma*. 4. Rejuvenescimento. I. Universidade  
Estadual do Oeste do Paraná. II. Título.

CDD 21.ed. 634.92



**unioeste**

Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Campus de Marechal Cândido Rondon - CNPJ 78680337/0003-46

Rua Pernambuco, 1777 - Centro - Cx. P. 91 - http://www.unioeste.br

Fone: (45) 3284-7878 - Fax: (45) 3284-7879 - CEP 85960-000

Marechal Cândido Rondon - PR.



Estado do Paraná

Ata da reunião da Comissão Julgadora da Defesa de Dissertação do Engenheiro Agrônomo **Luiz Roberto Faganello**. Aos vinte e três dias do mês de março 2012, às 09:00 horas, sob a presidência do Prof. Dr. Ubirajara Contro Malavasi, em sessão pública reuniu-se a Comissão Julgadora da defesa da Dissertação do Engenheiro Agrônomo Luiz Roberto Faganello, discente do Programa de Pós-Graduação *stricto sensu* em Agronomia – Nível Mestrado com área de concentração em **"PRODUÇÃO VEGETAL"**, visando à obtenção do título de **"MESTRE EM AGRONOMIA"**, constituída pelos membros: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Michele Fernanda Bortolini, Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Marlene de Matos Malavasi, Prof. Dr. Elcio Silvério Klosowski, Prof. Dr. Ubirajara Contro Malavasi (Orientador).

Iniciados os trabalhos, o candidato apresentou seminário referente aos resultados obtidos e submeteu-se à defesa de sua Dissertação, intitulada: **"PROPAGAÇÃO VEGETATIVA DE MINI ESTACAS DE *Cordia trichotoma* EM FUNÇÃO DE AUXINAS E ÉPOCAS DE COLETA"**.

Terminada a defesa, procedeu-se ao julgamento dessa prova, cujo resultado foi o seguinte, observada a ordem de arguição:

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Michele Fernanda Bortolini... ..Aprovado  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Marlene de Matos Malavasi... ..Aprovado  
Prof. Dr. Elcio Silvério Klosowski... ..Aprovado  
Prof. Dr. Ubirajara Contro Malavasi (Orientador)... ..Aprovado

Apurados os resultados, verificou-se que o candidato foi habilitado, fazendo jus, portanto, ao título de **"MESTRE EM AGRONOMIA"**, área de concentração: **"PRODUÇÃO VEGETAL"**. Do que, para constar, lavrou-se a presente ata, que vai assinada pelos senhores membros da Comissão Julgadora.

Marechal Cândido Rondon, 23 de março de 2012.

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Michele Fernanda Bortolini

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Marlene de Matos Malavasi (Co-orientadora)

Prof. Dr. Elcio Silvério Klosowski (Co-orientador)

Prof. Dr. Ubirajara Contro Malavasi (Orientador)

## DEDICATÓRIA

*Dedico a todas as pessoas que, de alguma forma, acreditaram que fosse possível vencer mais esse desafio, apesar das dificuldades que iria enfrentar entre compartilhar o tempo ao trabalho, a convivência familiar e dedicação aos estudos. Em especial à minha família, Marisa minha querida esposa e minhas adoráveis filhas, Isabela e Daniela.*

## AGRADECIMENTOS

A Deus, que sempre esteve comigo, em todos os momentos de minha vida, especialmente nos momentos mais difíceis, me motivando, encorajando, mostrando os caminhos a percorrer, dando segurança mesmo quando parecia não haver rumo a seguir.

A minha esposa Marisa, companheira e colaboradora nos momentos das preparações, instalações e avaliações dos ensaios. As minhas filhas que colaboraram nos preparativos para os ensaios, sabiamente compreenderam e souberam esperar por momentos de melhor tranquilidade para uma verdadeira e íntegra convivência familiar.

Ao Prof. Dr. orientador Ubirajara Contro Malavasi pela oportunidade e ensinamentos sobre espécies florestais, pela orientação e confiança para a realização deste trabalho.

Aos co-orientadores, Prof. Dr. Élcio e Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Marlene, pelas inúmeras e valiosas sugestões.

Ao Instituto Paranaense de Assistência Técnica e Extensão Rural, pela disponibilidade do tempo durante a realização do mestrado.

Ao Instituto Ambiental do Paraná, Núcleo Regional de Toledo, pela cessão das mudas de louro-pardo, dos materiais e espaço para formar o jardim miniclinal, pelo zelo e colaboração, a todos os funcionários e colaboradores agradeço.

A Unioeste, Campus de Marechal Cândido Rondon, a toda equipe do Laboratório de Sementes e Mudas do Centro de Ciências Agrárias e Núcleo de Estações Experimentais, pelo apoio técnico, pela cessão de materiais e equipamentos para realização dos ensaios, a todos os funcionários e professores.

A CAPES e CNPq pelo apoio financeiro.

Ao proprietário do Viveiro Florestal Ouro Verde, o Engenheiro Florestal e Mestre em Agronomia, André Ricardo Angonese, pelo espaço cedido e pelo apoio técnico.

A Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Michele Fernanda Bortolini, PUC de Toledo – PR, que muito me ensinou sobre propagação vegetativa de espécies florestais nativas.

Ao Dr. Antonio Aparecido Carpanezi, Embrapa Floresta, Colombo – PR, pelo apoio, incentivo e experiências compartilhadas.

Aos Professores Doutores: Vandeir, Fabíola, e Edmar por compartilharem experiências.

Ao João Alexandre Lopes Dranski, Doutorando, pela amizade, apoio e colaboração nos trabalhos. Ao Dr. Jefferson Klein, pelas sábias sugestões.

Ao Engenheiro Florestal e Mestre em Ciências Florestais, Anderson Wagner Pezzatto, pelo apoio e incentivo aos estudos desde o período anterior e durante todo o mestrado.

Aos colegas: Salvador, Gilberto, Priscilla, Cátia, Maria Cristina, pela amizade e apoio.

Ao professor de graduação em engenharia agrônômica, o Engenheiro Florestal Isaias Mota Alves, pelo grande incentivo, pela cessão de materiais bibliográficos.

As professoras Dr<sup>a</sup>. Katia Christina Zuffellato-Ribas e Dr<sup>a</sup>. Elizabeth Orika Ono, pois mesmo à distância nunca deixaram de trocar informações, dar sugestões sobre a propagação vegetativa.

Enfim, a todos que de alguma forma colaboraram, muito obrigado!

## RESUMO

Propagação vegetativa de miniestacas de *Cordia trichotoma* em função de auxinas e épocas de coleta.

Desenvolveu-se um estudo para propagação vegetativa a partir de miniestacas de louro-pardo (*Cordia trichotoma* Vell. Arrabida ex Steudel) com a coleta dos propágulos no verão e outono de 2011. Assim o presente trabalho teve por objetivo avaliar os efeitos de diferentes concentrações do ácido indolbutírico (IBA) e do ácido naftalenoacético (NAA) no enraizamento e estabelecimento de miniestacas coletadas de brotações de mudas de louro-pardo. Para atender o objetivo deste trabalho, foram realizados dois experimentos. O primeiro experimento aborda o efeito de diferentes concentrações do IBA e NAA no enraizamento de miniestacas caulinares coletadas de brotações de mudas de louro-pardo produzidas por sementes, no mês de fevereiro de 2011, com o uso de irrigação por micro-aspersão, oito vezes ao dia. As mudas de louro-pardo foram produzidas através de sementes, selecionadas e constituindo um jardim miniclinal com posterior poda da parte aérea. As brotações foram colhidas resultando em miniestacas com 12,0 cm de comprimento, 5,5 mm de diâmetro e um par de folhas na porção apical reduzido pela metade. Os tratamentos compreenderam a imersão rápida da base das estacas em ácido indolbutírico e ácido naftalenoacético nas concentrações de 0, 2.000, 4.000, 6.000, 8.000 mg i.a. L<sup>-1</sup> em delineamento de blocos casualizados com arranjo fatorial 2 x 5. Após 60 dias do estaqueamento foram avaliados a porcentagem de enraizamento, o número e comprimento das raízes, a porcentagem de brotações, o número de brotos e folhas novas, a porcentagem de estacas com calos, assim como a sobrevivência e mortalidade. Quando da existência de diferenças as médias foram comparadas pelo teste F a 5 % de probabilidade. Para concentrações, utilizou-se a análise de regressão polinomial a 1 % pelo teste F. O regulador vegetal IBA na concentração de 8.000 mg L<sup>-1</sup> promoveu maior enraizamento de miniestacas. A estaquia oriunda de mudas produzidas por sementes deverá ser melhor investigada como alternativa para a propagação vegetativa da espécie com coleta de miniestacas no verão. O segundo experimento descreve o efeito de diferentes concentrações do IBA e NAA no enraizamento de miniestacas coletadas de brotações das mesmas mudas de louro-pardo, no mês de maio de 2011, com o uso de nebulização intermitente. As brotações foram colhidas, a partir da poda da coleta anterior, resultando em miniestacas com 12,0 cm de comprimento, e 5,5 mm de diâmetro e um par de folhas na porção apical reduzida pela metade. Os tratamentos compreenderam a imersão rápida da base das estacas em ácido indolbutírico (IBA) e ácido naftalenoacético (NAA) nas concentrações de 0, 2.000, 4.000, 6.000, 8.000 mg i.a. L<sup>-1</sup> em delineamento de blocos casualizados com arranjo fatorial 2 x 5. Após 70 dias do estaqueamento foram avaliados a porcentagem de enraizamento, o número e comprimento das raízes, a porcentagem de brotações, o número de brotos e folhas novas, a porcentagem de estacas com calos, assim como a sobrevivência e mortalidade. Quando da existência de diferenças, as médias foram comparadas pelo teste F a 5 % de probabilidade. Para concentrações, utilizou-se a análise de regressão polinomial a 1 % pelo teste F. O emprego do regulador vegetal IBA resultou em maior calogênese média em miniestacas. A estaquia oriunda de mudas produzidas por sementes deverá ser melhor investigada como alternativa para a propagação vegetativa da espécie nesta época do ano.

**Palavras-chave:** louro-pardo; enraizamento; reguladores vegetais; rejuvenescimento.



## ABSTRACT

Vegetative propagation of *Cordia trichotoma* cuttings according to auxin and harvest time.

It was developed a study on vegetative propagation on the rooting of *Cordia trichotoma* semi-woody in Summer and Fall of 2011. Therefore this study aimed to evaluate the effects of different concentrations of IBA (indolbutiric acetic) and NAA (naphthalene acetic) acids on the rooting and establishment of *Cordia trichotoma* semi-woody cuttings gathered from the sprout of *Cordia trichotoma* seedlings. To accomplish the objective of this study, two experiments were conducted. The first experiment considers the effect of different concentrations of IBA (Indolbutiric) and NAA (naphthalene acetic) acids on the rooting of *Cordia trichotoma* stem cutting gathered from the sprout of *Cordia trichotoma* seedlings produced by seeds, in February 2011, using micro sprinkler irrigation, eight times a day. *Cordia trichotoma* seedlings were produced by seeds constituting a miniclonal garden with subsequent pruning of the aerial part. Sprouts were harvested resulting in semi-woody cuttings with 12.0 cm long and 5.5 mm in diameter and a pair of leaves in the apical portion reduced in a half. The treatments consisted of fast immersion of the cuttings base in IBA and NAA acids in concentrations of 0, 2.000, 4.000, 6.000, 8.000 mg i.a. L<sup>-1</sup> in a randomized block design with factorial arrangement 2 x 5. After 60 days of cutting, rooting percentage, roots number and length, sprouting percentage, the number of shoots and new leaves were evaluated as well as the survival and mortality. When there were differences, the averages were compared by F test at 5 % probability. For concentrations, it was used a polynomial regression analysis to 1 % by F test. The vegetal regulator IBA at a concentration of 8.000 mg L<sup>-1</sup> showed higher cutting rootings. The cutting originated from seedlings produced by seeds must be better investigated as an alternative to the vegetative propagation of the species in Summer. The second experiment describes the effect of different concentrations of IBA (Indolbutiric acetic) and NAA (naphthalene acetic) acids on the rooting of stem cuttings gathered from the sprout of *Cordia trichotoma* seedlings in May 2011, produced by seeds using intermittent mist. *Cordia trichotoma* seedlings were produced by seeds constituting a miniclonal garden with subsequent pruning of the aerial part. Sprouts were harvested, from the pruning of the previous harvest, resulting in semi-woody cuttings with 12.0 cm long and 5.5 mm in diameter and a pair of leaves in the apical portion reduced in a half. The treatments consisted of fast immersion of the cuttings base in IBA and NAA acids in concentrations of 0, 2.000, 4.000, 6.000, 8.000 mg i.a. L<sup>-1</sup> in a randomized block design with factorial arrangement 2 x 5. After 70 days of cutting, rooting percentage, roots number and length, sprouting percentage, the number of shoots and new leaves were evaluated as well as the survival and mortality. When there were differences, the averages were compared by F test at 5 % probability. For concentrations, it was used a polynomial regression analysis to 1 % by F test. The use of plant growth regulator IBA resulted in increased callus formation in cuttings. The cuttings originated from seedlings produced by seed must be further investigated as an alternative to vegetative propagation of the species for this time of year.

**Keywords:** *Cordia trichotoma*; rooting; plant growth of regulators; rejuvenation.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: temperatura e umidade relativa do ar média por horário ao longo do dia no ambiente propagativo de 19/02 a 21/04 de 2011 .....	40
Figura 2: porcentagem de enraizamento (a), porcentagem de miniestacas com calos (b) e porcentagem de sobrevivência (c) de miniestacas coletadas de brotações de mudas de <i>Cordia trichotoma</i> submetidas a diferentes concentrações de ácido indolbutírico e naftalenoacético. **, ns Significativo a 1% ou não significativo pelo teste F .....	43
Figura 3: fotos de miniestacas enraizadas de acordo com os tratamentos .....	46
Figura 4: efeito de concentrações crescentes de IBA e NAA em miniestacas coletadas de brotações de mudas de <i>Cordia trichotoma</i> . Porcentagem de miniestacas brotadas (a). Número de brotos (b). Número de folhas jovens (c). Mortalidade (d). Número de raízes (e). ** Significativo a 1% pelo teste F .....	48
Figura 5: temperatura máxima, média e mínima (°C) dos meses de maio a julho de 2011 da Estação Experimental Prof. Dr. Antonio Carlos dos Santos Pessoa, município de Marechal Cândido Rondon, Linha Guará .....	52
Figura 6: visão geral do experimento enfatizando a brotação das miniestacas de louro-pardo aos 44 dias (a) e (b) e aos 70 dias (c) e (d) após o estaqueamento .....	53
Figura 7: número médio de brotos em miniestacas coletadas de brotações de mudas de <i>Cordia trichotoma</i> submetidas a diferentes concentrações de IBA e NAA. ** Significativo a 1% pelo teste F .....	58
Figura 8: comprimento médio de brotos em miniestacas coletadas de brotações de mudas de <i>Cordia trichotoma</i> submetidas a diferentes concentrações de IBA e NAA. **, ns Significativo a 1% ou não significativo pelo teste F .....	59

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1: enraizamento, número de raízes e comprimento médio de raízes, calos e mortalidade em miniestacas coletadas de brotações de mudas de *Cordia trichotoma* submetidas a diferentes concentrações de IBA e NAA ..... 45
- Tabela 2: calo e sobrevivência de miniestacas coletadas de brotações de mudas de *Cordia trichotoma* submetidas a diferentes concentrações de IBA e NAA ..... 55

## LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

% – Porcentagem

\* – Significativo a 5 % de probabilidade pelo teste F (Fisher)

\*\* – Significativo a 1 % de probabilidade pelo teste F (Fisher)

® – Marca registrada

° ' " – Graus minutos segundos

°C – Graus Celsius

μmol – Micromol

6 M – 6 meses

APP – Área de Preservação Permanente

ARL – Área de Reserva Legal

C<sub>3</sub> – Primeiro composto produzido, resultante da fotossíntese, composto por 3 carbonos (ácido 3 fosfoglicérico – 3 PGA)

cm – Centímetro

cm<sup>-3</sup> – Centímetro cúbico

Cu – Cobre

CV – Cavalos vapor / causas de variação

C.V. – Coeficiente de variação

cv – Cultivar

dm<sup>-3</sup> – Decímetro cúbico

DMS – Diferença mínima significativa

DNA – Ácido desoxirribonucleico

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

Fe – Ferro

g – Gramas

g cm<sup>-3</sup> – Gramas por centímetro cúbico

g L<sup>-1</sup> – Gramas por litro

H<sup>+</sup> – Íon hidrogênio

ha – Hectare

IAA – Ácido indolacético

IBA – Ácido indolbutírico

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

K – Potássio

$K_2O$  – Óxido de potássio  
kg – Quilograma  
km – Quilômetro  
m – Metro  
 $m^2 s^{-1}$  – Metro quadrado por segundo  
 $m^3 ha^{-1} ano^{-1}$  – Metro cúbico por hectare por ano  
mca – Metro coluna d'água  
Mg – Magnésio  
mg i. a.  $L^{-1}$  – Miligrama de ingrediente ativo por litro  
 $mg L^{-1}$  – Miligrama por litro  
mm – Milímetro  
Mn – Manganês  
Mo – Molibidênio  
N – Nitrogênio  
NAA – Ácido naftalenoacético  
<sup>ns</sup> – Não significativo  
O – Oeste  
P – Fósforo  
 $p < 0,01$  – Nível de 1 % de significância  
 $p < 0,05$  – Nível de 5 % de significância  
 $P_2O_5$  – Pentóxido de fósforo  
pH – Potencial hidrogeniônico  
PR – Paraná  
PVC – Policloreto de vinil  
RFA – Radiação fotossinteticamente ativa  
RNAm – Ácido ribonucleico mensageiro  
S – Enxofre e Sul  
s – Segundo  
SAEG – Sistema para análises estatística  
v/v – Volume por volume

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>17</b>
<b>2.1 Descrição da Espécie .....</b>	<b>17</b>
<b>2.2 Propagação Vegetativa .....</b>	<b>19</b>
<b>2.3 Estaquia .....</b>	<b>20</b>
<b>2.4 Formação de Raízes Adventícias .....</b>	<b>22</b>
<b>2.5 Fatores que Afetam o Enraizamento de Estacas .....</b>	<b>24</b>
2.5.1 Fatores intrínsecos .....	24
2.5.1.1 Reguladores vegetais .....	28
2.5.2 Fatores extrínsecos .....	31
2.5.2.1 Luminosidade .....	31
2.5.2.2 Temperatura .....	32
2.5.2.3 Umidade .....	33
2.5.2.4 Juvenilidade .....	33
2.5.2.5 Substrato .....	35
2.5.2.6 Época do ano .....	36
<b>3 EXPERIMENTO I.....</b>	<b>38</b>
<b>3.1 Material e Métodos .....</b>	<b>38</b>
<b>3.2 Resultados e Discussão .....</b>	<b>41</b>
<b>3.3 Conclusões .....</b>	<b>49</b>
<b>4 EXPERIMENTO II.....</b>	<b>50</b>
<b>4.1 Material e Métodos .....</b>	<b>50</b>
<b>4.2 Resultados e Discussão .....</b>	<b>53</b>
<b>4.3 Conclusões .....</b>	<b>59</b>
<b>5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>60</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>67</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Popularmente conhecida como louro-pardo, *Cordia trichotoma* (Vell.) Arrabida ex Steudel (Boraginaceae) é uma árvore caducifólia, heliófita de ocorrência natural na América Central e do Sul. No Brasil, aparece desde o Norte do Ceará ao Rio Grande do Sul (LORENZI, 2002 e CARVALHO, 2003).

Dentre as utilidades da espécie, destaca-se principalmente seu emprego de madeira serrada e roliça, e suas flores são melíferas (CARVALHO, 2003). Ainda é recomendada para recomposição ambiental (CARPANEZZI e CARPANEZZI 2006).

Projetos que visam à manutenção dos remanescentes florestais nativos e a ampliação da cobertura florestal buscando a conservação da biodiversidade, em especial para Áreas de Preservação Permanente (APP) e Áreas de Reserva Legal (ARL), têm se destacado como cumprimento das exigências do Código Florestal (IAP, 2004).

A demanda crescente por madeira estabelece um importante cenário para o setor onde, de um lado encontram-se os plantios comerciais de espécies exóticas de rápido crescimento, como eucalipto, para as quais já existe considerável conhecimento científico e tecnológico do processo produtivo (HEBERLE, 2010). Por outro lado a necessidade de madeiras mais nobres<sup>1</sup>, com múltiplos usos, quer seja para a construção civil com empregos diversos, construções de tonéis, embarcações leves, réguas; carpintaria, marcenaria e ainda para fabricação de móveis de luxos e revestimentos decorativos (LORENZI, 2002; CARVALHO, 2003; HEBERLE, 2010).

Busca-se ainda equilibrar os aspectos ambientais, sociais e econômicos, sendo que neste caso, a procura é grande por espécies florestais nativas, que apresentam escassas informações técnicas e silviculturais (LORENZI, 2002; SCHNEIDER et al., 2006; FICK et al., 2007; MAPA et al., 2007).

Plantios comerciais de espécies lenhosas nativas têm utilizado mudas produzidas a partir de sementes, que resultam em povoamentos heterogêneos e que dificultam operações de manejo. Portanto, o melhoramento genético de espécies lenhosas nativas reveste-se de importância em função da inexistência de genótipos de alta qualidade genética que possam ser propagados (CLEMENT, 2001).

Estudos de propagação que contemplem espécies nativas são necessários para garantir a produção de mudas de qualidade para plantios comerciais, homogêneos ou integrados,

---

<sup>1</sup> São aquelas com elevadas durabilidade natural, bom aspecto geral, cheiro agradável ou ausência de cheiro e elevada estabilidade em todos os sentidos.

reduzindo a pressão sobre as matas remanescentes, além de contribuir para a recomposição de ecossistemas degradados. Dentre as espécies nativas, destaca-se o louro-pardo, uma árvore que apresenta madeira leve a moderadamente densa, muito apreciada nos mercados interno e externo (LORENZI, 2002; CARVALHO, 2003).

Louro-pardo está na lista das espécies que correm perigo de extinção; conforme Siqueira e Nogueira (1992) no Estado de São Paulo; Filgueiras e Pereira (1990) no Distrito Federal; segundo Carvalho (2003), no Estado do Mato Grosso e Estado do Rio Grande do Sul.

Para Carvalho (2003) a propagação do louro-pardo pode ser realizada por via sexuada, porém o uso dessa técnica limita a produção comercial de mudas, já que as sementes perdem a viabilidade em curto período de tempo. Além de possuírem germinação lenta e irregular (MENDONÇA et al., 2001).

Para Higashi et al. (2000) e Heberle (2010), as espécies florestais apresentam elevada taxa de fecundação cruzada, resultando em grande variabilidade genética entre e dentro da progênie. Diante disso, a propagação de louro-pardo por sementes resulta em mudas desuniformes (em relação à altura e ao diâmetro de colo) e sujeitas à baixa qualidade, o que pode ser prejudicial à uniformidade e produtividade dos povoamentos visando à exploração de madeira. Já a reprodução assexuada, ou propagação vegetativa, permite a fixação de genótipos selecionados, evitando a variabilidade genética característica dos povoamentos formados por mudas de origem seminal (HIGASHI et al., 2000).

Entretanto, a propagação vegetativa possui o inconveniente de restringir a base genética das mudas produzidas, segundo Ferreira et al. (2010), o que é indesejável na aprovação de programas de recuperação de áreas degradadas, os quais requerem a existência da maior variabilidade genética possível. Essa variabilidade genética pode ser obtida utilizando brotações de mudas produzidas por semente, as quais devem ser coletadas de um maior número de árvores matrizes possível, respeitando a distância mínima entre elas (WENDLING et al., 2005).

A estaquia pode-se constituir uma alternativa para a produção de mudas de louro-pardo, pois não foi encontrada referência descrita, dentre o material pesquisado, sobre o processo que promoveu o enraizamento de estacas e miniestacas caulinares da espécie. Entretanto, em *Cordia alliodora* (Ruiz e Pavon) Oken, louro-freijó, foi observado a formação de raízes em estacas com o uso do ácido indolbutírico, embora os autores relatam que as condições do ambiente de enraizamento devem ser cuidadosamente observadas, por exercerem grande influência nos processos rizogênicos dessa espécie (MESÉN et al., 1997).



Para espécies que não possuem a composição química endógena necessária a obtenção de plantas por estaquia é um processo lento e às vezes impraticável. Esse entrave pode ser resolvido com o emprego de alguns reguladores vegetais, especificamente do grupo das auxinas e de co-fatores do enraizamento, que estimulam e aceleram o processo radicial, uniformizam e induzem a formação de raízes em plantas tidas como de difícil enraizamento (ONO et al., 1994).

Em se tratando de espécies lenhosas, a aptidão para o enraizamento de estacas está associada ao grau de maturação. Na fase juvenil as plantas apresentam maior potencial de enraizamento em relação à fase adulta (HARTMANN et al., 2002). Face às dificuldades de enraizamento do material maduro, o rejuvenescimento de células e tecidos é, provavelmente, um dos mais importantes aspectos para o alcance efetivo da propagação vegetativa (MESÉN, 1997). Assim a técnica de estaquia com propágulos juvenis torna-se uma opção interessante já que estacas retiradas de árvores adultas enraízam com dificuldades (GRATIERI-SOSSELLA et al., 2008; XAVIER et al., 2009; HEBERLE, 2010).

Entende-se que a estaquia caracteriza-se como um dos métodos mais importantes da macropropagação de espécies florestais devido à maior uniformidade no desenvolvimento da muda, e ausência de variabilidade genética dos progenitores, permitindo a fixação de genótipos selecionados (INOUE e PUTTON, 2007; HEBERLE, 2010).

A propagação vegetativa é um processo baseado na teoria da totipotência. Este princípio retrata que todas as células vivas têm a capacidade ou potencial de reproduzir um organismo inteiro, desde que possuam condições adequadas e informações genéticas necessárias para ocorrerem às transformações morfogenéticas (HARTMANN et al., 2002; XAVIER et al., 2009), possibilitando a regeneração de raízes, ramos, folhas e calos (TAIZ e ZEIGER, 2009).

A iniciação de raízes adventícias é estimulada por altos níveis de auxina que estimulam a divisão celular até formar meristema apical da raiz (TAIZ e ZEIGER, 2009). Os reguladores vegetais mais efetivos na indução da formação de raízes adventícias, em estacas, são as auxinas. O ácido indolbutírico e o ácido naftalenoacético, em aplicação exógena, mostram-se bastante eficientes para promover crescimento de raízes (FACHINELLO et al., 2005). Entretanto, a resposta da planta à auxina endógena ou exógena varia tanto com a natureza do tecido quanto com a concentração da substância presente (XAVIER et al., 2009).

O aumento da concentração de auxina exógena, aplicadas em estacas, segundo Fachinello et al. (2005), promove efeito estimulador de raízes até um valor máximo, a partir

do qual qualquer acréscimo de auxinas tem efeito inibitório; induzem mudanças metabólicas e bioquímicas podendo levar o vegetal à morte (KERBAUY, 2004).

Devido haver poucas informações sobre a propagação vegetativa de louro-pardo, a presente dissertação teve como objetivo avaliar o efeito da aplicação de diferentes concentrações do IBA (ácido indolbutírico) e NAA (ácido naftalenoacético) no enraizamento de miniestacas caulinares coletadas, no verão e outono, de brotações de mudas de louro-pardo produzidas por sementes.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Descrição da Espécie

Ocorrem cerca de 65 espécies do gênero *Cordia* no Brasil, o que totaliza um quarto das espécies deste gênero no mundo. É encontrada em várias formações vegetais, desde Floresta Estacional Semidecidual Submontana, Decidual; Floresta Ombrófila Densa e Mista; Caatinga Arbórea e eventualmente no Cerradão (LORENZI, 2002; CARVALHO, 2003). Na América Central e do Sul, destacam-se *C. trichotoma*, *C. alliodora* e *C. goeldiana*. Todas são produtoras de madeira de alta qualidade (CARVALHO, 2003).

Segundo Marchiori (2004), o termo *Cordia* é em homenagem ao médico e botânico alemão Euricius Cordus (1486 – 1535) e seu filho Valerius Cordus (1515 – 1544); já o significado de *trichotoma* é “que está dividido em três partes”, alusivo ao estigma (SMITH Apud CARVALHO, 2003).

A espécie *Cordia trichotoma* (Vell.) Arrabida ex Steudel é uma árvore caducifólia, com 8 a 35 m de altura e de 40 a 100 cm diâmetro a altura do peito, na idade adulta. Possui tronco reto, de seção ovalada a cilíndrica com fuste bem definido com altura de até 15 metros. Ramificação monopodial quando jovem e dicotômica ou simpódica quando adulta. Copa típica com até 8 m de diâmetro, é uma planta polígama, com flores masculinas e hermafroditas, polinizadas especialmente por abelhas e outros pequenos insetos (CARVALHO, 2003; HEBERLE, 2010). Apresenta madeira leve à moderadamente densa (0,43 a 0,78 g cm<sup>-3</sup>) muito apreciada nos mercados interno e externo (LORENZI, 2002; CARVALHO, 2003). Analogamente às espécies de eucaliptos a densidade dessas varia entre 0,36 a 0,65 g cm<sup>-3</sup> (CARDOSO et al., 2002; FOELKEL, 2009).

Para Carpanezzi e Carpanezzi (2006), as APP e ARL constituem os alvos mais importantes da Recuperação de Ecossistemas Degradados e o louro-pardo é uma das espécies recomendada para este fim. Estes ecossistemas estão estimados em 1 milhão de hectares somente no Estado do Paraná (EMBRAPA FLORESTA, 2006). Segundo Lorenzi (2002), referindo-se a louro-pardo comenta que a espécie é ótima para reflorestamentos heterogêneos destinados a recomposição de áreas degradadas. Para Schneider et al. (2006), o louro-pardo é uma das espécies florestais que, presta-se biológica, social e economicamente para combinar seu cultivo com a agricultura e com pastoreio controlado.

Entretanto, louro-pardo aparece na lista das espécies que correm perigo de extinção no Estado de São Paulo (SIQUEIRA e NOGUEIRA, 1992). No Distrito Federal, sendo conservada *ex situ* pela Embrapa Florestas (FILGUEIRAS e PEREIRA, 1990). Já no Estado do Mato Grosso, na Região de Cáceres, encontra-se em via acelerada de extinção e, na Região Nordeste do Estado do Rio Grande do Sul, encontra-se em franca erosão genética, recomendando coleta de germoplasma (CARVALHO, 2003).

O louro-pardo é uma das árvores mais promissoras para reflorestamentos; quando bem manejado atingem incremento anual acima de  $20 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , em solos de média a alta fertilidade, associado a bons tratos silviculturais na Argentina, sendo possível iniciar a exploração de madeira aos 15 anos (CARVALHO, 2003; FICK, 2007). Porém, quando da falta de investimento em seleção de plantas com características superiores para exploração de madeira, tem-se conseguido baixo rendimento para louro-pardo, apresentando  $10,70 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  aos 10 anos de idade no Brasil (CARVALHO, 2002).

O melhoramento genético no Brasil tem propiciado o crescimento do setor florestal, especialmente pela maximização da produção de madeira. Isso porque o melhoramento florestal possibilita o estabelecimento de plantios mais homogêneos com maior resistência a pragas, doenças e estresses ambientais (FLORIANO, 2004).

A propagação de louro-pardo dá-se naturalmente por sementes; mas apresenta certas restrições para a produção comercial de mudas, basicamente, em consequência da variabilidade que a propagação sexuada confere aos novos descendentes. As sementes perdem a viabilidade em curto período de tempo, possuem ainda, germinação lenta e irregular, dificultando os plantios comerciais nos quais a homogeneidade é característica importante (CARVALHO, 2003).

Lorenzi (2002) relata que a espécie é de germinação lenta (50 a 90 dias), porém abundante, mas ressalva que as sementes deverão ser semeadas no máximo até cinco meses após a colheita. Coletando sementes de cinco árvores de louro-pardo em Colombo, PR, Kuniyoshi (1983), apud Carvalho (2003), encontrou uma germinação média de 11,6 % com taxas variando de 0,0 % a 17,5 %.

A falta de técnicas na produção de mudas para algumas espécies nativas e ainda, em alguns casos, a falta de viabilidade das sementes, indica a propagação vegetativa como alternativa para multiplicação, pois proporciona a formação de populações de plantas homogêneas (FRANZON et al., 2004 e LIMA et al., 2006).

## 2.2 Propagação Vegetativa

Na década de 40 do século passado, Schreiner (1939), apontava vantagens dos clones com referência à uniformidade de crescimento e desenvolvimento e de uma imediata disponibilidade de indivíduos superiores para o reflorestamento. Isto por permitir a fixação de genótipos selecionados, evitando a variabilidade genética característica dos povoamentos formados por mudas de origem seminal restringindo a base genética (HIGASHI et al., 2000; FERREIRA et al., 2010).

Quando da necessidade de maior variabilidade genética, para recuperação de áreas degradadas, pode se utilizar de brotações de mudas produzidas por semente, as quais devem ser coletadas de um maior número possível de árvores matrizes (WENDLING et al., 2005; SILVA, 2007).

A propagação vegetativa é possível por causa de duas propriedades fundamentais das células das plantas, uma é a totipotência e a outra a desdiferenciação. A primeira significa que toda célula viva da planta contém a informação genética necessária para reconstruir todas as suas partes e funções (HARTMANN et al., 2002). Este princípio retrata que todas as células vivas têm a capacidade ou potencial de reproduzir um organismo inteiro, desde que possuam condições adequadas e informações genéticas necessárias para ocorrerem as transformações morfogênicas (XAVIER et al., 2009). Assim originam órgãos ou tecidos vegetais, possibilitando a regeneração de raízes, ramos, folhas, calos e embriões (TAIZ e ZEIGER, 2009).

A segunda propriedade, a desdiferenciação, significa ter a capacidade previamente desenvolvida das células desdiferenciarem para retornar à condição meristemática e desenvolver um novo ponto de crescimento (HARTMANN et al., 2002).

Pequenos grupos de células formam o tecido meristemático presente já no embrião e são ativos, ou potencialmente ativos, durante a maior parte da vida das plantas. A decisão de uma célula individual se dividir ou permanecer em repouso, ou ainda se diferenciar, depende da presença e da capacidade de percepção de vários sinais, dentre eles os níveis hormonais, luz, temperatura, umidade entre outros (KERBAUY, 2004).

A propagação vegetativa é uma técnica utilizada para reproduzir uma planta geneticamente idêntica à planta matriz. Isso só é possível porque as células contêm, em seus núcleos, as informações necessárias para gerar uma nova planta. O método é definido conforme o objetivo, a espécie, a característica genotípica da planta, os tipos de propágulos, a

época do ano, entre outras (WENDLING et al., 2005 e HERBELE, 2010). Na propagação vegetativa, as células reproduzidas são somáticas, não havendo a união de gametas, resultando em clones, processo em que a mitose é responsável pelo controle, desenvolvimento e crescimento das plantas, na qual é mantida a identidade genética da planta matriz (XAVIER et al., 2009).

Segundo Wendling (2004), os protocolos desenvolvidos para propagação vegetativa de espécies nativas de interesse comercial têm apresentado várias limitações, entre elas destaca-se a falta de métodos eficientes de rejuvenescimento de material adulto, técnicas de manejo do ambiente de propagação, além do baixo vigor do sistema radicular formado.

Pouco se conhece sobre a propagação vegetativa pela técnica de enraizamento de miniestacas de árvores selecionadas de espécies florestais nativas brasileiras, tendo relatos superficiais da literatura, não fornecendo tecnologia suficiente para seu desenvolvimento (XAVIER et al., 2009). Os autores ainda relatam que nos últimos anos vários trabalhos vêm sendo realizados buscando o desenvolvimento da estaquia para espécies florestais nativas no Brasil, como erva-mate (*Ilex paraguariensis*), pinheiro-brasileiro (*Araucaria angustifolia*), pau-brasil (*Caesalpinia echinata*), aroeira-vermelha (*Schinus terebinthifolius*), pau-de-leite (*Sapium glandulatum*), cedro-rosa (*Cedrela fissilis*), entre outras.

Apesar de louro-pardo ser uma espécie florestal nativa com elevado potencial madeireiro, estudos que abordam a produção de mudas dessa espécie pela propagação vegetativa são escassos (HEBERLE, 2010). Segundo Inoue e Putton (2007), a propagação vegetativa feita por meio de estacas é um dos métodos mais importantes da macropropagação de espécies florestais.

### **2.3 Estaquia**

A propagação por estacas é o método mais importante, simples e rápido de propagação de indivíduos genotipicamente superiores, resistentes a pragas e doenças, além de possibilitar a propagação de espécies que apresentam dificuldades na germinação (FACHINELLO, et al., 2005; HEBERLE, 2010).

Para espécies florestais nativas o enraizamento de estacas, em condições de viveiro, constitui uma alternativa para a produção de mudas e tem a finalidade de aprimorar e definir métodos, visando o melhoramento genético e o reflorestamento (RODRIGUES, 1990).

A estaquia caracteriza-se pela obtenção de uma nova planta a partir de partes de caule, raiz ou folha, destacadas de uma planta matriz selecionada com características desejadas, pelo cultivo em substrato (PERRANDO, 2003). Porém, quando o objetivo são mudas para fins ambientais, com genótipos variados, devem ser incluídos indivíduos isentos de parentesco entre si (SILVA, 2007).

A estaca caulinar é a mais importante e utilizada, podendo ser dividida em quatro grupos de acordo com a natureza do lenho: estacas lenhosas apresentam tecidos endurecidos; estacas herbáceas apresentam tecidos tenros; semilenhosas e semiherbáceas apresentam um estágio intermediário entre os dois extremos (HARTMANN et al., 2002; FACHINELLO, et al., 2005).

Para espécies lenhosas, a aptidão para o enraizamento de estacas está associada ao grau de maturação, onde tem-se observado que na fase juvenil as plantas apresentam maior potencial de enraizamento que na fase adulta (HARTMANN et al., 2002). À medida que o material se torna mais lignificado, o local de formação de raízes parece se deslocar em direção centrípeta, ou seja, em estacas semilenhosas, originam do floema, em estacas lenhosas, do câmbio, podendo conferir maior resistência à emissão radicial (XAVIER et al., 2009).

Em vista às dificuldades de enraizamento apresentadas pelo material maduro, o rejuvenescimento de células e tecidos é, provavelmente, um dos mais importantes aspectos para o alcance efetivo da propagação vegetativa (MESÉN, 1997).

A miniestaquia é uma variação da técnica da estaquia convencional, utilizando brotações de planta propagadas por estaquia, ou mudas produzidas por sementes (ALFENAS et al., 2009). Para material de consistência semilenhosa apresentam comprimento de 7,5 a 15,0 cm, e diâmetro variável, dependendo da espécie, com presença de folhas por favorecer o enraizamento, provavelmente devido à produção de co-fatores do enraizamento nas folhas (carboidratos e hormônios), podendo ser cortadas ao meio quando grandes para reduzir a transpiração (FACHINELLO, et al., 2005; XAVIER et al., 2009).

A utilização de brotos de mudas produzidas por semente apresenta uma série de vantagens em relação às matrizes adultas no campo, como a maior facilidade de coleta das brotações, menores gastos com deslocamentos, maiores índices e velocidade de enraizamento, maior vigor do sistema radicial e partes aéreas formadas, maior variabilidade genética, e a possibilidade de propagação vegetativa sem a necessidade de utilizar indutores de enraizamento, entre outros (WENDLING et al., 2005 e FERREIRA et al., 2010).

O sucesso na propagação de uma espécie por estacas varia, principalmente, de acordo com a época do ano, balanço hormonal e outras substâncias necessárias ao enraizamento (XAVIER et al., 2009). Assim, a estaquia é largamente utilizada pela simplicidade operacional, mas pode ser vista como uma técnica de grande complexidade (HARTMANN et al., 2002).

## **2.4 Formação de Raízes Adventícias**

Quando as estacas são colocadas em condições de enraizamento, ocorre normalmente a formação de calos, que são massas irregulares de células parenquimáticas em diferentes estágios de lignificação, através dos quais as raízes podem surgir. Porém, a formação das raízes adventícias e dos calos são independentes e sua ocorrência simultânea se explica pelo fato de ambos envolverem processos de divisão celular, o que pode depender de condições internas e ambientais similares (ALVARENGA e CARVALHO, 1983; HARTMANN et al., 2002).

A formação de raízes em estacas é um processo anatômico e fisiológico complexo, associado à desdiferenciação e ao redirecionamento do desenvolvimento de células vegetais, totipotentes, mesmo em tecidos maduros, para a formação de meristemas que darão origem a raízes adventícias e ou brotações (ALFENAS et al., 2009).

Quanto aos aspectos anatômicos, o enraizamento adventício compreende a capacidade das células do parênquima (entre os feixes vasculares, floema e xilema secundário) reiniciar a função meristemática e propiciar a regeneração de tecidos e órgãos, através de sucessivas divisões e, posterior, diferenciação (ALVARENGA e CARVALHO, 1983).

Em relação aos aspectos fisiológicos, para ocorrer o enraizamento torna-se necessária a disponibilidade e receptividade das células do parênquima para regenerar regiões meristemáticas, modificações das relações entre inibidores e promotores de enraizamento, acúmulo e redistribuição de carboidratos e mudanças no teor de nitrogênio e aminoácidos (DAVIES JUNIOR e HARTMANN, 1988).

A formação de raízes adventícias pode ocorrer de forma direta, pela diferenciação de células próximas ao sistema vascular, que ocorre nos eixos caulinares em função dos níveis de auxinas; ou indireta, quando as células de divisão não orientadas formam calos que permanecem assim por um período e depois, ao se dividirem de forma organizada, iniciam a



raiz primária (HARTMANN et al., 2002; KERBAUY, 2004). Ainda segundo Taiz e Zeiger (2009), podem surgir de uma grande variedade de tecidos a partir de agregados de células maduras que renovam sua atividade de divisão celular em meristema apical semelhante à formação de raízes laterais.

Segundo Peres (2002) são várias as etapas envolvidas na regeneração de uma planta, onde a partir do propágulo ocorre o processo de desdiferenciação pelo qual a célula diferenciada reassume atividade meristemática; indução indica o que causa a iniciação de uma estrutura; determinação refere-se ao grau de comprometimento que um grupo de células tem perante um direcionamento naquele momento; diferenciação significa mudanças fisiológicas, morfológicas e anatômicas que ocorre em células e tecidos durante o desenvolvimento; regeneração que leva a formação de uma nova planta.

Em relação ao enraizamento as plantas podem ser classificadas em três principais grupos: as de fácil enraizamento, que possuem em seus tecidos substâncias endógenas necessárias à iniciação radicial dispensando a aplicação de qualquer substância exógena para a formação de raízes; plantas relativamente fáceis de enraizar, têm em seus tecidos os co-fatores necessários, mas não possuem auxinas suficientes. Assim com a aplicação de auxina exógena obtém-se sucesso no enraizamento das estacas; plantas de difícil enraizamento são as que não apresentam um ou mais co-fatores, independentemente da quantidade de auxinas endógenas. Neste caso, somente a aplicação de auxinas exógenas não é suficiente para o enraizamento das estacas (HARTMANN et al., 2002).

O enraizamento acontece em decorrência do acúmulo de auxina na porção imediatamente superior ao corte, já que o transporte polar da auxina é interrompido nessa região, sendo intensificado a emissão radicial quando tratar essa região do corte com uma solução de auxina (KERBAUY, 2004).

O processo de formação radicial pode ser influenciado por injúria, pelo balanço hormonal, pela constituição genética da planta matriz, pela presença de inibidores e pelas condições nutricionais e hídricas da planta doadora de propágulo (ALFENAS et al., 2009).

Além de diversos outros fatores intrínsecos, tais como juvenilidade do propágulo, condição fisiológica (presença de carboidratos, substâncias nitrogenadas, aminoácidos, auxinas, compostos fenólicos e outras substâncias não identificadas), presença de folhas e gemas, e estado nutricional da planta matriz; e de fatores extrínsecos, dentre os quais se destacam, a composição e o pH do substrato, o uso de fitoreguladores, a luminosidade, a

temperatura, a umidade e a época de coleta dos propágulos (ZUFFELLATO-RIBAS e RODRIGUES, 2001; HARTMANN et al., 2002).

## **2.5 Fatores que Afetam o Enraizamento de Estacas**

Geralmente ocorre interação entre fatores, e não estudos isolados, para melhor explicação das causas do enraizamento. Quanto maior a dificuldade de emissão radicial de uma espécie, tanto maior a importância dos fatores que o afetam (FACHINELLO, et al., 2005). Em espécies de difícil enraizamento, além do balanço hormonal, outros fatores, e em particular o estado fisiológico do propágulo, influenciam a rizogênese (ALFENAS et al., 2009). De modo geral, essas dificuldades podem ser contornadas pela adequação do meio físico, como a temperatura e umidade relativa do ar (MESÉN, 1977; XAVIER et al., 2009).

O tipo de estaca e a época do ano para coleta do material também são fatores que influenciam a formação de raízes adventícias e vários autores verificaram o efeito desses fatores na propagação vegetativa (ZUFFELLATO-RIBAS e RODRIGUES, 2001; DUTRA et al., 2002; SALOMÃO et al., 2002; GONTIJO et al., 2003; KNAPIK et al., 2003; BASTOS et al., 2004; FERREIRA et al., 2010).

### **2.5.1 Fatores intrínsecos**

A auxina é o hormônio vegetal mais estudado e conhecido entre todas as substâncias que afetam o desenvolvimento das plantas (ZUFFELLATO-RIBAS e RODRIGUES, 2001). O ácido indolacético (IAA) é uma auxina natural, que em conjunto com carboidratos, compostos nitrogenados e vitaminas provocam a indução do sistema radicial. Há várias rotas para a biossíntese do IAA, sendo o aminoácido triptofano o principal precursor, além de uma via independente do triptofano para a biossíntese desse hormônio vegetal (TAIZ e ZEIGER, 2009).

O IAA é sintetizado principalmente no meristema apical, gemas axilares e folhas jovens, tendo ainda os frutos e sementes em desenvolvimento os principais locais de síntese. É translocado para diferentes órgãos de acordo com o mecanismo de transporte polar e

basípeto a partir do meristema apical até as extremidades das raízes (TAIZ e ZEIGER, 2009; XAVIER et al., 2009).

As auxinas podem ser encontradas naturalmente nos vegetais sob a forma livre ou conjugada. IAA na forma livre é a forma biologicamente ativa do hormônio, mas a grande maioria é encontrada na forma conjugada. Quando conjugado com glicosídeos, o IAA serve basicamente como reserva (TAIZ e ZEIGER, 2009). O IAA pode ser degradado no tecido vegetal por meio da foto-oxidação e pela oxidação enzimática realizada pelo sistema IAA-oxidase, sendo que a quebra deste ácido garante que o nível dependa de nova síntese, regulando a taxa hormonal na planta (WACHOWICZ e CARVALHO, 2002; TAIZ e ZEIGER, 2009).

Acredita-se que o crescimento promovido pelas auxinas ocorre por meio de transporte de íons de  $H^+$  pelas paredes celulares aumentando sua extensão e pela indução da transcrição de RNAm específico necessário para promover o crescimento (XAVIER et al., 2009). Os autores ainda complementam que em morfogênese, a aplicação de auxina parece ser capaz de apagar programas de diferenciação celular, revertendo células em estado de diferenciação e reabilitando a divisão celular.

Além dos hormônios vegetais, outras substâncias de ocorrência natural, denominadas co-fatores do enraizamento, que atuam sinergicamente com auxinas, são necessárias para ocorrer o enraizamento sendo essas potencializadas em estacas provenientes de plantas jovens (FACHINELLO et al., 2005). Desta forma, um bom enraizamento depende da presença desses co-fatores (ALVARENGA e CARVALHO, 1983; HARTMANN et al., 2002).

Considerando que a formação de raízes é um processo de crescimento que necessita de nutrientes, é importante que haja equilíbrio da auxina com carboidratos e compostos nitrogenados (ONO e RODRIGUES, 1996). Nanda e Anand (1971), comprovaram que a habilidade ao enraizamento de uma estaca caulinar é determinada pelo balanço entre fatores nutricionais e hormonais e que o enraizamento pode não ocorrer quando a concentração de um destes estiver muito alta.

Palanisamy e Subramanian (2001), relacionaram o sucesso do enraizamento com o possível aumento dos níveis de carboidratos e de nutrientes nas estacas de *Tectona grandis* L. (teca), feitas a partir de brotações com mais tempo de desenvolvimento. Para estacas de *Rosa multiflora* cv Brooks (rosa), nos períodos em que a porcentagem de enraizamento foi maior as concentrações de amido e carboidratos totais também foram maiores do que nos períodos em que o enraizamento não ocorreu (HAMBRICK et al., 1991).

Wiesman e Lavee (1995) relatam que a relação entre carboidratos e o enraizamento de estacas de oliveira tratadas com IBA (ácido indolbutírico), sugeriram que os carboidratos têm papel importante no enraizamento, além de aumentar o efeito estimulante do IBA em tal processo. Os autores ainda relatam que durante as etapas do processo de formação de raízes adventícias, o carboidrato endógeno é a principal fonte de hidratos de carbono.

Gatti (2002) empregou IBA e NAA (ácido naftalenoacético) no enraizamento de *Cariniana estrellensis* (Raddi) Kuntze (Jequitibá), *Calycophyllum spruceanum* (Benth.) K. Schum (Pau-mulato) e *Tectona grandis* L. (teca) verificou-se que a aplicação dos reguladores vegetais foi positivamente correlacionada com as maiores concentrações de açúcar redutor. Já para Leakey e Coutts (1989), nenhuma relação significativa foi encontrada entre a capacidade de enraizamento e hidratos de carbono (carboidratos), incluindo os carboidratos solúveis em água, que estavam presentes no dia do preparo das estacas de *Triplochiton scleroxylon* K. Schum (samba). Isto sugere que o enraizamento é dependente de carboidratos que são formados e utilizados depois do preparo das estacas. Possivelmente, originários de órgãos tidos como fontes, destacando-se tecidos fotossintetizantes (folhas, completamente desenvolvidas), completam os autores.

Altaman e Wareing (1975), também verificaram aumento no acúmulo de açúcares na base das estacas controle de feijão (*Phaseolus vulgaris* cv Canadian Wonder) após 48 horas da instalação do experimento. Já para estacas tratadas com 9 mg L<sup>-1</sup> de IAA houve um aumento significativo para a concentração de açúcares na base, depois de 12 a 24 horas. A aplicação de NAA também aumentou o acúmulo de carboidratos totais e açúcares redutores na base das estacas de *Pinus banksiana* Lamb. (jackpine) em comparação com estacas controle (HAISSIG, 1982).

As substâncias produzidas nas folhas, ou as reservas destas nas estacas, são necessárias para estimular a formação de raízes. Estacas com folhas, em geral, respondem com maior sucesso ao enraizamento, apresentando maior indução radicial, maior número e comprimento das raízes formadas, principalmente quando se tem a adição de auxinas exógenas (XAVIER et al., 2003; PEREIRA, 2003; LIMA et al., 2003b).

As condições de irradiação em que se encontram as plantas matrizes e as consequentes variações na taxa de fotossíntese destas podem interferir na produção e acúmulo de fotoassimilados e no potencial de enraizamento das estacas. Como a taxa de fotossíntese durante o enraizamento é muito baixa, quase nula, a fonte energética pode ser fornecida pela quebra do amido armazenado nas folhas ou no ramo (DAVIS, 1988).

A relação entre enraizamento e concentração de carboidratos em estacas foi observada em *Coffea canephora* Pierre (café), onde a maior quantidade de açúcares redutores e não-redutores, assim como açúcares totais, foi obtida em estacas coletadas em agosto, mês de maior desenvolvimento do sistema radicial. As maiores concentrações de amido foram encontradas nos meses de maior enraizamento, meses de altas temperaturas (PURUSHOTHAM et al., 1984).

Estacas de *Hibiscus rosa-sinensis* Linn. (hibisco) apresentaram maior porcentagem de enraizamento quando coletadas no verão do que no inverno, sendo que no verão as estacas apresentavam maiores concentrações de açúcares totais e menores concentrações de amido, possivelmente porque nesta fase de baixas temperaturas, a atividade das amilases seria menor (PAL, 1990). O mesmo autor também constatou que o tratamento com auxinas aumentou a porcentagem do enraizamento das estacas coletadas no verão, demonstrando que é essencial o balanço entre auxina e carboidratos, mas que esse êxito pode também ser relacionado à presença de fenóis.

Para Bortolini (2006) o comportamento das estacas de *Tibouchina sellowiana* (Cham.) Cogn. (quaresmeira) ao longo das quatro estações do ano foi possível verificar que os meses de maior enraizamento (78,8 %), primavera de 2004, com emprego de 3.000 mg L<sup>-1</sup> de IBA e verão de 2005 (enraizamento de 63,1 %) com emprego de 1.500 mg L<sup>-1</sup> de IBA, foram os meses que apresentaram os menores teores de açúcares totais, em relação ao outono de 2005 (28,1 % de enraizamento) com emprego de 1.500 mg L<sup>-1</sup> e inverno de 2005 (21,8 % de enraizamento) com emprego de 3.000 mg L<sup>-1</sup> de IBA.

Compostos fenólicos podem ser considerados co-fatores do enraizamento já que pode impedir a ação do sistema enzimático IAA-oxidase, quando difenóis e trifenóis, e favorecer a ação do IAA-oxidase quando mofenóis; estão envolvidos com a ação da auxina na iniciação radicial (ARTECA, 1995).

Os níveis de aminoácidos totais apresentaram variação nas folhas e nos ramos somente durante o período de calosidade em estacas de *Pinus banksiana* Lamb. (jackpine), sendo que o uso do NAA promoveu o aumento do metabolismo da base das estacas, deixando essa região com característica de potente dreno fisiológico (HAISSIG, 1982).

No que se referem às proteínas, Ribas (1997), recomenda a coleta dos ramos para a estaquia durante as épocas do ano em que os teores de proteínas são mais altos, para *Eucalytus grandis* W. Hill ex Maiden, no caso seria inverno e primavera. No entanto,

Bortolini (2006) encontrou maiores teores de proteínas em estacas semilenhosas de *Tibouchina sellowiana* (Cham.) Cogn no outono e inverno, período de menor enraizamento.

#### 2.5.1.1 Reguladores vegetais

Várias classes de reguladores vegetais, como auxinas, citocininas, giberelinas e etileno, além de inibidores, como ácido abscísico e compostos fenólicos exercem influência sobre iniciação radicial (HARTMANN et al., 2002). Os autores ainda esclarecem que auxinas, citocininas e giberelinas são os reguladores vegetais que mais afetam o enraizamento de estacas.

Enquanto as auxinas estimulam o enraizamento adventício, as citocininas, que são produzidas nas raízes, estimulam a divisão celular, e geralmente, quando se tem alta relação auxina/citocinina torna-se favorável a formação de raízes (KERBAUY, 2004 e ALFENAS et al., 2009). A elevada relação citocinina/auxina promove o desenvolvimento de brotações inibindo o desenvolvimento das raízes (FACHINELLO et al., 2005; XAVIER et al., 2009).

Segundo Fosket (1994) as auxinas podem atuar na replicação do DNA, enquanto a citocininas controlam alguns eventos que resultam na mitose, sendo, portanto, evidente que pequenas concentrações de citocininas podem favorecer a rizogênese. Tratar as estacas com reguladores vegetais, além de estimular a iniciação radicial, promove o aumento da porcentagem de estacas enraizadas, acelera o tempo de formação das raízes e conseqüentemente diminui a permanência das estacas no leito de enraizamento (ALVARENGA e CARVALHO, 1983).

Já no caso das giberelinas, devido o estímulo ao crescimento vegetativo compete com a formação das raízes, além de bloquear a ação das auxinas nos processos subsequentes a indução do sistema radicial, possivelmente devido à interferência na regulação da síntese de ácidos nucléicos (HARTMANN et al., 2002; FACHINELLO et al., 2005).

Como a auxina estimula a síntese de etileno em muitos tecidos vegetais, sugere-se que a ação da auxina leve também a indução, por parte do etileno, em baixas concentrações, na formação de raízes adventícias (FACHINELLO et al., 2005; TAIZ e ZEIGER, 2009). O etileno pode reduzir, aumentar ou não interferir na formação de raízes adventícias; está mais relacionado com plantas intactas de espécies herbáceas do que em estacas (ALFENAS et al., 2009). Tendo ainda evidências de que o etileno endógeno não está diretamente envolvido no

enraizamento induzido por auxinas em estacas (HARTMANN et al., 2002). Estacas de *Prunus persica* (L.) Batsch (pessegueiro), tratadas com íons de cobalto, inibidor da síntese de etileno, apresentaram maior número de raízes por estaca do que as estacas tratadas com ethephon (SCALABRELLI e COUVILLON, 1986).

Os brassinoesteróides, compõem um grupo de hormônios vegetais esteroidais, atuam na planta da mesma forma que o IAA, só que mais lenta por envolver transcrição gênica, de maneira aditiva e independente, promovendo ou inibindo a formação de raízes laterais, dependendo da concentração, por influenciar o transporte polar de auxinas (BAO et al., 2004).

Os reguladores vegetais mais utilizados por apresentar maior efeito na formação de raízes adventícias em estacas são as auxinas. O ácido indolbutírico e o ácido naftalenoacético, em aplicação exógena, mostram-se bastantes eficientes para promover efeito estimulador de raízes (HARTMANN et al., 2002; FACHINELLO et al., 2005). Entretanto, a resposta da planta à auxina endógena ou exógena varia tanto com a natureza do tecido quanto a concentração da substância presente (XAVIER et al., 2009).

O modo de ação da auxina envolve a síntese de proteínas, que podem agir como enzimas, promovendo alongamento das células a certa distância do ápice, portanto serem necessárias manter folhas nas estacas, pois estas funcionam como um laboratório de produção de hormônios e nutrientes sendo importantes para um bom enraizamento (ALVARENGA e CARVALHO, 1983; ZUFFELLATO-RIBAS e RODRIGUES 2001). Os efeitos das auxinas encontram-se de maneira muito íntima à formação de raízes adventícias em estacas caulinares (JANICK, 1966).

A indução, fase de iniciação de raízes adventícias é estimulada por altos níveis de auxina, que é o sinal que estimula a divisão celular até formar meristema apical de raiz de forma análoga à formação de raízes laterais (KERBAUY, 2004 e TAIZ e ZEIGER, 2009). Após a formação do primórdio radicular, a concentração de auxina, inicialmente favorável à indução, torna-se inibitória ao alongamento da raiz, tornando-se supra-ótimo para a fase seguinte de crescimento (KERBAUY, 2004).

Embora o alongamento da raiz primária seja inibido por concentrações de auxinas maiores que  $10^{-8}$  molar, a indução de raízes adventícias é estimulada por altos níveis de auxinas (TAIZ e ZEIGER, 2009).

Em estudo com microestaquia de *Malus communis* L. (macieira) utilizando IAA, houve substancialmente redução da auxina a partir do quinto dia em razão do IAA-oxidase, portanto, houve indução para a formação do primórdio radicular inicialmente e condição

favorável ao alongamento e crescimento da raiz pela redução da concentração. No entanto, quando da avaliação de outras auxinas, o IBA e NAA, por serem mais estáveis, geraram concentrações supra-ótimas, inibindo o crescimento das raízes em macieira (KERBAUY, 2004).

Quando a auxina é aplicada nas plantas, o aumento de sua concentração produz um efeito estimulante na indução ao enraizamento até um ponto máximo, a partir do qual passa a ser inibitório (ALVARENGA e CARVALHO, 1983; HARTMANN et al., 2002). Este nível de inibição é variável em raízes, caules e gemas. Portanto, a resposta da planta à auxina endógena ou exógena depende da natureza do tecido e da concentração da substância presente (ALVARENGA e CARVALHO, 1983).

A auxina aplicada à estaca penetra predominantemente pelo corte, uma vez absorvida pelas células pode sofrer conversões e conjugações, sendo que menos de um por cento da auxina absorvida permanece de forma ativa. O IAA e, em menor grau o IBA podem ser inativados por oxidação, enquanto o NAA é menos susceptível a esse processo (KERBAUY, 2004).

O NAA é um composto muito mais tóxico e possui maior atividade que o IBA, nas mesmas concentrações, é totalmente estável à luz, tendo, portanto, que ser utilizado em concentrações menores. Ambos não são destruídos pelo sistema IAA-oxidase. Em comparação com o IAA, o IBA é mais estável e menos solúvel, além de ser um produto persistente, de ação mais localizada e não fitotóxico, é considerado um dos melhores estimulantes do enraizamento, tem boa estabilidade à luz (ALVARENGA e CARVALHO, 1983; HARTMANN et al., 2002).

Existem muitos métodos para aplicar quantidades suficientes de reguladores vegetais em estacas caulinares; Weaver (1982) descreve alguns destes métodos. No método de imersão prolongada, as concentrações de reguladores vegetais variam de 20 mg L<sup>-1</sup>, para espécies de fácil enraizamento, até 200 mg L<sup>-1</sup>, para espécies de difícil enraizamento. Somente a base das estacas permanece mergulhada nas soluções durante cerca de 24 horas, em lugar sombreado, a temperatura ambiente e sobre constante aeração das soluções, colocando-as imediatamente após os tratamentos, no meio de enraizamento.

Em outro método, no caso de imersão rápida, a estaca permanece por aproximadamente 5 segundos em solução alcoólica de auxina concentrada (500 a 10.000 mg L<sup>-1</sup>). As concentrações muito altas podem inibir o desenvolvimento de gemas ou provocar o amarelecimento e queda das folhas, provocando a morte da estaca. Entretanto, recomendam-



se adequar soluções que permitam um tempo de aplicação em torno de 10 segundos (XAVIER et al., 2009).

A utilização de soluções possibilita uma aplicação homogênea nas estacas e conseqüentemente, um enraizamento uniforme. Mas, nesse caso, a resposta à aplicação exógena de auxinas depende não só da concentração como também da duração do tratamento. Variações podem gerar grande porcentagem de enraizamento ou se tornarem tratamentos tóxicos para planta (ONO e RODRIGUES, 1996).

A aplicação do talco é muito utilizada por ser de fácil manuseio e na maioria dos casos geram bons resultados, mas pode ser lixiviado com o tempo, e por não se ter uma homogênea aplicação, acarreta em enraizamento não uniforme em todo o diâmetro da estaca (FORTES, 1998).

## 2.5.2 Fatores extrínsecos

Entre as várias condições ambientais que afetam a propagação vegetativa em espécies florestais no processo de enraizamento e estabelecimento de estacas, dentro de certos limites, encontram-se, principalmente os fatores relacionados com a luminosidade, a temperatura, a umidade, e ainda a juvenilidade (XAVIER et al., 2009). Além do substrato e da época do ano para coleta dos propágulos (ZUFFELLATO e RODRIGUES, 2001; FACHINELLO et al., 2005).

### 2.5.2.1 Luminosidade

As miniestacas reagem indiretamente à luz, devido ao papel que esta desempenha na síntese de carboidratos (JANICK, 1966). Para Hartmann et al. (2002), condições de alta luminosidade tendem a promover maior síntese de citocininas nas estacas, e estas substâncias estariam mais relacionadas ao crescimento da parte aérea em detrimento ao sistema radicial.

O excesso de luminosidade promove o fechamento dos estômatos das folhas dos propágulos, reduzindo a fotossíntese líquida, conseqüentemente a produção de carboidratos e posterior enraizamento (THOMPSON, 1992).

A diminuição dos níveis de luz no local da propagação vegetativa visa reduzir a quantidade de energia, buscando contribuir para o controle da temperatura e umidade no ambiente de enraizamento (XAVIER et al., 2009).

Para Alfenas et al. (2009), devem ser evitados ambientes de enraizamento com valores inferiores a  $150 \mu\text{mol}$  de fótons  $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , na maior parte do período diurno, abaixo do ponto de compensação de plantas do tipo  $\text{C}_3$ . No entanto, a literatura não é clara quanto aos efeitos de diferentes intensidades luminosas sobre o enraizamento de estacas, principalmente em virtude das condições ambientais específicas de cada local (XAVIER et al., 2009).

#### 2.5.2.2 Temperatura

O aumento da temperatura favorece a divisão celular na formação de raízes. Contudo, em estacas herbáceas e semilenhosas, estimula um aumento na taxa de respiração e transpiração, induzindo o murchamento da estaca (FACHINELLO et al., 2005). Ainda comentam que poderá favorecer a brotação de gemas antes que o enraizamento tenha ocorrido, o que é indesejável. Por outro lado, temperaturas baixas diminuem o metabolismo das estacas levando a um maior tempo para enraizamento, ou até mesmo não proporcionam condições adequadas para enraizamento (XAVIER et al., 2009).

Para Chalfun (1989), a temperatura tanto do ambiente quanto do substrato, é fator importante na propagação vegetativa por condicionar e regular a produção de raízes adventícias, tendo importante função regulatória no metabolismo das plantas e afeta o enraizamento das estacas. Ainda complementa que a temperatura mais elevada no substrato em relação à temperatura do ar favorece atividade rizogênica na base da estaca e reduz, simultaneamente, a transpiração e a perda de água pela parte aérea.

Em espécies florestais, um bom enraizamento pode ser conseguido em um amplo intervalo de temperatura, variando de  $15$  a  $35 \text{ }^\circ\text{C}$  (XAVIER et al., 2009). No entanto entre  $25$  e  $30 \text{ }^\circ\text{C}$  seria a faixa ideal para enraizamento de estacas (BERTOLOTTI e GONÇALVES, 1980). As altas temperaturas podem ser reduzidas pelo uso de tela de polietileno (tela de sombreamento), buscando minimizar a quantidade de energia que entra no seu interior (XAVIER et al., 2009).

### 2.5.2.3 Umidade

Constitui um dos fatores primordiais e de grande importância para a propagação vegetativa, sendo mais crítica para estacas com folhas (ZUFFELLATO-RIBAS e DOMINGOS, 2001). A morte do caule por dessecação, antes de atingir o enraizamento, é uma das principais causas do fracasso da propagação vegetativa (JANICK, 1966).

A estaquia sob condições de nebulização intermitente é prática recomendável para espécies vegetais com dificuldade no enraizamento, permitindo que as estacas enraízem sem que haja desidratação (HARTMANN et al., 2002).

Para que ocorra divisão celular, é necessário que as células se mantenham túrgidas. O potencial de perda de água numa estaca é muito grande, seja por meio das folhas, seja pelas brotações em desenvolvimento (FACHINELLO et al., 2005). No entanto, o excesso também é prejudicial, por dificultar as trocas gasosas, além de propiciar o desenvolvimento de doenças, impedir o enraizamento e promover a morte dos tecidos (XAVIER et al., 2009).

O uso de nebulização intermitente permite a redução de perda de umidade pela formação de uma película de água sobre as folhas, além da diminuição da temperatura (FACHINELLO et al., 2005). A presença de folhas nas estacas é um forte estímulo para o enraizamento; contudo, a perda de água pela transpiração pode levar à sua morte antes da formação de raízes (HARTMANN et al., 2002). Para contornar o problema da transpiração excessiva, deve-se manter a umidade do ar acima de 80 % conservando assim a turgescência dos tecidos, entretanto, deve-se evitar a saturação do ar (XAVIER et al., 2009).

### 2.5.2.4 Juvenilidade

As plantas apresentam ao longo de sua vida consecutivos períodos de crescimento vegetativo (formação de caule, folhas e raízes) e de desenvolvimento reprodutivo (formação de flores, frutos e sementes), determinados por padrões sazonais de acordo com as condições climáticas e pela resposta às mudanças durante o ciclo de vida (XAVIER et al., 2009). Ainda segundo os autores, a fase juvenil corresponde ao estágio inicial de crescimento vegetativo após a germinação.

A maturação em plantas lenhosas é um assunto de extrema importância em vista, principalmente, das variações na capacidade de propagação vegetativa, nas taxas e formas de

crescimento, na qualidade e rapidez na formação de raízes, das mudanças nas características de crescimento, morfologia foliar e, também, a mudanças fisiológicas e bioquímicas, com a transição para o estado maduro (WENDLING e XAVIER, 2001).

A juvenilidade pode ser considerada uma forma de reverter à planta do estágio adulto a juvenil, recuperando assim a competência da totipotência; essa metodologia consiste, entre outras, adotar práticas culturais que propiciem maior vigor fisiológico à planta para obter propágulos vegetativos com melhor desempenho na propagação vegetativa (XAVIER et al., 2009).

A poda drástica, a poda de gemas apicais, podas sucessivas, o manejo nutricional e hídrico busca uma melhoria na condição fisiológica da planta, constituindo métodos eficientes no processo de propagação vegetativa (XAVIER et al., 2009).

Para Alfenas et al. (2009), a juvenilidade, expressa pela capacidade de enraizamento, aumenta do ápice para a base da planta matriz. Hartmann et al. (2002) observam que a maior juvenilidade da região basal deve-se ao fato de que os meristemas basais da planta formaram-se em épocas mais próximas à germinação da semente que as regiões terminais. Alfenas (2009), cita que além do aumento dos percentuais de enraizamento, ocorre maior qualidade, a maior rapidez de formação e o maior vigor radicular em função da maior juvenilidade dos propágulos.

Bitencourt et al. (2009) relatam que matrizes selecionadas e multiplicadas assexuadamente passam a constituir clones, processo que pode ser usado no resgate do material superior e em muitos casos, a obtenção de material juvenil com capacidade de enraizar, neste caso para *Ilex paraguariensis* A. St.-Hill (erva-mate).

Para Hackett (1987), a propagação sexuada natural é o método mais eficiente em promover o rejuvenescimento de partes adultas de uma planta, uma vez que origina a parte mais juvenil da planta (o embrião) a partir da parte mais madura (órgão frutífero).

A carência de estudos científicos sobre o tema em nível de plantas lenhosas, principalmente em termos de espécies florestais nativas, tem dificultado os avanços da propagação vegetativa na silvicultura clonal intensiva (XAVIER et al., 2009).

#### 2.5.2.5 Substrato

O tipo de material utilizado para estaquia constitui-se de grande importância na propagação. Possui as funções de servir de sustentação das estacas durante o período de enraizamento e proporcionar aeração, ambiente escuro e umidade adequada ao desenvolvimento das raízes (FACHINELLO et al., 2005; XAVIER et al., 2009). Os autores ainda comentam que não há consenso quanto ao melhor substrato, sendo, portanto, recomendável testar nas condições ambientais e com a espécie a ser propagada.

Vários meios podem ser utilizados como substrato, não havendo necessidade de ser uma fonte de nutrientes, até que o sistema radicial seja formado (JANICK, 1966). Para espécies de difícil enraizamento, o substrato pode influenciar tanto no enraizamento quanto na qualidade do sistema radicial formado, sendo os mais comuns neste caso, a vermiculita e a casca de arroz carbonizada e diversas combinações entre eles (XAVIER et al., 2009).

A vermiculita é um silicato de alumínio, ferro e magnésio, do grupo dos filossilicatos, cujo pH é em torno de 6 a 6,8. A rocha, com aquecimento de cerca de 1.000 °C por um minuto é expandida e o volume das partículas aumenta cerca de 8 a 12 vezes, atingindo uma densidade de 80 a 140 g L<sup>-1</sup>, podendo assim absorver muitas vezes o seu peso em água. O aquecimento a essa temperatura assegura também a completa esterilização (UGARTE et al., 2005; FRANÇA et al., 2008).

Inoue e Putton (2007) empregaram a vermiculita média e fina 50 % de cada uma delas em experimento de macropropagação de 12 espécies nativas, empregando IBA como regulador de crescimento com resultados de enraizamento acima de 30 % para 6 destas espécies, entre estas estão *Anadenanthera colubrina* Vell. Brenan (angico-branco), *Nectandra lanceolata* Ness (canela-amarela), *Myrsine ferruginea* Ruiz & Pav. Spreng (capororoca) e *Ilex paraguariensis* A. St.-Hill (erva-mate).

Para Souza et al. (2006), as misturas de 50 % : 50 % e 25 % : 75 % de vermiculita e casca de arroz carbonizada, respectivamente, formam os melhores substratos para propagação de *Passiflora edulis* F Flavicarpa Deg (maracujazeiro azedo) por estaquia. A mistura dos dois materiais permitiu níveis intermediários de retenção de água, variando a aeração e a disponibilidade de água nos substratos, favorecendo a propagação do maracujazeiro.

### 2.5.2.6 Época do ano

Em alguns casos, a época do ano em que se coleta as estacas apresenta grande importância sobre o enraizamento. Para espécies de fácil enraizamento, os propágulos podem ser coletados em qualquer época do ano (PAIVA e GOMES, 1995). Já para espécies de difícil enraizamento a época indicada é aquela que coincide com o repouso vegetativo ou com a estação de crescimento (WENDLING, 2004).

Segundo Neves et al. (2006) às coletas efetuadas no outono, os dias curtos dessa estação, e as temperaturas baixas do ambiente exercem influência negativa no processo fotossintético das árvores matrizes, e neste caso, não obteve enraizamento de estacas herbáceas da espécie corticeira-da-serra (*Erythrina falcata* Benth).

É recomendado para cada espécie que se determine a melhor época para coleta de material a qual está diretamente relacionada à condição fisiológica da planta-mãe (HARTMANN, et al., 2002). Esta condição fisiológica é influenciada pela variação sazonal (XAVIER et al., 2009).

Por condição fisiológica da planta-matriz, entende-se o conjunto das características internas da mesma, tais como o conteúdo de água, e o teor de reservas e de nutrientes, quando da coleta das estacas (FACHINELLO et al., 2005). Os autores ainda esclarecem que para espécies caducifólias as estacas lenhosas dormentes são preferidas em função da sua facilidade de obtenção, transporte e manuseio, porém há diferença entre espécies.

Dessa forma, para cada planta e condição ambiental específica, deve-se determinar qual a melhor época de colheita de estacas, bem como a sua influência na brotação e qualidade dessas brotações destinadas ao processo de estaquia (XAVIER et al., 2009).

Para louro-pardo, Fick (2007) e Heberle (2010), utilizaram propágulos colhidos nas distintas estações do ano e não obtiveram sucesso para enraizamento, tanto para minestaquia ou para estacas lenhosas, respectivamente. A influência da época do ano de coleta das estacas no enraizamento pode ser também atribuída às condições climáticas, especialmente em relação à temperatura e a disponibilidade de água (FACHINELLO et al., 2005). Além de apresentar seu máximo vigor vegetativo e de turgidez, visto a sua vulnerabilidade ao estresse hídrico, diante da dificuldade de reidratação dos tecidos sem a presença de um sistema radicial (XAVIER et al., 2009).

Quanto à sazonalidade, louro-pardo apresenta um período ativo e um período de dormência. O câmbio torna-se ativo em outubro, com início da atividade cambial um mês

após o início da fenofase de novas folhas estendendo-se até março, épocas das chuvas, com uma transição abrupta entre fibras e células parenquimáticas, e as células da zona cambial (AMANO, 2002).

Zuffellato-Ribas e Rodrigues (2001) destacam que a influência da época do ano no sucesso da propagação por estacas, está intimamente relacionada com os níveis endógenos de promotores e inibidores de crescimento.

Para espécies subtropicais de *eucalyptus* e em ambientes com inverno rigoroso, em que os dias são mais curtos que regiões tropicais, o fotoperíodo pode exercer influência no enraizamento, quer seja pela de inibidores ou pela falta do balanço hormonal favorável à emissão radicial (ALFENAS et al., 2009).

### 3 EXPERIMENTO I: PROPAGAÇÃO VEGETATIVA DE MINIESTACAS DE *Cordia trichotoma* (VELL.) ARRABIDA EX STEUDEL EM FUNÇÃO DE AUXINAS COLETADAS NO VERÃO

O primeiro experimento aborda o efeito de diferentes concentrações do IBA e NAA no enraizamento de miniestacas caulinares coletadas no mês de fevereiro de 2011, de brotações de mudas de louro-pardo produzidas por sementes, com o uso de irrigação por micro-aspersão, oito vezes ao dia.

#### 3.1 Material e Métodos

O experimento foi instalado na Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Marechal Cândido Rondon, PR, com coordenadas geográficas de 24° 33' 25" S e 54° 02' 54" O, e altitude de 415 metros. O clima é classificado segundo Köppen, do tipo Cfa, subtropical com chuvas bem distribuídas durante o ano e verões quentes. As temperaturas do ar médias do trimestre mais frio variam entre 17 e 18 °C, e do trimestre mais quente entre 28 e 29 °C e a anual entre 22 e 23 °C. Os totais de chuva variam entre 1.600 e 1.800 mm com trimestre mais úmido apresentando totais variando entre 400 e 500 mm (IAPAR, 2012).

O delineamento experimental foi o blocos ao acaso em esquema fatorial 2 x 5 constituído por dois reguladores vegetais (IBA e NAA) e cinco concentrações (0, 2.000, 4.000, 6.000 e 8.000 mg i.a. L<sup>-1</sup>), sendo cada tratamento composto por doze miniestacas com quatro repetições.

As sementes foram coletadas por funcionários do Instituto Ambiental do Paraná (IAP), na região de Campo Mourão, PR, de matrizes selecionadas não aparentadas no outono de 2009. O material vegetal de origem seminal foi produzido no viveiro do IAP em Toledo, PR, com coordenadas geográficas de 24° 40' 35" S e 53° 42' 40" O e altitude de 515 metros.

Em setembro de 2010, 15 meses após a semeadura 480 mudas foram selecionadas de acordo com aspectos visuais, apresentando tamanho médio de 25 cm de altura, transplantadas de tubetes de 120 dm<sup>3</sup> para tubetes de 3,8 dm<sup>3</sup> preenchidos com substrato comercial com natureza física farelado médio, fertilizado com 100 g do formulado 4 N – 20 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 20 K<sub>2</sub>O mais 100 g de Basacote<sup>®</sup> mini - 6M (13 N, 6 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 16 K<sub>2</sub>O, 10 S, 0,05 Cu, 0,26 Fe, 1,4 Mg, 0,06 Mn, e 0,015 Mo), valores em porcentagens, para 25 kg de substrato. As mudas



receberam adubações em cobertura a cada 30 dias com a fórmula comercial Triabon<sup>®</sup> 16 N – 8 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 12 K<sub>2</sub>O + 4,0 Mg, 0,02 B, 0,04 Cu, 0,10 Fe, 0,10 Mn e 0,015 Mo), valores em porcentagens, na dose de 15 gramas por muda.

O manejo do jardim miniclinal constituiu-se, principalmente, de irrigações diárias e controle manual de plantas concorrentes a cada 21 dias. Em dezembro de 2010, o jardim miniclinal foi podado a 20 cm da base das mudas para emissão de brotações.

Miniestacas caulinares foram coletadas em fevereiro de 2011 quando apresentaram 5,5 mm de diâmetro e 12 cm de comprimento em média, colocadas úmidas em caixa de isopor, e transportadas para o Laboratório de Tecnologia de Sementes e Mudanças do Centro de Ciências Agrárias da Unioeste onde receberam corte em bisel na base, reto no ápice, com um par de folhas, cortadas ao meio, em seguida foram lavadas em água corrente durante 5 minutos.

A desinfecção das miniestacas foi realizada com a imersão em solução de hipoclorito de sódio 0,5 % por 5 minutos, seguida de lavagem em água corrente por 5 minutos. Ao término, a base de cada miniestaca foi imersa em solução com fungicida sistêmico (Cerconil<sup>®</sup> WP, 1,0 g L<sup>-1</sup>) por 15 minutos.

As bases das miniestacas de louro-pardo sofreram imersão rápida (10 s) em ácido indolbutírico ou ácido naftalenoacético nas concentrações de 0, 2.000, 4.000, 6.000 e 8.000 mg i.a. L<sup>-1</sup> diluído em solução alcoólica na proporção de 50 % e água deionizada (v/v). A testemunha usada como tratamento controle foi imersa somente em solução alcoólica e água deionizada.

Os propágulos foram estaqueados em tubetes de 120 cm<sup>3</sup> de volume preenchidos com uma mistura de 50 % de vermiculita (granulometria média), 25 % de vermiculita (granulometria fina) e 25 % de casca de arroz carbonizada. Os tubetes foram dispostos de forma alternada em bandeja de polipropileno com 96 células, e mantidos em ambiente protegido, de 2,5 x 4,0 metros, recoberto com tela de sombreamento (50 %) e sob esta um filme de polietileno com aditivo UV e difusor de luz de 150 micras para evitar água das chuvas, além de homogeneizar a distribuição de luz.

O ambiente foi monitorado quanto à temperatura e umidade relativa do ar com um termohigrômetro da marca Homis, instalado a 50 cm acima dos aspersores, em uma das extremidades da estrutura do ambiente, cujas leituras foram registradas a cada hora durante 24 horas por todo o período do experimento (Figura 1). Adicionalmente, a radiação fotossinteticamente ativa foi medida no mês de março de 2011 em dia ensolarado e nublado, dentro e fora do ambiente de propagação, com um LI-250A Light Meter, cujas leituras

ocorreram das 8:00 às 18:00 horas, a cada duas horas e foram expressas em  $\mu\text{mol de f\u00f3tons m}^{-2} \text{s}^{-1}$ .

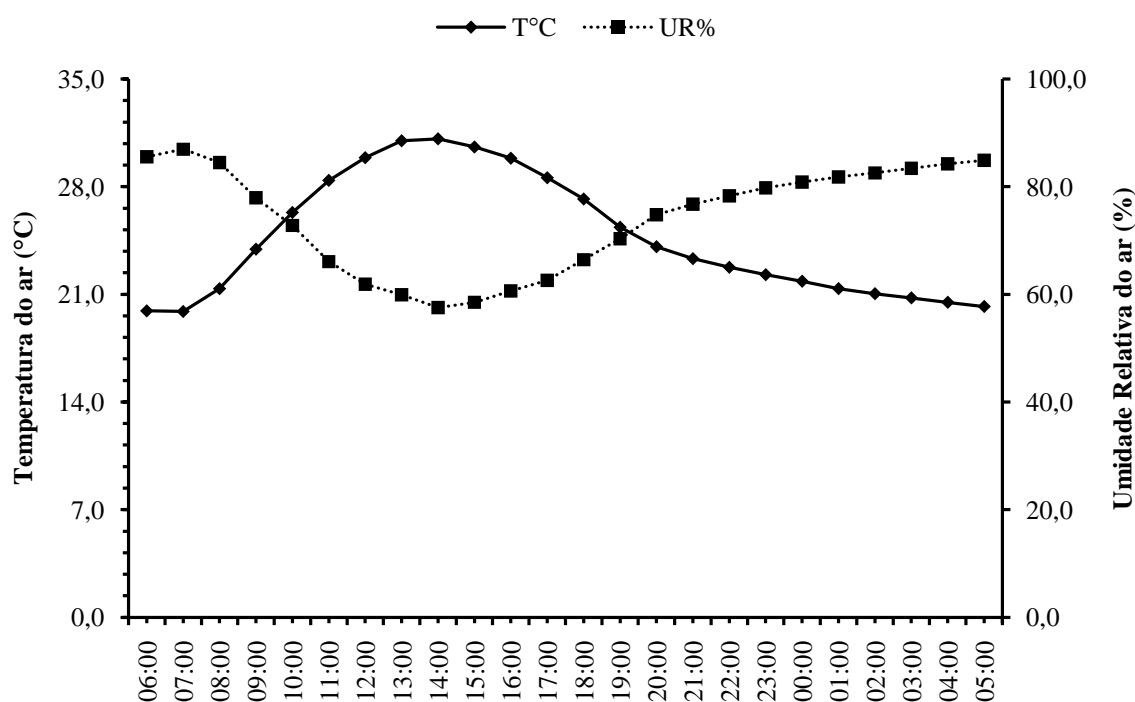


Figura 1: temperatura e umidade relativa do ar média por horário ao longo do dia no ambiente propagativo de 19/02 a 21/04 de 2011.

Empregou-se irrigação com micro-aspersão acionada automaticamente por meio de um timer digital com oito programações diárias (das 7:00 às 18:00 horas), com 3 minutos por vez, assim distribuídas: 7:00; 9:00; 10:30; 12:00; 13:30; 15:00; 16:30 e 18:00. O conjunto irrigação composto por um depósito de água de 1.000 litros, moto-bomba elétrica de  $\frac{1}{2}$  CV, um contator de eletricidade acionado pelo timer, dois micro-aspersores Ma20 (MecPrec<sup>®</sup>), um cano mestre de PVC na horizontal, e duas hastes perpendiculares em tubulação de 20 mm. Os aspersores foram dispostos a 1,20 m de distância entre si e 0,35 m acima das miniestacas com vazão média de  $0,63 \text{ mm m}^{-2} \text{ min}^{-1}$ .

Após 60 dias do estaqueamento, o enraizamento (raiz a partir de 2 mm), o número de raízes, e o comprimento médio das três raízes de maior comprimento foram quantificados, assim como a presença de calos e de brotação; o número e o comprimento de brotos; o número de folhas jovens; a porcentagem de sobrevivência (miniestacas vivas que não formaram raízes e nem calos); e a porcentagem de miniestacas mortas (miniestacas com tecidos necrosados).

Os dados obtidos foram averiguados quanto à normalidade da distribuição dos resíduos pelo teste de Lilliefors, e homogeneidade da variância pelo teste de Cochran & Bartlett, e submetidos à análise de variância com o auxílio do software SAEG (SAEG, 2007). Quando da existência de diferenças estatisticamente significativas, as médias entre reguladores foram comparadas pelo teste F a 5 % de probabilidade enquanto para o efeito das concentrações utilizou-se a análise de regressão polinomial a 1 % de probabilidade.

### 3.2 Resultados e Discussão

Em um dia ensolarado a radiação fotossinteticamente ativa (RFA) variou de 314,4 a 770,0  $\mu\text{mol de fótons m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  internamente ao ambiente de propagação, enquanto a externa variou de 561,0 a 2.771,0  $\mu\text{mol de fótons m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , ou seja, a RFA média interna foi 30,1 % daquela do ambiente. As mesmas quantificações em dia nublado resultaram em valores de 148,8 a 578,4  $\mu\text{mol de fótons m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  internamente e de 500,2 a 1.662,4  $\mu\text{mol de fótons m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  no ambiente externo, ou 31,2 % da RFA externa.

Alfenas et al. (2009) recomendaram evitar ambientes de enraizamento com valores inferiores a 150  $\mu\text{mol de fótons m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  na maior parte do período diurno. Neste trabalho, obteve-se em dia nublado 148,8  $\mu\text{mol de fótons m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  ao final da tarde, sendo os demais valores superiores a este para as outras condições do tempo e horário, indicando assim ambiente favorável ao enraizamento com relação à radiação. No entanto, a literatura não é clara quanto aos efeitos de diferentes intensidades luminosas sobre o enraizamento de estacas principalmente em virtude das condições ambientais específicas de cada local (XAVIER et al., 2009).

O resumo da análise de variância contemplando todas as variáveis analisadas encontra-se nos anexos A e B.

A análise dos resultados indicou interação ( $p < 0,05$ ) entre os efeitos dos reguladores com atividade auxínica e os das concentrações para a porcentagem de enraizamento, a porcentagem de miniestacas que apenas apresentaram formação de calos, e a sobrevivência. O IBA promoveu aumento linear na porcentagem de miniestacas enraizadas (Figura 2a). O uso de 8.000  $\text{mg L}^{-1}$  resultou em 28,9 % de enraizamento, enquanto o tratamento controle (sem o regulador) apenas 2,5 %.

Para a variável porcentagem de miniestacas que apresentaram apenas formação de calos (Figura 2b) observou-se um efeito polinomial quadrático ( $p < 0,01$ ) para ambos reguladores. A concentração calculada de  $3.750 \text{ mg L}^{-1}$  de IBA resultou no máximo de miniestacas com calos (74,3 %) indicando que acima desta concentração houve maior diferenciação dos calos para formação de raízes, haja vista que na porcentagem de enraizamento com esta concentração resultou em apenas 48,4 % do total de miniestacas enraizadas.

Para o uso do regulador NAA, a concentração calculada de  $4.850 \text{ mg L}^{-1}$  (Figura 2b) representou o máximo de miniestacas com calos (79,2 %). O calo é um tecido cicatricial podendo surgir do câmbio vascular, do córtex e da medula cuja formação representa o início do processo de regeneração (FACHINELLO et al., 2005). A auxina promoveu aumento na formação de calo resultante da ativação das células até um ponto máximo, a partir do qual inibiu. Os processos de formação de calos e raízes são independentes, podendo ou não diferenciar-se em primórdios radiculares, uma vez que o máximo de calo promovido pelo NAA não resultou em maior diferenciação radicular.

Para a porcentagem de miniestacas que não emitiram calos ou raízes e permaneceram vivas (Figura 2c) nota-se que o aumento na concentração do IBA resultou em valores próximos de zero de sobrevivência com a concentração de  $8.000 \text{ mg L}^{-1}$ , indicativo de efeitos do regulador na rizogênese. Sem o emprego do IBA, 34,7 % das miniestacas não esboçaram qualquer alterações na formação de raízes. O IBA tem apresentado maior eficiência na promoção de raízes adventícias em estacas florestais, visto a sua menor mobilidade e maior estabilidade química no interior do propágulo (XAVIER et al., 2009). O NAA resultou no mínimo de sobrevivência na concentração de  $6.000 \text{ mg L}^{-1}$  com valores próximos de zero de sobrevivência. No entanto, essa concentração implicou em 77,9 % de calogenese e pouca expressão para o enraizamento.

Os resultados obtidos contrastam ao reportado por Heberle (2010), apesar de ter trabalhado com propágulo diferente, não obteve enraizamento em estacas lenhosas de louro-pardo com a adição de  $8.000 \text{ mg L}^{-1}$  de IBA, coletadas de plantas adultas no final do inverno de 2009. Estacas com maior grau de lignificação apresentam maior dificuldade para enraizar, seja pela presença de um anel de esclerênquima contínuo, que pode constituir uma barreira física à emergência das raízes, ou pelo maior grau de maturidade e menor habilidade fisiológica em formar primórdios radiculares (HARTMANN et al., 2002; XAVIER et al., 2009).

Fick (2007) reportou enraizamento de apenas quatro miniestacas de louro-pardo coletadas de mudas de origem seminal com três a quatro meses de idade, com 20 a 30 cm de altura, submetidas à  $1.000 \text{ mg L}^{-1}$  de IBA por 10 segundos em diversas épocas de propagação (maio de 2006 a abril de 2007). O autor relatou alta percentagem de sobrevivência e formação de calos. Atribuiu ainda o fato do não enraizamento às condições ambientais do local do experimento ao qual não teve controle de temperatura e umidade relativa do ar.

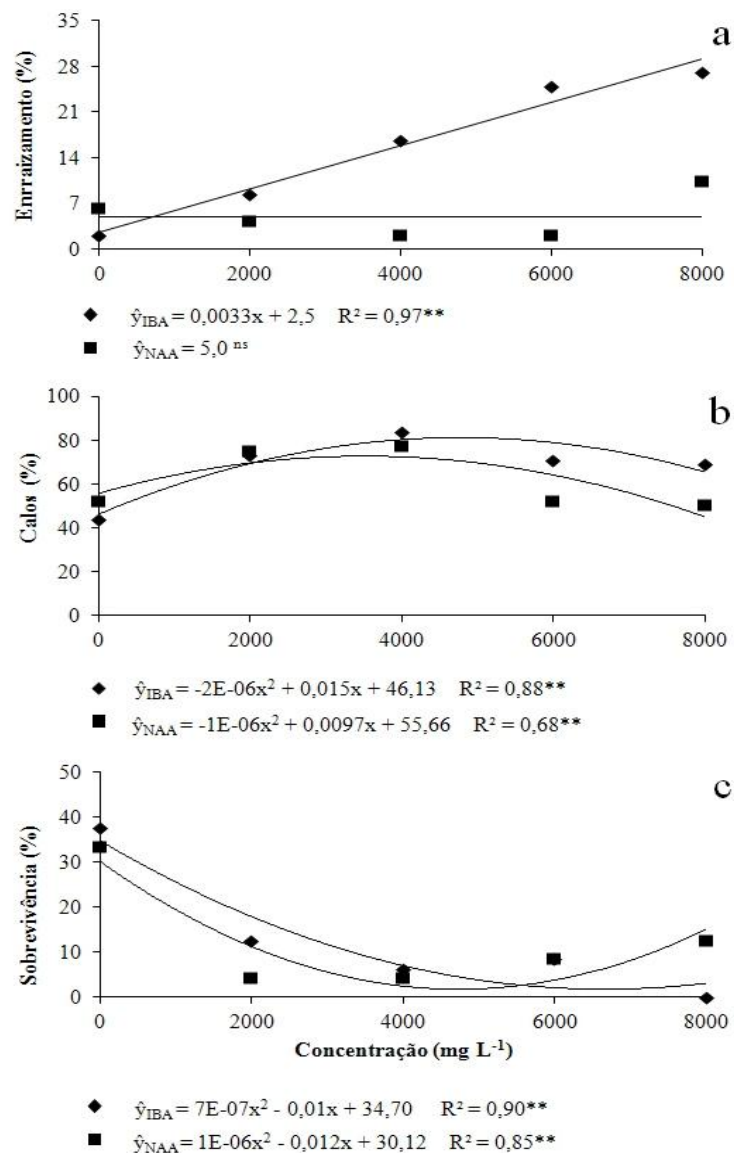


Figura 2: porcentagem de enraizamento (a), porcentagem de miniestacas com calos (b) e porcentagem de sobrevivência (c) de miniestacas coletadas de brotações de mudas de *Cordia trichotoma* submetidas a diferentes concentrações de ácido indolbutírico e naftalenoacético. \*\*, ns

ns Significativo a 1% ou não significativo pelo teste F.

Assim, tanto com material lenhoso oriundo de plantas adultas como com material juvenil (miniéstacas coletadas de mudas de origem seminal) citados acima não houve sucesso na emissão de raízes adventícias para estaquia de louro-pardo. No entanto, para o presente ensaio constatou-se que o uso de miniéstacas oriundas de brotações de mudas de origem seminal apresenta resultados promissores para o enraizamento de miniéstacas da espécie.

Apesar do enraizamento crescente das miniéstacas tratadas com IBA pode-se dizer que ainda é baixo. A maior evidência pode estar associada ao tipo e a idade do material empregado. Xavier et al. (2009) e Gratieri-Sossella et al. (2008) atribuíram o uso de material juvenil através de miniéstacas de origem seminal como uma alternativa viável para enraizamento e estabelecimento de mudas durante todo o ano para algumas espécies florestais, como o exemplo do cedro-rosa (*Cedrela fissilis*) e corticeira-do-banhado (*Erythrina crista-galli*), respectivamente. O rejuvenescimento pode ser considerado uma forma de reverter a planta do estágio adulto para juvenil, recuperando a competência da totipotência (XAVIER et al., 2009).

No entanto, quando a miniéstaca é exposta a solução concentrada de auxina, ocorre uma rápida absorção, principalmente pelo corte, e uma vez absorvida pelas células pode sofrer conversões. Em maior grau, o IBA em relação ao NAA, podem ser irreversivelmente inativados por oxidação e, como o processo de enraizamento requer quantidades diferentes de auxinas dependendo da fase organogênica, sendo elevada no processo de indução e baixo no processo de crescimento, pode ter ocorrido um nível supra-ótimo, no caso do NAA por ser um composto mais ativo e mais fitotóxico, refletindo em menor enraizamento.

A maioria das plantas lenhosas sofre mudanças morfológicas, fisiológicas e bioquímicas durante a transição da fase juvenil para a adulta, principalmente, com relação ao potencial de clonagem e vigor de crescimento. A carência de estudos científicos sobre o tema em nível de plantas lenhosas de espécies florestais nativas tem dificultado os avanços da propagação vegetativa na silvicultura intensiva.

Porém para algumas espécies como o cedro-rosa (*Cedrela fissilis*), o pau-de-leite (*Sapium glandulatum*), a corticeira-do-banhado (*Erythrina crista-galli*) a miniestaquia a partir de material juvenil de origem seminal tem-se mostrado tecnicamente viável (WENDLING e XAVIER, 2001; XAVIER et al., 2003; GRATIERI-SOSSELLA et al., 2008; XAVIER et al., 2009; FERREIRA et al., 2010).

O reconhecido efeito da temperatura e da umidade relativa do ar no processo rizogênico pode ser limitante dependendo das condições em que o ambiente propagativo foi

mantido. Durante a realização deste ensaio, no período compreendido entre 10:00 e 18:00 horas ocorreu temperatura do ar média máxima de 31,1 °C e umidade relativa do ar com média mínima de 57,5%. Estas condições podem ter influenciado negativamente o índice de enraizamento de louro-pardo, levando a uma condição de maior transpiração.

Bons resultados no enraizamento de espécies florestais são obtidos com amplo intervalo de temperatura que varia de 15 a 35 °C, com faixa ideal entre 25 a 30 °C (BERTOLOTTI e GONÇALVES, 1980; XAVIER et al., 2009). Neste ensaio, valores para umidade relativa do ar abaixo de 80 % ocorreram das 9 às 21 horas (Figura 1).

Em geral, para contornar o problema da transpiração excessiva, Xavier et al. (2009) sugeriram manter a umidade relativa do ar acima de 80 %, conservando assim a turgescência dos tecidos. Entretanto, deve-se evitar a saturação do ar por dificultar as trocas gasosas, impedir o enraizamento e provocar a morte dos tecidos.

Na porcentagem de enraizamento, número de raízes por miniestaca, comprimento médio de raízes, calos e mortalidade, foi detectado efeito ( $p < 0,05$ ) entre os reguladores utilizados (Tabela 1). O uso de IBA resultou em maior enraizamento, número de raízes por miniestaca, comprimento médio de brotos e calos e menor mortalidade em relação ao uso de NAA. O NAA é um composto mais ativo e mais fitotóxico que o IBA podendo induzir maiores danos por toxidez (ZUFFELLATO-RIBAS e RODRIGUES, 2001; FACHINELLO et al., 2005). Neste caso, isso poderia esclarecer o fato da baixa eficiência do NAA também para número e comprimento de raízes e maior efeito sobre a mortalidade de miniestacas de louro-pardo.

Tabela 1: enraizamento, número de raízes e comprimento médio de raízes, calos e mortalidade em miniestacas coletadas de brotações de mudas de *Cordia trichotoma* submetidas a diferentes concentrações de IBA e NAA

Regulador	Enraizamento	N. raízes	CMR	Calos	Mortalidade
	%	---	cm	%	%
IBA	15,8 a*	2,5 a	3,7 a	67,9 a	19,2 b
NAA	5,0 b	1,0 b	1,3 b	61,3 b	26,2 a
DMS	5,3	1,1	1,9	6,4	5,2

\*Médias não seguidas da mesma letra minúscula na coluna, diferem estatisticamente entre si pelo teste F ao nível de 5% de significância.

Os valores mais favoráveis para IBA em detrimento ao NAA poderiam ser explicados pelo fato do IBA ser mais foto-estável, de ação mais localizada, persistente e atóxico em ampla gama de concentrações (Figura 3); apesar de que o teor adequado de auxina exógena dependa também de cada espécie em estudo (FACHINELLO et al., 2005).



Figura 3: fotos de miniestacas enraizadas de acordo com os tratamentos.

Assim, pode ter ocorrido níveis supra-ótimo de auxina que levaria a maior síntese de etileno que por sua vez promoveria a biossíntese do ácido abscísico que provocaria efeito



inibitório na divisão e alongamento celular, entre outros efeitos, podendo provocar a senescência e morte da folha e posteriormente da miniestaca como um todo.

As variáveis quantificadas na parte aérea foram influenciadas negativamente pelo aumento das concentrações independentemente do regulador com atividade auxínica (Figura 4). Os resultados indicaram haver redução linear ( $p < 0,05$ ) na porcentagem de miniestacas brotadas (Figura 4a), no número de brotos (Figura 4b) e no número de folhas (Figura 4c).

Quando da adição de  $8.000 \text{ mg L}^{-1}$  apenas 17,3 % das miniestacas apresentaram brotações, tendo em média 1,1 brotos com 1,4 folhas. As perdas em relação ao controle foram na ordem de 58,2 %, 36,5 % e 77,8 %, para porcentagem de miniestacas brotadas, número de brotos e número de folhas jovens, respectivamente. Neste caso pode ter havido maior consumo de reservas das miniestacas, como carboidratos e co-fatores para emissão de raízes, principalmente quando da utilização do IBA, pois houve relação inversa. Além do fato de que ao substrato não foi adicionado nenhuma fonte de nutrientes.

O aumento crescente nas concentrações dos reguladores vegetais testados resultou em um aumento linear da mortalidade das miniestacas de louro-pardo (Figura 4d) gerando perdas de 32,3 % com a concentração de  $8.000 \text{ mg L}^{-1}$ . O uso de reguladores não apresentou efeito ( $p < 0,05$ ) somente para o comprimento médio dos brotos, com média de 1,6 cm. Os resultados para porcentagem de miniestacas brotadas discordam dos obtidos por Heberle (2010) que alegou não haver efeito significativo quando do emprego de  $8.000 \text{ mg L}^{-1}$  de IBA em estacas de louro-pardo, contudo após 80 dias houve 100 % de mortalidade.

Além do aumento na porcentagem de enraizamento de miniestacas com o uso do IBA em função das concentrações crescentes, houve aumento linear no número de raízes a partir de 2 mm para os reguladores vegetais (Figura 4e). O uso de  $8.000 \text{ mg L}^{-1}$  resultou em 2,9 raízes por miniestaca, ou seja, um aumento de 5,4 vezes no número de raízes, visto que o enraizamento de miniestacas não submetidas ao regulador (tratamento controle) resultou em apenas 0,45 raiz por miniestaca. Ferreira et al. (2010) não encontraram diferenças no número de raízes em miniestacas de *Sapium glandulatum* (pau-de-leite) externando em média 4,0 raízes quando a adição de NAA ou IBA nas condições do outono.

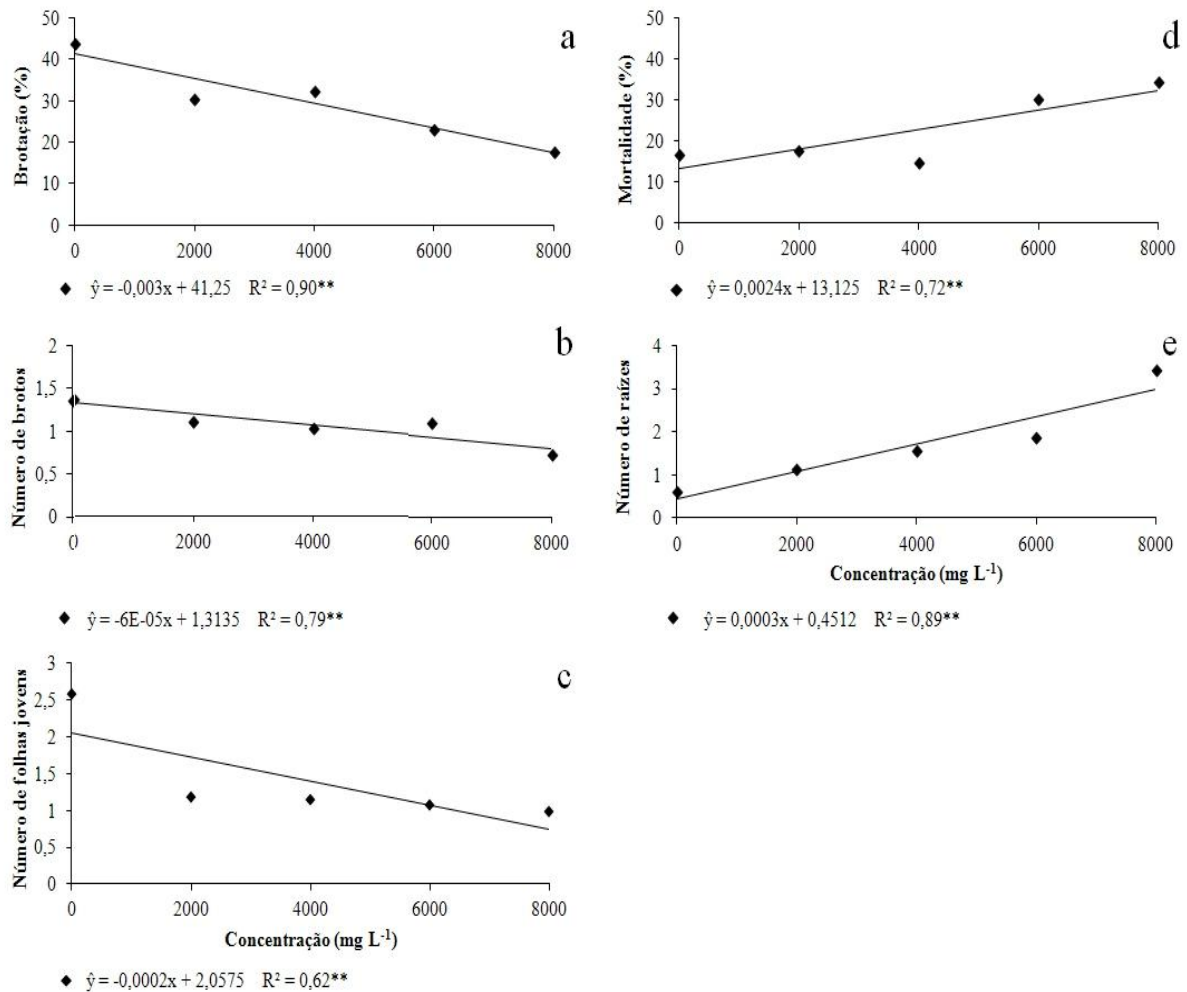


Figura 4: efeito de concentrações crescentes de IBA e NAA em miniestacas coletadas de brotações de mudas de *Cordia trichotoma*. Porcentagem de miniestacas brotadas (a). Número de brotos (b). Número de folhas jovens (c). Mortalidade (d). Número de raízes (e). <sup>\*\*</sup> Significativo a 1% pelo teste F.

A auxina endógena, ácido indolacético (IAA), pode intensificar a iniciação e formação radicial imediatamente superior ao corte pelo acúmulo do IAA proporcionado pelo transporte basal. Neste caso, provavelmente o aumento de concentrações das auxinas aplicadas pode ter intensificado ainda mais a atividade de divisão celular a partir de células meristemáticas levando a maior indução de primórdios radiciais e conseqüente aumento na formação de raízes por miniestaca.

Neste estudo não foi possível apontar a concentração ideal de reguladores, principalmente no caso do IBA, que promoveu aumento linear no enraizamento e número de raízes quando aumentou a concentração. Por outro lado, houve também aumento linear na mortalidade de miniestacas apontando um provável efeito de toxidez causado pela ação das

auxinas. Portanto, em níveis supra-ótimo pode interferir na ação da enzima RNA-polimerase e consequentemente na síntese de ácidos nucléicos e proteínas, além da interrupção do floema, impedindo o movimento de fotoassimilados das folhas em direção as raízes levando à morte dos tecidos (KERBAUY, 2004).

Estudos sobre a propagação vegetativa de louro-pardo por meio da estaquia ainda são superficiais, não fornecendo tecnologia suficiente para o desenvolvimento da técnica. Há portanto, necessidade de investigações mais aprofundadas sobre qual o tipo de propágulo usar em cada situação, época de coleta dos mesmos, nutrição e condições fisiológicas da planta matriz, concentrações e tempo de tratamento com reguladores vegetais, tipo de substrato, ambiente de propagação, além de um mapeamento detalhado sobre o material genético em estudo.

### **3.3 Conclusões**

As concentrações crescentes de ambos reguladores testadas reduziram o desenvolvimento aéreo e aumentaram a mortalidade de miniestacas. O NAA foi pouco efetivo na rizogênese. Concentrações elevadas de IBA resultaram na maior porcentagem de enraizamento de miniestacas de *Cordia trichotoma*.

## **4 EXPERIMENTO II: PROPAGAÇÃO VEGETATIVA DE MINIESTACAS DE *Cordia trichotoma* (VELL.) ARRABIDA EX STEUDEL EM FUNÇÃO DE AUXINAS COLETADAS NO OUTONO**

O segundo experimento descreve o efeito de diferentes concentrações do IBA e NAA no enraizamento de miniestacas caulinares coletadas no mês de maio de 2011, de brotações de mudas de louro-pardo produzidas por sementes, com o uso de nebulização intermitente.

### **4.1 Material e Métodos**

O experimento foi instalado no Viveiro Florestal Ouro Verde, no município de Ouro Verde do Oeste, PR, com coordenadas geográficas de 24° 46' 50" S e 54° 01' 22" O, e altitude de 290 metros. O clima classificado segundo Köppen, do tipo Cfa, subtropical com chuvas bem distribuídas durante o ano e verões quentes. As temperaturas médias do trimestre mais frio variam entre 17 e 18 °C, do trimestre mais quente entre 28 e 29 °C e a média anual entre 22 e 23 °C. Os totais de chuva variam entre 1.600 e 1.800 mm com trimestre mais úmido apresentando totais variando entre 400 e 500 mm (IAPAR, 2012).

O delineamento experimental foi o blocos ao acaso em esquema fatorial 2 x 5 constituído por dois reguladores vegetais (IBA e NAA) e cinco concentrações (0, 2.000, 4.000, 6.000 e 8.000 mg i.a. L<sup>-1</sup>), sendo cada tratamento composto por doze miniestacas com quatro repetições.

O material vegetal constituído das mesmas mudas utilizadas no primeiro experimento. As mudas receberam adubação em cobertura a cada 30 dias com a fórmula comercial Triabon<sup>®</sup> 16-08-12, N – P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – K<sub>2</sub>O (+4) (4,00 Mg, 0,02 B, 0,04 Cu, 0,10 Fe, 0,10 Mn e 0,015 Mo), valores expressos em porcentagem, na dose de 15 gramas por muda, visando manter um bom estado nutricional. O manejo do jardim miniclinal constituiu-se, principalmente, de irrigações diárias e controle manual de plantas concorrentes a cada 21 dias. Após a colheita de minestacas de fevereiro houve uma nova poda no início de março para uniformizar a altura das mudas podadas a 20 cm da base para emitir novas brotações.

Miniestacas foram coletadas em maio de 2011 quando externaram 5,5 mm de diâmetro e 12 cm de comprimento em média, colocadas úmidas em caixa de isopor, e transportadas até

o viveiro onde receberam corte em bisel na base, reto no ápice, com um par de folhas, cortadas ao meio, em seguida foram lavadas em água corrente durante 5 minutos.

A desinfecção das miniestacas foi realizada com a imersão em solução de hipoclorito de sódio 0,5 % por 5 minutos, seguida de lavagem em água corrente por 5 minutos. Ao término, a base de cada miniestaca foi imersa em solução com fungicida sistêmico (Cerconil<sup>®</sup> WP, 1,0 g L<sup>-1</sup>) por 15 minutos.

As bases das miniestacas de louro-pardo sofreram imersão rápida (10 s) em ácido indolbutírico (IBA) ou ácido naftalenoacético (NAA) nas concentrações de 0, 2.000, 4.000, 6.000 e 8.000 mg i.a. L<sup>-1</sup> diluído em solução alcoólica na proporção de 50 % e água deionizada (v/v). A testemunha usada como tratamento controle foi imersa somente em solução alcoólica e água deionizada.

Os propágulos foram estaqueados em tubetes de 120 cm<sup>3</sup> de volume preenchidos com uma mistura de 50 % de vermiculita (granulometria média), 25 % de vermiculita (granulometria fina) e 25 % de casca de arroz carbonizada. Os tubetes foram dispostos de forma alternada em bandeja de polipropileno com 96 células, e mantidos em ambiente protegido recoberto com um filme de polietileno com aditivo UV e incolor – 150 micras.

A casa de vegetação construída em estrutura metálica, totalmente fechada, com janelões, acionado manualmente, para dissipar o calor quando a temperatura indicasse 36 °C internamente indicada por um termômetro comum instalado no centro da estrutura.

O ambiente não foi monitorado com registros automáticos quanto à temperatura e umidade relativa do ar. Dados referentes à temperatura da região foram baseados nas informações registradas diariamente na estação de meteorologia em Marechal Cândido Rondon, PR (Figura 5) a 27,4 km do local do ensaio, com coordenadas geográficas de 24° 31' 58" S, 54° 01' 07" O e altitude de 392 metros.

Empregou-se nebulização intermitente acionada automaticamente através de um timer digital durante o período diurno a cada 3 minutos por 10 segundos nos primeiros 20 dias e a cada 10 minutos por 20 segundos dos 21 aos 70 dias. O conjunto nebulização composto por dois depósitos de água com capacidade de 15.000 litros cada um, moto-bomba elétrica (45 mca) de 1,0 CV, um painel de controle e nebulizadores coolnet (netafin).

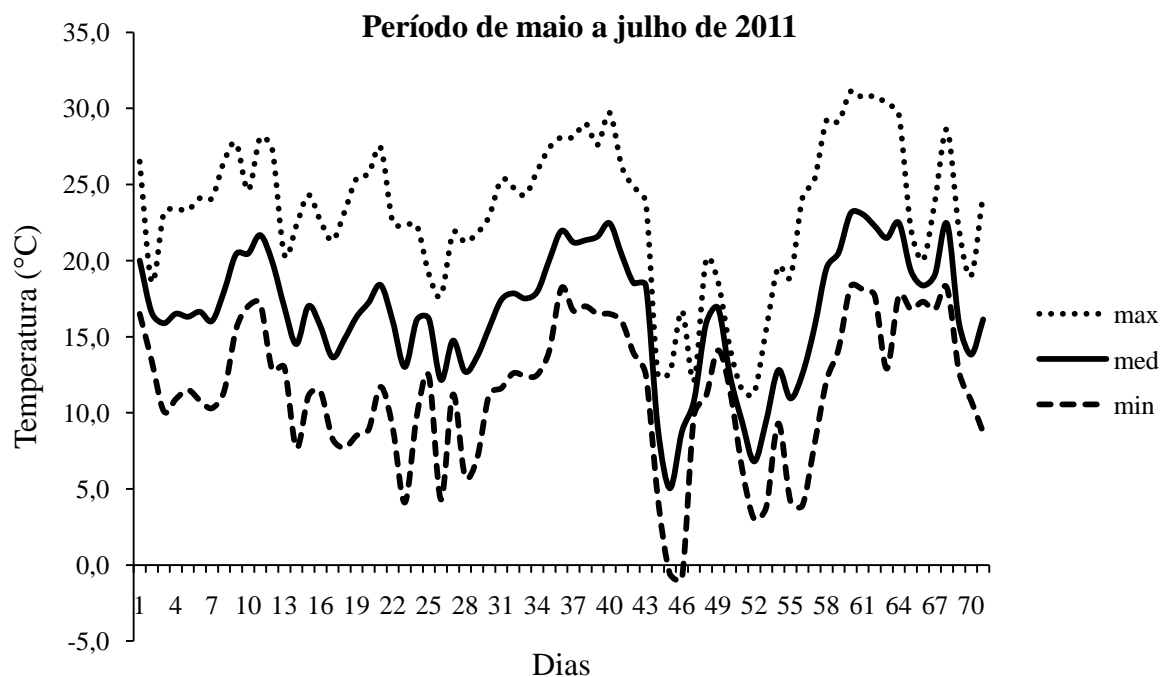


Figura 5: temperatura máxima, média e mínima (°C) dos meses de maio a julho de 2011 da Estação Experimental Prof. Dr. Antonio Carlos dos Santos Pessoa, município de Marechal Cândido Rondon, Linha Guará.

Após 70 dias do estaqueamento, o enraizamento (raiz a partir de 2 mm), o número de raízes, e o comprimento médio das três raízes de maior comprimento foram quantificados assim como a presença de calos e de brotação; o número e o comprimento de brotos; o número de folhas jovens; a porcentagem de sobrevivência (miniestacas vivas que não formaram raízes e nem calos); e a porcentagem de miniestacas mortas (miniestacas com tecidos necrosados).

Os dados obtidos foram averiguados quanto à normalidade da distribuição dos resíduos pelo teste de Lilliefors, e homogeneidade da variância pelo teste de Cochran & Bartlett, e submetidos à análise de variância com o auxílio do software SAEG (SAEG, 2007). Quando da existência de diferenças estatisticamente significativas, as médias entre reguladores foram comparadas pelo teste F a 5 % de probabilidade enquanto para o efeito das concentrações utilizou-se a análise de regressão polinomial a 1 % de probabilidade.

## 4.2 Resultados e Discussão

O resumo da análise de variância contemplando todas as variáveis analisadas encontra-se nos anexos C e D.

De acordo com a análise de variância não houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre reguladores e concentrações para as variáveis: porcentagem de brotação, número de folhas novas e mortalidade de miniestacas, cujas médias foram 85,6 %, 8,1 % e 5,4 %, respectivamente.

Houve condição de alta temperatura internamente no período inicial do experimento, aliado a alta umidade relativa do ar proporcionado pela nebulização intermitente em ambiente fechado o que pode ter favorecido a emissão da brotação (Figura 6).

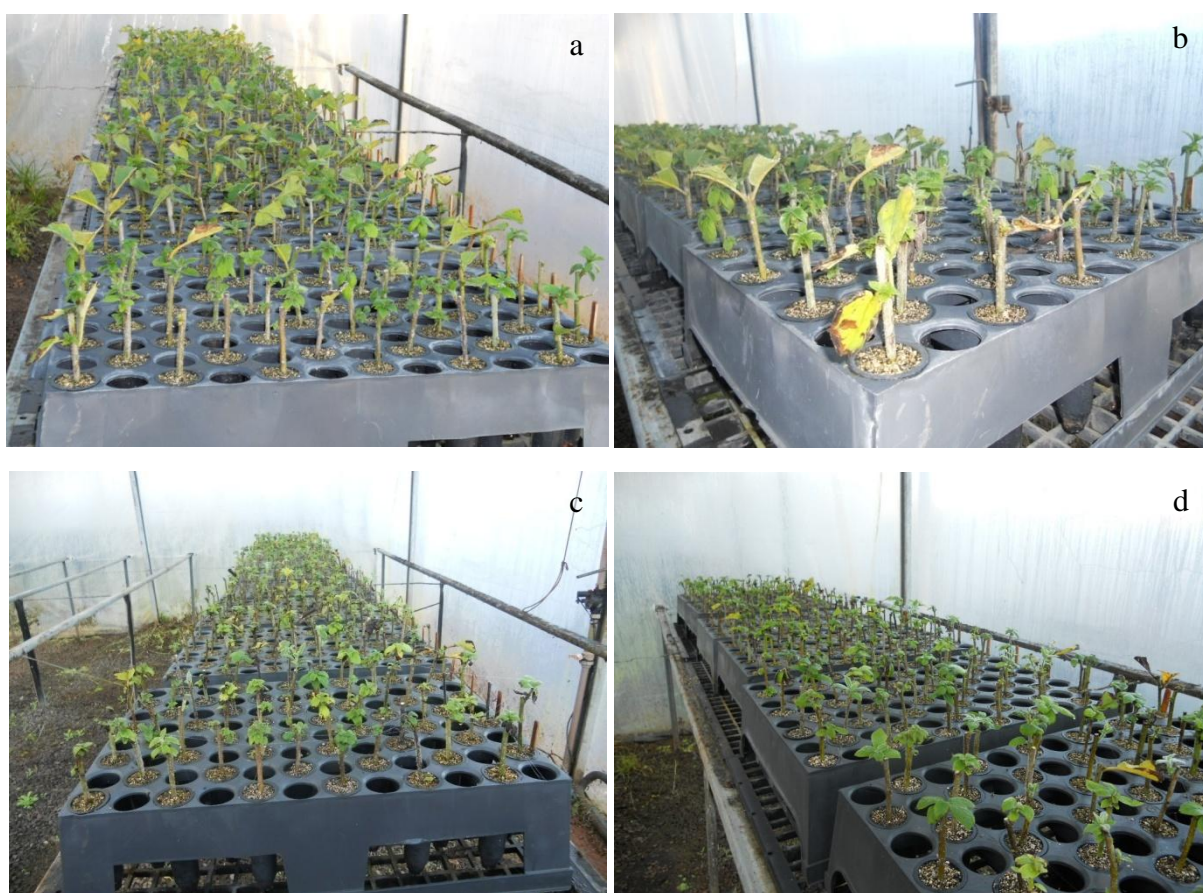


Figura 6: visão geral do experimento enfatizando a brotação das miniestacas de louro-pardo aos 44 dias (a) e (b) e aos 70 dias (c) e (d) após o estaqueamento.

Para Xavier et al. (2009), a temperatura tem importante função regulatória no metabolismo das plantas e quando excessivamente altas podem promover a brotação da parte

aérea. O aumento da temperatura favorece a divisão celular na formação de raízes, porém pode favorecer a brotação das gemas antes que o enraizamento ocorra, o que é indesejável levando a um consumo excessivo de reservas (HARTMANN et al., 2002; FACHINELLO et al., 2005).

Quando ocorrem brotações precocemente promove esgotamento de reservas das miniestacas antes do processo de enraizamento faltando energia para a iniciação radicial. Neste mesmo ambiente, com o estaqueamento de miniestacas de *Eucalyptus urograndis* provenientes de minijardim clonal com fertirrigação controlada por gotejamento, obteve-se 75 % de enraizamento (relato do viveirista, dados não apresentados).

Resultados semelhantes foram observados, porém com material com outra consistência, em estacas lenhosas de louro-pardo por Heberle (2010) e de estacas lenhosas de vassourão-branco (*Piptocarpha angustifolia* Dusén), observados por Ferriani (2006), onde os propágulos coletados no outono apresentaram brotos, mas não enraizaram, porém diferiram deste, pois em ambos os trabalhos as estacas morreram posteriormente.

Houve baixa mortalidade de miniestacas de louro-pardo indicando que o ambiente de propagação através do uso de nebulização intermitente, mantendo alta umidade relativa, com a formação de uma película de água, provavelmente tenha exercido a função de redução da taxa de transpiração, de respiração e de temperatura das folhas, mantendo-as de forma funcional por mais tempo. Hartmann et al. (2002) relatam que a estaquia sob condições de nebulização é prática recomendável para espécies vegetais com dificuldades no enraizamento. Em geral a umidade relativa do ar deve ter valores superiores a 80 % (XAVIER et al., 2009).

As estações de outono e inverno, período da condução deste ensaio, proporcionaram grandes variações nas temperaturas. Apesar de não haver medição sistemática durante todo este período do experimento, houve leituras instantâneas através de termômetro dentro do ambiente de propagação (dados não apresentados) em que por muitas vezes foi verificado temperaturas de 36 °C. Esta condição correspondia à abertura dos janelões manualmente, para dissipar o calor, ao qual eram fechados ao final da tarde.

Houve ainda leituras de baixíssimas temperaturas internamente, inclusive com registros de geadas ao final de junho, onde o termômetro acusou mínima de 0 °C (dados não apresentados). Neste caso, as baixas temperaturas diminuem o metabolismo das miniestacas, levando maior tempo para o enraizamento, ou até mesmo, não proporcionarem condições adequadas para a indução, desenvolvimento e crescimento radicial, dependendo da espécie



(XAVIER et al., 2009). Segundo Wendleng (2004), para espécies de difícil enraizamento a coleta do material de propagação deve coincidir com a estação de crescimento.

Para porcentagem de miniestacas que apresentaram apenas formação de calos e sobrevivência, observou-se efeito significativo ( $p < 0,05$ ) para reguladores, não apresentado diferença significativa entre concentrações (Tabela 2). O emprego do IBA resultou-se em maior calogênese, conseqüentemente menor quantidade de miniestacas que se mantiveram apenas vivas, ou seja, sem calo e sem raiz na base da miniestaca.

Tabela 2: calo e sobrevivência de miniestacas coletadas de brotações de mudas de *Cordia trichotoma* submetidas a diferentes concentrações de IBA e NAA

Regulador	Calo	Sobrevivência
	----- % -----	----- % -----
IBA	43,3 a*	49,2 b
NAA	25,0 b	68,8 a
DMS	14,3	14,3

\*Médias não seguidas da mesma letra minúscula na coluna, diferem estatisticamente entre si pelo teste F ao nível de 5 % de significância.

No momento em que a auxina é aplicada, há um aumento da sua concentração na base das estacas e, caso os demais requerimentos fisiológicos sejam satisfeitos, há formação de calos, resultante da ativação das células do câmbio (FACHINELLO et al., 2002). Isto também pode explicar a maior formação de calos para esta auxina, pois apesar do surgimento de calo e enraizamento ser fatores independentes, a formação da calogênese pode ser iniciada pelos mesmos estímulos que a iniciação radicial.

Louro-pardo apresenta elevada atividade cambial de outubro a março com uma transição abrupta entre fibras e células parenquimáticas, e as células da zona cambial provocada pela sazonalidade (AMANO, 2002). Este fato também pode contribuir para o não enraizamento de miniestacas de louro-pardo coletadas em maio de 2011, apesar da auxina promover maior atividade cambial, mesmo no inverno, talvez o balanço hormonal não tenha sido suficiente para emissão radicial.

O IBA tem apresentado maior eficiência na promoção de raízes adventícias em estacas caulinares de espécies florestais, visto a sua menor mobilidade e maior estabilidade química no interior da estaca (XAVIER et al., 2009).

Os resultados quanto ao não enraizamento concordam com Fick (2007), que reportou emissão radicial de apenas 4 miniestacas de louro-pardo submetidas à 1.000 mg L<sup>-1</sup> de IBA. Porém, o autor trabalhou em diversas épocas do ano (maio de 2006 a abril de 2007), obteve alta porcentagem de sobrevivência e formação de calos em 33,3 % das miniestacas, não apresentando diferença significativa entre as concentrações. O autor atribuiu o fato do não enraizamento às condições ambientais do local do experimento ao qual não teve controle de temperatura e umidade relativa do ar. No entanto, o presente ensaio teve condições de alta umidade relativa do ar pelo emprego da nebulização intermitente, apesar de não haver um controle da temperatura.

Os resultados também concordam ao reportado por Heberle (2010) que não obteve enraizamento em estacas lenhosas de louro-pardo com a adição de 8.000 mg L<sup>-1</sup> de IBA, coletadas de plantas adultas no final do inverno de 2009. A autora comenta que estacas com maior grau de lignificação apresentam maior dificuldade para enraizar; apesar de não realizar estudos anatômicos para explicar uma possível presença de um anel de esclerênquima contínuo, que poderia constituir uma barreira física à emergência das raízes. O maior grau de maturidade e menor habilidade fisiológica podem impedir a formação de primórdios radiculares. (HARTMANN et al., 2002; XAVIER et al., 2009); além da sazonalidade (AMANO, 2002).

Assim, tanto para o material juvenil, miniestacas coletadas de mudas de origem seminal, como o material lenhoso oriundo de plantas adultas citados acima, além do presente ensaio não houve sucesso na emissão de raízes adventícias para estaquia de louro-pardo.

Quando o material não apresenta enraizamento com a aplicação de regulador vegetal é classificado como difícil de enraizar, porque o fator limitante à formação de raízes não é ausência de um hormônio, mas pode ser a presença de um inibidor de enraizamento, provocado pelo desbalanço hormonal, ou deficiência de algum composto ou nutriente necessário ao processo (HARTMANN et al., 2002).

As condições ambientais podem ter contribuído para o insucesso no enraizamento. Xavier et al. (2009) relatam que para espécies florestais, um bom enraizamento pode ser conseguido em um amplo intervalo de temperatura, variando entre 15 e 35 °C. No entanto, recomenda-se como faixa ideal intervalo entre 25 e 30 °C (BERTOLOTTI e GONÇALVES, 1980). Chalfun (1989) atribuiu a temperatura do ambiente e do substrato, como fator importante para produção de raízes adventícias, tendo importante função regulatória no metabolismo das plantas e afeta o enraizamento das estacas.

Para ocorrer o enraizamento é necessária a disponibilidade e receptividade das células do parênquima para regenerar regiões meristemáticas, modificações das relações entre inibidores e promotores de enraizamento, acúmulo e redistribuição de carboidratos e mudanças no teor de nitrogênio e aminoácidos (DAVIES JUNIOR e HARTMANN, 1988); apesar de Hartmann et al. (2002) mencionarem que a relação entre carboidratos e formação de raízes adventícias é controversa, pois no outono as estacas possuem reservas de carboidratos, mas também podem possuir inibidores do enraizamento, o que dificultaria a formação de raízes. Como louro-pardo possui período sensível quanto à sazonalidade, pode ter balanço hormonal desfavorável, presença de inibidores nesta época do ano para a emissão radicial.

Diversos autores verificaram que a formação de raízes adventícias deve-se a influência de fatores como o tipo de estaca e a época do ano para coleta do material (ZUFFELLATO-RIBAS e RODRIGUES, 2001; DUTRA et al., 2002; SALOMÃO et al. 2002; GONTIJO et al. 2003; KNAPIK et al. 2003; BASTOS et al. 2004; FACHINELLO et al., 2005; FERREIRA et al., 2010).

Louro-pardo pode ser considerado uma espécie de difícil enraizamento; neste caso, Wendling (2004), sugere que a época indicada poderia ser aquela que coincide com a estação de crescimento, reportando às espécies de difícil enraizamento. Portanto, o período de primavera e verão poderiam favorecer a emissão radicial e foi o que aconteceu com o primeiro experimento resultando em 28,9 % de emissão radicial com o emprego de 8.000 mg L<sup>-1</sup> de IBA.

Para o número de brotos houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) para concentrações dos reguladores vegetais ao qual expressou em média 1,7 brotos por miniestaca. O modelo significativo ajustado na análise de regressão foi linear decrescente ( $p < 0,01$ ). A maior concentração de reguladores resultou em 1,4 brotos por miniestaca (Figura 7) com redução de 28,1 % em relação ao tratamento controle, ou seja, sem aplicação de auxinas.

Nos tratamentos controles houve maior brotação provavelmente pela condição mais favorável a um provável balanço hormonal. A baixa relação auxina/citocinina pode promover o desenvolvimento de brotações inibindo o desenvolvimento das raízes (FACHINELLO et al., 2005; XAVIER et al., 2009).

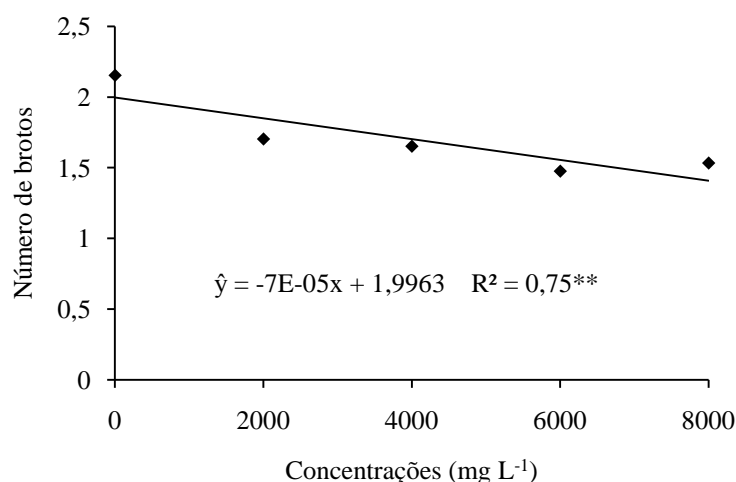


Figura 7: número médio de brotos em miniestacas coletadas de brotações de mudas de *Cordia trichotoma* submetidas a diferentes concentrações de IBA e NAA. \*\* Significativo a 1% pelo teste F.

Com o aumento das concentrações dos reguladores, houve, portanto maior relação auxina/citocinina podendo levar a resposta de menor brotação, provocada por uma possível indução no processo de enraizamento ou formação de calo, canalizando parte da reserva da miniestaca para esse fim.

Houve diferença significativa para interação ( $p < 0,05$ ) em relação ao tamanho de brotos. Ocorreu diminuição linear do comprimento dos brotos em função do aumento da concentração de IBA (Figura 8). A maior concentração de IBA resultou em 1,2 cm de comprimento, apresentando uma redução de 29,2 % em relação à testemunha. Para o NAA resultou em um comprimento médio de brotos de 1,45 cm e não apresentou diferença significativa ( $p < 0,01$ ), resultado não esperado, por ser um produto mais fitotóxico poderia indiretamente influenciar mais que o IBA no comprimento dos brotos à medida que aumentaram as concentrações.

Os resultados para brotação e o comprimento de brotos por miniestaca brotada discordam dos resultados obtidos por Heberle (2010) que alegou não haver efeito significativo quando do emprego de 8.000 mg L<sup>-1</sup> de IBA em estacas de louro-pardo, apresentando em média 1,6 brotos e 0,62 cm por broto aos 40 dias após o estaqueamento.

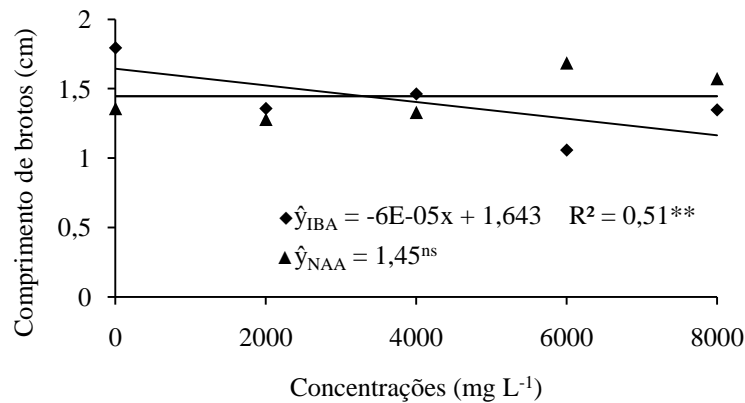


Figura 8: comprimento médio de brotos em miniestacas coletadas de brotações de mudas de *Cordia trichotoma* submetidas a diferentes concentrações de IBA e NAA. \*\*, ns Significativo a 1% ou não significativo pelo teste F.

A situação apresentada para comprimento de brotos segue a mesma condição anterior (número de brotos), pois devido o aumento de concentrações houve menor comprimento dos brotos, neste caso somente para IBA. Lembrando ainda que o efeito da auxina está diretamente relacionada ao local de aplicação, portanto para formação de calos e raízes.

A carência de estudos científicos sobre propagação vegetativa para espécies florestais lenhosas nativas tem dificultado os avanços dessa técnica na produção de mudas para fins comerciais. Porém para algumas espécies como o cedro-rosa (*Cedrela fissilis*), o pau-de-leite (*Sapium glandulatum*), a corticeira-do-banhado (*Erythrina crista-galli* L.) a miniestaquia a partir de material juvenil de origem seminal tem-se mostrado tecnicamente viável (WENDLING e XAVIER, 2001; XAVIER et al., 2003; GRATIERI-SOSSELLA et al., 2008; XAVIER et al., 2009; FERREIRA et al., 2010).

Neste cenário, novos estudos sobre o enraizamento de miniestacas para louro-pardo, deverão ser desenvolvidos, dando ênfase ao controle de umidade relativa do ar e a temperatura do ambiente de propagação, nas estações do ano, na busca de melhores resultados na propagação vegetativa da espécie.

### 4.3 Conclusões

O IBA foi mais responsivo na formação de calo. Os reguladores vegetais não foram efetivos para o enraizamento de miniestacas de *Cordia trichotoma* coletadas no outono.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALFENAS, A. C.; ZAUZA, E. A. V.; MAFIA, R. G.; ASSIS, T. F. de. **Clonagem e doenças do eucalipto**. 2. ed - Viçosa, MG. Ed. UFV, 2009. 500 p.

ALTAMAN, A.; WAREING, P. F. The effect of IAA on sugar accumulation na basipetal transport of <sup>14</sup>C-labelled assimilates in relation to root formation in *Phaseolus vulgaris* cuttings. **Physiology Plantarum**. Copenhagen, v.33, p.32-38, 1975.

ALVARENGA, L. R.; CARVALHO, V. D. Uso de substâncias promotoras de enraizamento de estacas frutíferas. **Informe Agropecuário**. Belo Horizonte, v.9, n.101, p.47-55, 1983.

AMANO, E. ***Cordia trichotoma*, Boraginaceae**: caracterização e sazonalidade na formação do xilema e do floema. São Paulo, 2002. 67 p. Dissertação (Mestrado em ciências na área de botânica). Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo.

ARTECA, R. N. **Plant Growth Substances: Principles and Application**. New York: Chapman and Hall. 1995. 332p.

BAO, F.; SHEN, J.; BRADY, S. R.; MUDAY, G. K.; ASAMI, T.; YANG, Z. Brassinosteroids Interact with Auxin to Promote Lateral Root Development in Arabidopsis. **American Society of Plant Biologists**, University of California, v. 134, p. 1624-1631, 2004.

BASTOS, D. C.; MARTINS, A. B. G.; SCALOPPI JÚNIOR, J. SARZI, I; FATINANSI, J. C. Influência do ácido indolbutírico no enraizamento de estacas apicais e basais de caramboleira (*Averrhoa carambola* L.) sob condições de nebulização intermitente. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, n. 2, p. 284-286, 2004.

BITENCOURT, J. ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; WENDLING, I.; KOEHLER, H. S. Enraizamento de estacas de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St.-Hill.) provenientes de brotações rejuvenescidas. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v.11, n.3, p. 277-281, 2009.

BERTOLOTI, G.; GONÇALVES, A. N. **Enraizamento de estacas**: especificações técnicas para construção do módulo de propagação. ESALQ – Piracicaba, Circular técnica n. 94, 1980. 9 p.

BORTOLINI, M. F. **Uso do ácido indol butírico na estaquia de *Tiouchina sellowiana* (Cham.) Cogn**. Curitiba, 2006, 85 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

CARDOSO, G. V.; FRIZZO, S. M. B.; ROSA, C. A. B. da; FOELKEL, C. E. B.; ASSIS, F. de; OLIVEIRA, P. de. Variação da densidade da madeira de *Eucalyptus globulus* no sentido longitudinal da árvore. Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. **35º Congresso e Exposição**, São Paulo, 14 a 17 outubro, 2002.

CARPANEZZI, A. A.; CARPANEZZI, O. T. B. Espécies nativas recomendadas para recuperação ambiental no Estado do Paraná, em solos não degradados. Documento 136, **Embrapa Floresta**, Colombo, PR, 2006.

CARVALHO, P. E. R. Louro pardo. **Circular técnica 66**. Embrapa – Colombo, PR. 2002.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras, V. 1**. Embrapa Floresta. Brasília, DF, 2003. 1.039 p.

CHALFUN, N. N. J. **Fatores bioquímicos e fisiológicos no enraizamento de estacas de *hibiscus rosa-sinensis* L.** Viçosa, MG, 1989, 85 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) Universidade Federal de Viçosa.

CLEMENT, C. R. Melhoramento de espécies nativas. In: NASS, L. L.; VALOIS, A. C. C.; MELO, I. S.; VALADARES-INGLIS, M. C. (Eds.). **Recursos genéticos e melhoramento - plantas**. Rondonópolis: Fundação de Apoio à Pesquisa Agropecuária de Mato Grosso, p. 423-441, 2001.

DAVIS, T. D. Photosynthesis during adventitious rooting. In: DAVIS, T. D.; HAISSIG, B. E.; SANKHLA N. **Adventitious root formation in cuttings**. Oregon: Dioscorides Press., p. 79-87, 1988.

DAVIES JUNIOR, F. T.; HARTMANN, H. T. The physiological basis of adventitious root formation. **Acta Horticulturae**, v. 227, p.113-120, 1988.

DUTRA, L. F.; KERSTEN, E; FACHINELLO, J. C. Época de coleta, ácido indolbutírico e triptofano no enraizamento de estacas de pessegueiro. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 59, n. 2, p. 327-333, abr./jun, 2002.

EMBRAPA FLORESTA. Espécies nativas recomendadas para recuperação ambiental no Estado do Paraná, em solos não degradados. Documento 136, Colombo – PR, 2006.

FACHINELLO, J. C.; HOFFMANN, A.; NACHTIGAL, J. C.; KERSTEN, E. **Propagação de plantas frutíferas**. Embrapa informações tecnológica. Brasília, DF, 2005, 221p.

FERREIRA, B. G. A.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; WENDLING, I.; KOEHLER, H. S.; NOGUEIRA, A. C. Miniestaquia de *Sapium glandulatum* (Vell.) pax com o uso de ácido indol butírico e ácido naftaleno acético. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 1, p. 19-31, jan-mar. 2010.

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

FICK, T. A.; BISOGNIN, D. A.; QUADROS, K. M. de; HORBACH, M.; REINIGER, L. R. S. Estabelecimento e crescimento *in vitro* de plântulas de louro-pardo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 17, n. 4, p. 343-349, 2007.

FILGUEIRAS, T. S.; PEREIRA, B.A. da S. Flora do Distrito Federal. In: **PINTO, M. N., org. Cerrado: caracterização, ocupação e perspectiva**. Brasília: Editora da Universidade de Brasília, p. 331-388, 1990.

FLORIANO, E. P. Produção de mudas florestais por via assexuada. Santa Rosa: [s.n.], 2004. 37 p. (**Caderno Didático**, n. 3).

FOSKET, D. **Plant growth and development, a molecular approach**. San Diego: Academic Press, 1994. 580 p.

FOELKEL, C. E. B. Individualização das fibras da madeira de eucalipto para a produção de celulose Kraft. Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. **Eucalyptus Online Book & Newsletter**, 2009. 7 p.

FORTES, A. M. T. **Efeito de auxinas e ácido bórico em dois métodos de aplicação no enraizamento de estacas de rosa**. Botucatu, 1998, 95f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas - Botânica). Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho.

FRANZON, R. C.; ANTUNES, L. E. C.; RASEIRA, M. do C. B. Efeito do AIB e de diferentes tipos de estacas na propagação vegetativa da goiabeira-serrana (*Acca sellowiana* Berg). **R. bras. Agrociência**, v. 10, n. 4, p. 515-518, out-dez. 2004.

FRANÇA, S. C. A.; UGARTE, J. F. de O.; SILVA, A. de A. S. da. Minerais aplicados à tecnologia ambiental: minerais verdes. **Comunicação Técnica elaborada para o Livro Rochas Minerais Industriais: Usos e Especificações Parte 3 – Os Minerais e o Meio Ambiente** Capítulo 41. Rio de Janeiro, p. 933-959, 2008.

GONTIJO, T. C. A.; RAMOS, J. D.; MENDONÇA, V.; PIO, R.; ARAÚJO NETO, S. E. de; CORRÊA, F. L. O. Enraizamento de diferentes tipos de estacas de acerola utilizando ácido indolbutírico. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n. 2, p. 290-292, ago. 2003.

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

GATTI, K. C. **Propagação vegetativa de Pau mulato (*Calycophyllum spruceanum* (Benth) K. Schum.), Jequitibá (*Cariniana strellensis* (Raddi) Kuntze) e Teca (*Tectona grandis* Linn. f.) por miniestaquia**. Viçosa, 2002, 72 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Viçosa.

HACKETT, W. P. Donor plant maturation and adventitious roots formation. In: DAVIES, T. D.; HAISSIG, B. E. SANKHLA, N. (Eds.) **Adventitious root formation in cuttings**. Portland: Diocorides Press, 1987, p. 11-28, (Advances in Plant Sciences Series, 2).

HAISSIG, B. E. Carbohydrate and amino acid concentrations during adventitious root primordium development in *Pinus banksiana* (Lam.) cuttings. **Forest Science**. Bethesda, v. 28, n. 4, p. 813-821, 1982.

HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E.; DAVIES JUNIOR, F. T.; GENEVER, R. L. **Plant Propagation: principles and practices**. 7. ed. New York: Prentice Hall, 2002. 880 p.

HAMBRICK, C. E.; DAVIES, F. T., PEMBERTON, H. B. Seasonal changes in carbohydrate/nitrogen levels during field rooting of *Rosa multiflora* "Brooks 56" hardwood cuttings. **Scientia Horticulturae**. Amsterdam, v. 46, p. 137-146, 1991.



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

HIGASHI, E. N.; SILVEIRA, R. L. V. de A.; GONÇALVES, A. N. **Propagação vegetativa de *Eucalyptus*: princípios básicos e a sua evolução no Brasil**, 2000. (Circular Técnica - IPEF, n. 192).

IAP – Instituto Ambiental do Paraná. **Portaria nº 233**, de 26 de novembro de 2004. Curitiba, 2004.

IAPAR. **Cartas climáticas do Paraná**. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=597>>. Acessado em: 08 de março de 2012.

INOUE, M. T.; PUTTON, V. Macropropagação de 12 espécies arbóreas da floresta ombrófila mista. **Floresta**, Curitiba, v. 37, n. 1, jan-abr. 2007.

JANICK, J. **A ciência da horticultura**. Rios de Janeiro: F. Bastos, 1966. 485 p.

KERBAUY, G. B. **Fisiologia vegetal**. Guanabara Koogan S. A. Rio de Janeiro, 2004. 452 p.

KNAPIK, J. G.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; CARPANEZZI, A. A.; TAVARES, F. R.; KOEHLER, H. S. Influência da época e da aplicação de ácido indol butírico na propagação por estaquia da *Tibouchina pulchra* (Cham.) Cogn. (quaresmeira). **Iheringia**, Porto Alegre, v. 58, n. 2, p. 171-179, jul-dez. 2003.

LEAKEY, R. R. B.; COUTTS, M. P. The dynamics of rooting in *Triplochiton scleroxylon* K. Schum. cuttings - their relationship to leaf area, node position, dry weight accumulation, leaf water potential and carbohydrate composition. **Tree Physiology**, v. 5, p. 135-146. 1989.

LIMA, N. P.; BIASI, L. A.; ZANETTE, F.; NAKASHIMA, T. Estquia semilenhosa e análise de metabólitos secundários de guaco (*Mikania glomerata* Sprengel e *Mikania laevigata* Schultz Bip. ex Baker). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**. Botucatu, v. 5, n. 2, p. 47-54, 2003b.

LIMA, D. M. de; ALCANTARA, G. B.; BORTOLINI, M. F.; FANTI, F. P.; BIASI, L. A.; QUOIRIN, M.; KOEHLER, H. S.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C. Substratos e concentrações de ácido naftaleno acético no enraizamento de estacas de semilenhosas de *Calliandra selloi* e *Calliandra tweediei*. **Scientia Agraria UFPR**, Curitiba, v. 7, n. 1-2, p. 105-111, 2006.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 4ª ed. V. 1. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2002. 384 p.

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento; SPA - Secretaria de Política Agrícola; IICA - Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura. **Cadeia Produtiva de Madeira**. BINAGRI. Vol. 6. Brasília – DF, 2007.

MARCHIORI, J. N. C. **Elementos de dendrologia**. Santa Maria: ed. da Universidade Federal de Santa Maria, 2. ed., 2004. 176 p.

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**, Pelotas, v. 23, n. 2, p. 64-71, 2001.

MESÉN, F.; NEWTON, A. C.; LEAKEY, R. R. B. Vegetative propagation of *Cordia alliodora* (Ruiz & Pavon) Oken: the effects of IBA concentration, propagation medium and cutting origin. **Forest Ecology and Management**, v. 92, p. 45-54, 1997.

MESÉN, F. **Enraizamiento de estacas juveniles de espécies forestales**: uso de propagadores de sub-irrigación. Turrialba: CATIE, 1997. 34 p.

NANDA, K. K.; ANAND, V. K. Seasonal changes in auxin effects on rooting of stem cuttings of *Populus nigra* and relationship with mobilization of starch. **Physiology Plantarum**. Copenhagen, v. 23, p. 99-107, 1971.

NEVES, T. S.; CARPANEZZI, A. A.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; MARENCO, R. A. Enraizamento de corticeira-da-serra em função do tipo de estaca e variações sazonais. **Pesq. agropec. bras.** Brasília, v. 41, n. 12, p. 1699-1705, 2006.

ONO, E. O.; RODRIGES, 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.

ONO, E. O.; RODRIGUES, J. D. Aspectos da Fisiologia do Enraizamento de Estacas Caulinares. Jaboticabal: FUNEP, 1996. 83p.

PAIVA, H. N. de; GOMES, J. M. **Propagação vegetativa de espécies florestais**. Viçosa, MG: UFV, (Boletim, 322). 1995. 40 p.

PALANISAMY, K.; SUBRAMANIAN, K. Vegetative propagation of mature Teak trees (*Tectona grandis* L.). **Silvae Genética**. Frankfurt am Main, v. 50, n. 5, p.188-191, 2001.

PAL, M. Seasonal variations of the effects of auxins on rooting branch cuttings of *Hibiscus rosasiensis*. **Indian Journal of Forestry**. Dehra Dun, v. 13, n. 4, p. 333-335, 1990.

PEREIRA, M. **Propagação via estacas apicais, caracterização morfológica e molecular de jabuticabeira (*Myrciaria spp*)**. Piracicaba, 2003, 86 p. Tese (Doutorado em recursos florestais, com opção em silvicultura e manejo florestal, pela Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz) - Universidade de São Paulo.

PERES, L. E. P. Bases fisiológicas e genéticas da regeneração e plantas *in vitro*. **Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento**. Brasília, v. 25, p. 18-25, 2002.

PERRANDO, E. R. **Propagação vegetativa de acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild)**. Santa Maria, 2003, 123 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria.

PURUSHOTHAM, K.; SULLADMATH, U. V.; RAMAIAH, P. K. Seasonal changes in biochemical constituents and their relation to rooting of coffee (*Coffe canephora* Pierre) sucker cuttings. **Journal of Coffe Reserch**. Mysore, v. 14, n. 3, p. 117-130, 1984.

RIBAS, K. C. **Interações entre auxinas e co-fatores do enraizamento na promoção do sistema radicular, em estacas de *Eucalyptus grandis* W. Hiss ex Maiden.** Botucatu, 1997, 150 f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual Paulista.

RODRIGUES, V. A. **Propagação vegetativa de Aroeira *Schinus terebinthifolius* Faddi Canela Sassafras *Ocotea pretiosa* Benth & Hook e Cedro *Cedrela fissilis* Vellozo através de estacas radiciais e caulinares.** 90f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná Curitiba, 1990.

SAEG. **SAEG: sistema para análises estatísticas**, ver. 9.1. Viçosa: UFV, 2007.

SALOMÃO, L. C. C.; PEREIRA, W. E.; DUARTE, R. C. C.; SIQUEIRA, D. L. de. Propagação por estaquia dos maracujazeiros doce (*Passiflora alata* Dryand.) e amarelo (*P. edulis* f. *flavicarpa* O. Deg.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 1, p. 163-167, 2002.

SCALABRELLI, C.; COUVILLON, G.A. Ethylene release from peach hardwood cuttings after treatment for increasing rooting. **Acta Horticulturae**. Wareningen, v. 179, p. 863-867, 1986.

SCHNEIDER, P. S. P.; SCHEEREN, L. W.; SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G. Crescimento de *Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. Ex Steud., na depressão central do Estado do Rio Grande do Sul. **Floresta e ambiente**. Santa Maria, V. 13, n. 1, p. 26-33, 2006.

SCHREINER, E. J. The possibility of the clone in forestry. **Journal of Forestry**, Bethesda, v. 37, p. 61-62, 1939.

SILVA, M. O. C. C. B. da. **Estaquia caulinar de *Ateleia glazioviana* Bailonm Leguminosae – Papilionoideae.** Curitiba, 2007, 101 f. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná.

SIQUEIRA, A. C. M. F.; NOGUEIRA, J. C. B. Essências brasileiras e sua conservação genética no Instituto Florestal de São Paulo. In: **CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS**, 2., 1992, São Paulo. Anais. São Paulo: Instituto Florestal, 1992. p.1187. Publicado na Revista do Instituto Florestal, v.4, parte 4, edição especial, 1992.

SOUZA, P. V. D. de; CARNIEL, E.; FOCESATO, M. L. Efeito da composição do substrato no enraizamento de estacas de Maracujazeiro azedo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 28, n. 2, p. 276-279, Ago. 2006.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 4 ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 848p.

THOMPSON, D. G. Current state-of-the-art of rooting cuttings and a view to the future. In: Symposium in Iufro's Centennial year – Mass production technology for genetically improved fast growing Forest tree species, 1992, Bordeaux. Synteses... Paris: Afocel, Iufro, 159-172. (Colloque Afocel – Iufro). 1992. p.

UGARTE, J. F. de O.; SAMPAIO, J. A. FRANÇA, S. C. A. **Comunicação Técnica elaborada para Edição do Livro Rochas & Minerais Industriais: Usos e Especificações.** Vermiculita cap. 32. Rio de Janeiro, p. 677-698, 2005.

WACHOWICZ, C. M.; CARVALHO, R. I. N. **Fisiologia Vegetal**: Produção e póscolheita. Curitiba: Editora Universitária Champagnat, 2002. 424p.

WEAVER, R. J. **Reguladores del crecimiento en la agriculture**. 2.ed. Barcelona: Trillas, 1982.

WENDLING, I. **Propagação vegetativa de erva-mate (*Ilex paraguariensis* Saint Hilaire)**: estado da arte e tendências futuras. Colombo: Embrapa Floresta. Documento 91, 2004.

WENDLING, I.; FERRARI, M. P.; DUTRA, L. F. Produção de mudas de corticeira-dobanhado por miniestaquia a partir de propágulos juvenis. **Comunicado técnico**, Colombo, n. 130, p. 1-5, out. 2005.

WENDLING, I.; XAVIER, A. Gradiente de maturação e rejuvenescimento Aplicado em espécies florestais. Revista **Floresta e Ambiente**. V. 8, n. 1, p. 187-194, jan-dez. 2001.

WIESMAN, Z.; LAVEE, S. Relationship of carbohydrate sources and indol-3-butyric acid in olive cuttings. **Australian Journal Plant Physiology**. Austrália, v. 22, p. 811-816, 1995.

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, 2003.

XAVIER, A.; WENDLING, I.; SILVA, R. L. da. **Silvicultura clonal – princípios e técnicas**. UFV. Universidade Federal de Viçosa, 2009.

ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; RODRIGUES, J. D. **Estaquia**: uma abordagem dos principais aspectos fisiológicos. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2001. 39p.

## ANEXOS

Anexo A: resumo da análise de variância do primeiro experimento para as variáveis enraizamento (ENR), número de raízes (NR), comprimento médio de raízes (CMR), calos e sobrevivência (SOBRV) em miniestacas coletadas de brotações de mudas de *Cordia trichotoma* submetidas a diferentes concentrações de IBA e NAA

Tratamentos	Fcal para as variáveis				
	ENR (%)	NR	CMR (cm)	CALO (%)	SOBRV (%)
Regulador (R)	17,55 <sup>**</sup>	7,61 <sup>*</sup>	6,62 <sup>*</sup>	4,55 <sup>*</sup>	0,05 <sup>ns</sup>
Concentração (C)	4,09 <sup>*</sup>	3,00 <sup>*</sup>	2,32 <sup>ns</sup>	13,23 <sup>**</sup>	33,62 <sup>**</sup>
Linear (L)	15,90 <sup>**</sup>	10,66 <sup>**</sup>	-	0,89 <sup>ns</sup>	70,20 <sup>**</sup>
Quadrático (Q)	0,45 <sup>ns</sup>	0,76 <sup>ns</sup>	-	38,59 <sup>**</sup>	46,63 <sup>**</sup>
R x C	3,47 <sup>*</sup>	0,07 <sup>ns</sup>	0,92 <sup>ns</sup>	3,04 <sup>*</sup>	3,18 <sup>*</sup>
(IBA / L)	26,58 <sup>**</sup>	-	-	9,40 <sup>**</sup>	64,65 <sup>**</sup>
(IBA / Q)	0,30 <sup>ns</sup>	-	-	21,33 <sup>**</sup>	12,79 <sup>**</sup>
(NAA / L)	0,23 <sup>ns</sup>	-	-	3,00 <sup>ns</sup>	14,51 <sup>**</sup>
(NAA / Q)	2,24 <sup>ns</sup>	-	-	17,37 <sup>**</sup>	36,97 <sup>**</sup>
Média	10,42	1,72	2,48	64,58	12,71
C.V. (%)	78,51	101,10	116,43	15,31	49,01

Para regulador, concentração e interação R x C, <sup>\*</sup> e <sup>\*\*</sup> diferem estatisticamente entre si pelo teste F ao nível de 5 % e 1 % de significância e <sup>ns</sup> não significativo. Para regressão polinomial <sup>\*\*</sup> Significativo a 1 % pelo teste F e <sup>ns</sup> não significativo.

Anexo B: resumo da análise de variância do primeiro experimento para as variáveis brotação (BROT), número de brotos (NBR), comprimento médio de brotos (CMBR), número de folhas jovens (NFJ) e mortalidade (MORT) em miniestacas coletadas de brotações de mudas de *Cordia trichotoma* submetidas a diferentes concentrações de IBA e NAA

Tratamentos	Fcal para as variáveis				
	BROT (%)	NBR	CMBR (cm)	NFJ	MORT (%)
Regulador (R)	4,10 <sup>ns</sup>	0,11 <sup>ns</sup>	0,30 <sup>ns</sup>	0,28 <sup>ns</sup>	7,63 <sup>*</sup>
Concentração (C)	5,15 <sup>**</sup>	4,01 <sup>*</sup>	0,38 <sup>ns</sup>	3,96 <sup>*</sup>	9,73 <sup>**</sup>
Linear (L)	18,44 <sup>**</sup>	12,60 <sup>**</sup>	-	9,77 <sup>**</sup>	27,92 <sup>**</sup>
Quadrático (Q)	0,10 <sup>ns</sup>	0,05 <sup>ns</sup>	-	4,16 <sup>ns</sup>	5,43 <sup>ns</sup>
R x C	1,12 <sup>ns</sup>	1,41 <sup>ns</sup>	0,41 <sup>ns</sup>	1,19 <sup>ns</sup>	2,02 <sup>ns</sup>
(IBA / L)	-	-	-	-	-
(IBA / Q)	-	-	-	-	-
(NAA / L)	-	-	-	-	-
(NAA / Q)	-	-	-	-	-
Média	29,37	1,06	1,62	1,40	22,71
C.V. (%)	42,10	30,41	53,13	67,20	35,72

Para regulador, concentração e interação R x C, \* e \*\* diferem estatisticamente entre si pelo teste F ao nível de 5 % e 1 % de significância e <sup>ns</sup> não significativo. Para regressão polinomial

\*\* Significativo a 1 % pelo teste F e <sup>ns</sup> não significativo.

Anexo C: resumo da análise de variância do segundo experimento para as variáveis enraizamento (ENR), número de raízes (NR), comprimento médio de raízes (CMR), calos e sobrevivência (SOBRV) em miniestacas coletadas de brotações de mudas de *Cordia trichotoma* submetidas a diferentes concentrações de IBA e NAA

Tratamentos	Fcal para as variáveis				
	ENR (%)	NR	CMR (cm)	CALO (%)	SOBRV (%)
Regulador (R)	-	-	-	6,96 <sup>*</sup>	7,85 <sup>**</sup>
Concentração (C)	-	-	-	0,71 <sup>ns</sup>	0,52 <sup>ns</sup>
Linear (L)	-	-	-	-	-
Quadrático (Q)	-	-	-	-	-
R x C	-	-	-	0,26 <sup>ns</sup>	0,36 <sup>ns</sup>
(IBA / L)	-	-	-	-	-
(IBA / Q)	-	-	-	-	-
(NAA / L)	-	-	-	-	-
(NAA / Q)	-	-	-	-	-
Média	-	-	-	34,17	58,96
C.V. (%)	-	-	-	64,33	37,48

Para regulador, concentração e interação R x C, <sup>\*</sup> e <sup>\*\*</sup> diferem estatisticamente entre si pelo teste F ao nível de 5 % e 1 % de significância e <sup>ns</sup> não significativo. Para regressão polinomial <sup>ns</sup> não significativo pelo teste F.

Anexo D: resumo da análise de variância do segundo experimento para as variáveis brotação (BROT), número de brotos (NBR), comprimento médio de brotos (CMBR), número de folhas jovens (NFJ) e mortalidade (MORT) em miniestacas coletadas de brotações de mudas de *Cordia trichotoma* submetidas a diferentes concentrações de IBA e NAA

Tratamentos	Fcal para as variáveis				
	BROT (%)	NBR	CMBR (cm)	NFJ	MORT (%)
Regulador (R)	3,98 <sup>ns</sup>	3,73 <sup>ns</sup>	0,24 <sup>ns</sup>	0,10 <sup>ns</sup>	1,00 <sup>ns</sup>
Concentração (C)	0,40 <sup>ns</sup>	9,54 <sup>**</sup>	1,11 <sup>ns</sup>	1,89 <sup>ns</sup>	0,44 <sup>ns</sup>
Linear (L)	-	28,76 <sup>**</sup>	-	-	-
Quadrático (Q)	-	7,56 <sup>ns</sup>	-	-	-
R x C	0,29 <sup>ns</sup>	0,11 <sup>ns</sup>	4,61 <sup>**</sup>	0,50 <sup>ns</sup>	1,13 <sup>ns</sup>
(IBA / L)	-	-	8,09 <sup>**</sup>	-	-
(IBA / Q)	-	-	3,61 <sup>ns</sup>	-	-
(NAA / L)	-	-	3,95 <sup>ns</sup>	-	-
(NAA / Q)	-	-	0,22 <sup>ns</sup>	-	-
Média	85,63	1,70	1,42	8,05	5,42
C.V. (%)	14,66	14,37	18,66	23,40	146,26

Para regulador, concentração e interação R x C, \* e \*\* diferem estatisticamente entre si pelo teste F ao nível de 5 % e 1 % de significância e <sup>ns</sup> não significativo. Para regressão polinomial

\*\* Significativo a 1 % pelo teste F e <sup>ns</sup> não significativo.



Anexo E: aspecto das mudas de louro-pardo no viveiro do IAP após a poda em dezembro de 2010



Anexo F: primeira coleta de miniestacas e segunda poda das mudas de louro-pardo em fevereiro de 2011



Anexo G: detalhes da instalação do 1º experimento em 19 de fevereiro de 2011 na Unioeste Campus de Marechal Cândido Rondon



Anexo H: aspecto do 1º experimento em 17 de março de 2011 (26 dias após a instalação)



Anexo I: aspecto do 1º experimento no momento da avaliação (60 dias após a instalação)



Anexo J: mudas 10 dias após a primeira colheita de miniestacas



Anexo K: mudas 20 dias após a primeira colheita de miniestacas



Anexo L: aspecto da brotação em 28 de abril de 2011

