



UFSM

Dissertação de Mestrado

**ESTUDO DOS ASPECTOS
REPRODUTIVOS EM *Luehea divaricata*
Martius (AÇOITA-CAVALO)**

Fernanda Grave

PPGEF

Santa Maria, RS, Brasil

2005

**ESTUDO DOS ASPECTOS
REPRODUTIVOS EM *Luehea divaricata*
Martius (AÇOITA-CAVALO)**

por

Fernanda Grave

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal,
Área de Concentração em Silvicultura, da Universidade
Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito
parcial para obtenção do grau de
Mestre em Engenharia Florestal

PPGEF

Santa Maria, RS, Brasil

2005

Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Rurais
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado

ESTUDO DOS ASPECTOS
REPRODUTIVOS EM *Luehea divaricata*
Martius (AÇOITA-CAVALO)

Elaborada por
Fernanda Grave

como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Engenharia Florestal

COMISSÃO EXAMINADORA:

Prof^a Elci Terezinha Henz Franco
(Orientadora)

Prof^a Juçara Terezinha Paranhos

Prof^a Maristela Machado Araújo

Santa Maria, 30 setembro de 2005.

**Aos meus pais Rosemari e
Sadi Augusto,
Com carinho
DEDICO!**

AGRADECIMENTOS

Ao Pós-Graduação da Engenharia Florestal, pela confiança.

À CAPES, pela concessão da bolsa de estudo.

À minha orientadora Elci Terezinha Henz Franco, pela amizade construída ao longo dos anos, confiança e a oportunidade de participar de seu grupo de pesquisa.

Ao professor Juarez Hoppe pela amizade e orientação.

Ao professor César Finger pela amizade e incentivo.

À Cerlene Machado (Tita) pela amizade, carinho e competência, um “anjo” colocado em meu caminho.

A todos os colegas do Laboratório de Fisiologia Vegetal, pela valorosa amizade. Em especial à Vanessa do Amaral pelo incentivo e ao Jardel Pacheco e Sidinei dos Santos pelo auxílio nos experimentos desenvolvidos.

À minha família, principalmente aos meus pais Sadi Augusto e Rosemari, pelo carinho, amor e dedicação que tiveram, muitas vezes se privando de suas vontades para que eu tivesse opções de realizar meus sonhos.

Ao meu irmão Marcio, principalmente pelo auxílio com o computador, salvando-me nas horas do “desespero”.

Ao meu noivo Felipe que sempre me estimulou aos estudos e dedicou sua atenção e carinho em todos os momentos.

A Dagoberto, Genilde, Ana Elisa e Ana Emília Silveira pela valorosa amizade e carinho.

Ao “pessoal do apê”, em especial à amiga Gisele Scapini, por compreenderem meus momentos de “completo stress” e se mostrarem amigos verdadeiros nas horas difíceis.

Aos colegas e amigos do Pós, pela amizade.

A todos que contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho,

Muito obrigada!

SUMÁRIO

RESUMO	i
ABSTRACT	ii
LISTA DE TABELAS (Capítulo 1)	iii
LISTA DE TABELAS (Capítulo 2)	iv
LISTA DE FIGURAS (Capítulo 1)	v
LISTA DE FIGURAS (Capítulo 2)	vii
LISTA DE ANEXOS (Capítulo 2)	ix
1. INTRODUÇÃO GERAL	1
1.1 Caracterização da espécie	2
2. OBJETIVO GERAL	5
CAPÍTULO 1 – Propagação vegetativa de <i>Luehea divaricata</i> via estaquia em 4 diferentes concentrações de AIB em diferentes épocas de coleta das estacas	
1. INTRODUÇÃO	6
2. OBJETIVOS	8
3. REVISÃO DE LITERATURA	9
3.1 Propagação vegetativa	9
3.1.1 Fatores ligados à planta matriz.....	12
a. Genótipo.....	12

b. Estresse hídrico.....	12
c. Carboidratos.....	13
d. Nutrição mineral.....	13
e. Condições de crescimento da planta.....	14
f. Idade fisiológica.....	14
3.1.2 Fatores relacionados às estacas.....	15
a. Estação do ano.....	15
b. Presença e número de folhas.....	16
c. Posição da estaca na planta-matriz.....	17
d. Inibidores endógenos.....	17
3.1.3 Fatores relacionados às soluções nutritivas.....	18
a. Composição das soluções nutritivas.....	18
b. Substâncias reguladoras de crescimento.....	19
4. MATERIAIS E METÓDOS.....	23
4.1 Material vegetal.....	23
4.2 Condução dos experimentos.....	23
4.3 Metodologia.....	23
4.4 Delineamento experimental.....	26
4.5 Parâmetros analisados.....	26
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	28
5.1 Sistema radicular.....	28
5.1.1 Massa seca das raízes.....	28
5.1.2 Comprimento médio das raízes primárias.....	31
5.1.3 Número de raízes primárias.....	33
5.1.4 Diâmetro do colo.....	35
5.2 Sistema aéreo.....	37
5.2.1 Massa seca da parte aérea.....	37
6. CONCLUSÕES.....	43

CAPÍTULO 2 – Propagação sexuada de *Luehea divaricata* em 4 diferentes substratos.

1. INTRODUÇÃO.....	44
2. OBJETIVOS.....	45
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	46

3.1 Produção de mudas por sementes.....	46
3.2 Principais fatores que alteram a produção de mudas.....	48
3.2.1 Substrato.....	48
3.2.2 Umidade do substrato.....	50
3.2.3 Efeito da intensidade luminosa.....	50
3.2.4 Recipiente utilizado.....	51
3.2.5 Temperatura.....	52
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	53
4.1 Material vegetal.....	53
4.2 Local de execução dos experimentos.....	53
4.3 Metodologia.....	54
4.4 Delineamento experimental.....	55
4.5 Parâmetros analisados.....	55
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	57
5.1 Sistema radicular.....	58
5.1.1 Massa seca das raízes.....	58
5.1.2 Diâmetro do colo.....	63
5.2 Sistema aéreo.....	65
5.2.1 Massa fresca da parte aérea e massa seca da parte aérea.....	65
5.2.2 Altura média da parte aérea.....	67
5.2.3 Número médio de folhas.....	69
6. CONCLUSÕES.....	72
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	73
8. BIBLIOGRAFIA.....	74
9. ANEXOS (Capítulo 2).....	82

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal
Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil

ESTUDO DOS ASPECTOS REPRODUTIVOS EM AÇOITA- CAVALO (*Luehea divaricata* Martius)

Autora: Fernanda Grave
Orientadora: Elci Terezinha Henz Franco
Santa Maria, 30 de setembro de 2005.

A *Luehea divaricata* Martius (açoita-cavalo) é uma árvore da família Tiliaceae que apresenta interesse para o uso industrial devido às boas qualidades da sua madeira e também em programas de reflorestamento. Estudos sobre propagação são justificados principalmente quando se trabalha com plantas nativas, para as quais existem poucos resultados de pesquisa. Foram realizados dois estudos sobre propagação da espécie: um via vegetativa e outro via sexuada. O primeiro estudo objetivou determinar a época de coleta das estacas e a concentração do fitorregulador AIB ideais empregados na propagação vegetativa de *Luehea divaricata*. Estacas com 10 cm receberam tratamento asséptico e permaneceram por 7 dias no meio de indução de enraizamento: 1/4 WPM + concentrações 0 (T₁); 0,1 (T₂); 1,0 (T₃); 10,0 mg/L (T₄) de AIB, como tratamento aplicado em estacas coletadas nas seguintes épocas de coleta: nov/2003, fev/2004, mai/2004, ago/2004. Após este período, foram transferidas para o meio de formação de raízes (1/4 WPM). Aos 60 dias, analisaram-se as variáveis massa seca das raízes (g), comprimento médio das raízes (cm), número de raízes, e ainda os aspectos diâmetro do colo (cm) e massa seca da parte aérea (g). No segundo estudo, verificou-se o substrato mais adequado e que proporciona maior crescimento das plântulas advindas de semente. Foram testados 4 substratos: Plantmax[®], turfa, casca de arroz carbonizada e Mec Plant[®]. Aos 60, 120 e 180 dias após a semeadura, avaliou-se o desenvolvimento das plântulas a partir das variáveis: massa seca das raízes (g), diâmetro do colo (cm), massa fresca da parte aérea (g), massa seca da parte aérea (g), altura da parte aérea (cm) e total de folhas. Na propagação da espécie via estaquia, em todas as épocas de coleta, com exceção de ago/2004, até a concentração de 5,0 mg/L de AIB, ocorreu aumento do vigor, da uniformidade e da qualidade do sistema radicular. A coleta realizada em fev/2004 obteve os melhores resultados nos parâmetros analisados. Na propagação sexuada, a germinação de sementes de *Luehea divaricata* ocorreu em todos os substratos testados. No substrato comercial Plantmax[®], foram obtidos resultados até quatro vezes maiores aos 180 dias após a semeadura (3^a e última avaliação) nos parâmetros massa seca das raízes, massa fresca e seca da parte aérea. Em todas as variáveis analisadas, Plantmax[®] obteve desempenho superior em comparação aos demais substratos.

ABSTRACT

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal
Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil

STUDIES OF REPRODUCTION ASPECTS IN AÇOITA- CAVALO (*Luehea divaricata* Martius)

Author: Fernanda Grave
Adviser: Elci Terezinha Henz Franco
Santa Maria, 30 september, 2005.

The *Luehea divaricata* Martius (açoita-cavalo) is a tree of Tiliaceae family that is of the interest of industries due to wood the quality and also reforestation programs. Studies about propagation are justified mainly when working with native plants, that have few research results. Two studies were conducted about specie propagation: one vegetative way and another by sexual way. The first study tried to determinate the collection period of cuttings and concentration of AIB fitoregulator ideals employed in the vegetative propagation of *Luehea divaricata*. Cuttings with 10cm received asseptical treatment and stayed for seven days in the environment of rooting induction 1/4 WPM + concentration (T₁); 0,1 (T₂); 1,0 (T₃); 10,0 mg/L (T₄) of AIB, as applied treatment in the collected cuttings in these following periods of cuttings: nov/2003, fev/2004, may/2004, aug/2004. After this period, they were transfered for the environment formation of roots (1/4 WPM). On the 60th day were analyzed the variables dry mass of roots (g), average root lenght (cm), roots numbers, and also diameter aspects of stem (cm) and dry mass of the aero part (g). In the second study, it was verified the better substract and which improves more the growth of seedlings come from seeds. Four substracts were tested: Plantmax[®], turfa, carbonized crust rize, and Mec Plant[®]. At 60, 120 and 180 days after the sowing, the development was evaluated of seedlings from the variables: root dry mass (g), stem diameter (cm), aero part fresh mass (g), aero part dry mass (g), aero part height (cm) and the total of leaves. In the propagation of specie by cutting, in all collection periods, excepted aug/2004, until the concentration of 5 mg/L of AIB, there wan an increase of vigor, of uniformity and quality of the root system. The collection of fev/2004 got the best results for the analyzed parameters. In the sexual propagation, the seed germination of *Luehea divaricata* occurred in all the tested substracts. In the Plantmax[®] commercial substract on the 180th day after the sowing (Third and last avaliation) in the roots dry mass parameters, fresh and dry mass the aero part results four times better, were achieved. In all variables analyzed, the results of four times more hight at 180 days, Plantmax[®] got a superior development comparing to the other substracts.

LISTA DE TABELAS**(CAPÍTULO 1)**

TABELA 1 – Percentagem de enraizamento das estacas de <i>Luehea divaricata</i> (açoita-cavalo) aos 60 dias após a coleta nas épocas de nov/2003, fev/2004, mai/2004 e ago/2004 nas concentrações testadas: 0(T ₁); 0,1(T ₂); 1,0(T ₃); 10,0mg/L(T ₄) de AIB.....	28
--	----

LISTA DE TABELAS

(CAPÍTULO 2)

TABELA 1 – Percentagem de germinação das sementes de <i>Luehea divaricata</i> (açoita-cavalo) nos quatro diferentes substratos testados (Plant Max [®] , turfa, casca de arroz carbonizada, Mec Plant [®]) aos 50 dias após a semeadura.....	57
---	----

LISTA DE FIGURAS

(CAPÍTULO 1)

- FIGURA 1 – Plantas juvenis de *Luehea divaricata* (açoita-cavalo), doadoras de material vegetativo, mantidas em sala de vegetação..... 24
- FIGURA 2 – Massa seca das raízes (g) das estacas de *Luehea divaricata* (açoita-cavalo) aos 60 dias após a coleta, em função da aplicação das concentrações 0 (T₁); 0,1 (T₂); 1,0 (T₃); 10,0 mg/L (T₄) de AIB, nas épocas de coleta de nov/2003, fev/2004, mai/2004 e ago/2004..... 29
- FIGURA 3 – Aspecto das estacas de *Luehea divaricata* (açoita-cavalo) aos 60 dias após a coleta, provenientes da época de agosto/2004, dos seguintes tratamentos testados: T₁= 0,0 mg/L, T₂= 0,1 mg/L, T₃= 1,0 mg/L, T₄= 10,0 mg/L de AIB..... 31
- FIGURA 4 - Comprimento médio das raízes primárias (cm) das estacas de *Luehea divaricata* (açoita-cavalo) aos 60 dias após a coleta, em função da aplicação das concentrações 0 (T₁); 0,1 (T₂); 1,0 (T₃); 10,0 mg/L (T₄) de AIB, nas épocas de coleta de nov/2003, fev/2004, mai/2004 e ago/2004..... 32
- FIGURA 5 – Número de raízes primárias das estacas de *Luehea divaricata* (açoita-cavalo) aos 60 dias após a coleta, em função da aplicação das concentrações 0 (T₁); 0,1 (T₂); 1,0 (T₃); 10,0 mg/L (T₄) de AIB, nas épocas de coleta de nov/2003, fev/2004, mai/2004 e ago/2004..... 34

- FIGURA 6 – Diâmetro do colo (cm) das estacas de *Luehea divaricata* (açoita-cavalo) aos 60 dias após a coleta, em função da aplicação das concentrações 0 (T₁); 0,1 (T₂); 1,0 (T₃); 10,0 mg/L (T₄) de AIB, nas épocas de coleta de nov/2003, fev/2004, mai/2004 e ago/2004..... 36
- FIGURA 7 – Massa seca da parte aérea (g) das estacas de *Luehea divaricata* (açoita-cavalo) aos 60 dias após a coleta, nas diferentes épocas de coleta: nov/2003, fev/2004, mai/2004, ago/2004..... 38
- FIGURA 8 – Massa seca da parte aérea (g) das estacas de *Luehea divaricata* (açoita-cavalo) aos 60 dias após a coleta, em função da aplicação das concentrações 0 (T₁); 0,1 (T₂); 1,0 (T₃); 10,0 mg/L (T₄) de AIB..... 38
- FIGURA 9 – Aspecto das estacas de *Luehea divaricata* (açoita-cavalo) aos 60 dias após a coleta, provenientes da época de fevereiro/2004, dos seguintes tratamentos testados: T₁= 0,0 mg/L, T₂= 0,1 mg/L, T₃= 1,0 mg/L, T₄= 10,0 mg/L de AIB..... 40

LISTA DE FIGURAS

(CAPÍTULO 2)

- FIGURA 1 – Aspecto geral do experimento, plântulas de *Luehea divaricata* (açoita-cavalo) aos 60 dias após a semeadura (fase de rustificação) protegidas por sombrite 50%. **A)** casca de arroz carbonizada; **B)** Plant Max[®]; **C)** Mec Plant[®]; **D)** turfa..... 58
- FIGURA 2 – Massa seca das raízes (g) das plântulas de *Luehea divaricata* (açoita-cavalo) aos 60, 120 e 180 dias após a semeadura nos 4 substratos testados (Plantmax[®], turfa, casca de arroz carbonizada, Mec Plant[®])..... 59
- FIGURA 3 - **A)** Plântulas de *Luehea divaricata* (açoita-cavalo) aos 60 dias após semeadura, representando os tratamentos turfa, casca de arroz carbonizada, Plantmax[®], e Mec Plant[®]. **B)** Plântulas de açoita-cavalo aos 120 dias após a semeadura, representando os tratamentos casca de arroz carbonizada, Plantmax[®], turfa e Mec Plant[®]. **C)** Plântulas de açoita-cavalo aos 180 dias após a semeadura, representando os tratamentos casca de arroz carbonizada, Plantmax[®], turfa e Mec Plant[®] 60
- FIGURA 4 – Plântulas de *Luehea divaricata* (açoita-cavalo) aos 180 dias após a semeadura (3^a avaliação), representando os tratamentos casca de arroz carbonizada (C), Plant Max[®] (P), turfa (T) e Mec Plant[®] (M)..... 61

- FIGURA 5 – Diâmetro do colo (cm) das plântulas de *Luehea divaricata* (açoita-cavalo) aos 60, 120 e 180 dias após a semeadura nos 4 substratos testados (Plantmax[®], turfa, casca de arroz carbonizada, Mec Plant[®])..... 64
- FIGURA 6 – Massa fresca da parte aérea (g) das plântulas de *Luehea divaricata* (açoita-cavalo) aos 60, 120 e 180 dias após a semeadura nos 4 substratos testados (Plantmax[®], turfa, casca de arroz carbonizada, Mec Plant[®])..... 66
- FIGURA 7 – Massa seca da parte aérea (g) das plântulas de *Luehea divaricata* (açoita-cavalo) aos 60, 120 e 180 dias após a semeadura nos 4 substratos testados (Plantmax[®], turfa, casca de arroz carbonizada, Mec Plant[®])..... 67
- FIGURA 8 – Altura média da parte aérea (cm) das plântulas de *Luehea divaricata* (açoita-cavalo) aos 60, 120 e 180 dias após a semeadura nos 4 substratos testados (Plantmax[®], turfa, casca de arroz carbonizada, Mec Plant[®])..... 68
- FIGURA 9 – Número médio de folhas das plântulas de *Luehea divaricata* (açoita-cavalo) aos 60, 120 e 180 dias após a semeadura nos 4 substratos testados (Plantmax[®], turfa, casca de arroz carbonizada, Mec Plant[®])..... 70

LISTA DE ANEXOS**(CAPÍTULO 2)**

ANEXO 1 – Tabela da análise da variância para massa seca das raízes, diâmetro do colo, massa fresca da parte aérea, massa seca parte aérea, altura da parte aérea e total de folhas de <i>Luehea divaricata</i> (açoita-cavalo).....	83
--	----

1. INTRODUÇÃO GERAL

Os plantios com finalidade de recuperação de ecossistemas degradados, recomposição de matas ciliares e reposição de reserva legal refletem a preocupação com as questões ambientais decorrentes da devastação das florestas. Além das questões ambientais, existe a demanda por plantios com a finalidade de produção de madeira para variados usos (Fowler, 2000). Informações precisas sobre procedimentos para produção de mudas de espécies arbóreas nativas no Brasil são muito escassas, existindo apenas para aquelas que detêm maior interesse econômico. Os viveiros tradicionais estão mais voltados à produção de um número reduzido de espécies florestais exóticas de rápido crescimento, como as dos gêneros *Eucalyptus* spp. e *Pinus* spp., que experimentaram avanços significativos, principalmente durante as duas últimas décadas.

É notório o desequilíbrio entre consumo (elevado) e reposição (quase nula) de madeiras de espécies nativas regionais, aptas para processamento mecânico. Observa-se que atualmente não há tecnologia para produzir madeira de espécies nativas. A regeneração artificial de espécies nativas, em escala comercial, destinando-se à madeira para processamento mecânico, está limitada pela escassez de informações sobre o comportamento silvicultural (Carvalho, 2000).

A espécie *Luehea divaricata* Martius (açoita-cavalo), da família Tiliaceae, apresenta interesse para o uso industrial devido às boas qualidades da sua madeira sendo empregada, principalmente, na confecção de móveis vergados (Lorenzi, 1998; Carvalho, 1994) por apresentar fácil trabalhabilidade, o que proporciona bom acabamento (Carvalho, 1994). Possui também características ornamentais que a recomendam para o paisagismo (Lorenzi, 1998). Sua ocorrência natural é registrada em inúmeros habitats, porém é pouco freqüente em florestas sombrias e

adensadas, em virtude da insuficiência lumínica (Reitz *et al.*, 1983). É considerada uma planta pioneira de rápido crescimento, indicada nos reflorestamentos mistos de áreas degradadas de preservação permanente (Lorenzi, 1998).

Pelo crescente interesse da utilização da *Luehea divaricata* em programas de reflorestamento e na indústria madeireira, assim como pela escassez de estudos sobre a propagação sexuada e vegetativa da espécie, estudos sobre a propagação surgem como alternativa promissora para solucionar o problema da produção de plântulas para diversos fins.

1.1 Caracterização da espécie

A espécie *Luehea divaricata* Martius, pertencente à família Tiliaceae, é conhecida popularmente pelos nomes açoita-cavalo, açoita-cavalo-miúdo, ibatingui, ivatingui, pau-de-canga, caiboti (Lorenzi, 1998).

Segundo Lorenzi (1998) a espécie encontra-se no sul da Bahia, Rio Grande do Sul, Rio de Janeiro, São Paulo, Minas Gerais, Goiás e Mato Grosso do Sul nas florestas aluviais. Para Reitz *et al.* (1983), no Estado do Rio Grande do Sul, pode ser encontrada em todas as bacias hidrográficas.

Caracteriza-se por ser uma árvore que pode atingir mais de 20 metros de altura. O tronco é tortuoso, nodoso, com reentrâncias, base alargada com sapopemas, fuste geralmente curto formando no interior de florestas fustes quase retos. A ramificação é irregular, simpodial, copa larga e densa com folhagem característica. A casca externa é pardo acinzentado escura, áspera, levemente fissurada com escamas retangulares, pequenas. A casca interna é avermelhada, fibrosa, com estrias esbranquiçadas. As folhas são simples, alternas, dísticas, com estípulas, irregularmente serradas, com três nervuras longitudinais típicas, discolores, ásperas na face ventral e tomentosas na face dorsal, com lâminas de

4,5 cm a 15 cm de comprimento e 2 cm a 6,5 cm de largura com pecíolo ferruginoso de até 1 cm de comprimento.

As flores são hermafroditas, com vistosas pétalas róseas, roxas ou raramente brancas, com até 2,5 cm de comprimento, em inflorescências terminais e axilares, em cimeiras dicotômicas, divergentes, multifloras (Carvalho, 1994). Lorenzi (1998) afirma que o florescimento ocorre de dezembro a fevereiro. Já para Carvalho (1994), ocorre de janeiro a março.

O fruto é uma cápsula cônica, seca, lenhosa, oblonga, pentalocular, de coloração castanha com densa pilosidade ferrugínea cobrindo inteiramente o tegumento e o pedicelo do fruto, com 2 cm a 3 cm de comprimento, abrindo-se em 5 fendas. A deiscência ocorre na sua extremidade, apresentando de 5 a 15 sementes por fruto (Carvalho, 1994). Quanto à maturação dos frutos, Reitz *et al.* (1983) afirmam que ocorre de maio a junho, Lorenzi (1998) relata que ocorre de maio a agosto e Carvalho (1994) declara que se dá de maio a julho.

As sementes são pequenas, aladas com asa dourada brilhante, com seminal pequeno na extremidade da asa e coloração marrom clara (Carvalho, 1994). Ocorre anualmente grande quantidade de sementes viáveis, que são moderadamente disseminadas pelo vento (Lorenzi, 1998). Para obtenção das sementes Lorenzi, (1998) sugere que os frutos sejam coletados diretamente da árvore quando iniciarem a abertura e a liberação das sementes e, em seguida, levá-los ao sol para completar a abertura e liberação das sementes, cuja viabilidade em armazenamento é superior a 3 meses.

A madeira apresenta densidade de 0,64g/cm³, textura média, grã direita, resistente, extremamente flexível, de baixa resistência ao ataque de organismos xilófagos (Lorenzi, 1998). Possui cerne ocre muito claro e alburno alvo-amarelo; possui anéis de crescimento pouco marcados, porém nítidos. A madeira é semi-

pesada com poros visíveis a olho nu (Pedroso & Mattos, 1987), sendo empregada para a estrutura de móveis, hélices de avião, caixas, embalagens, artefatos de madeira, saltos para calçados, peças torneadas e compensadas, confecção de contraplacados; em construção civil, como tacos, ripas molduras, cordões, guarnições, rodapés, caibro, esquadria, forro, tabuado e vigamento. Também a madeira é utilizada na fabricação de cabos de vassoura, peças curvadas, cadeiras de balanço e instrumentos musicais; além de selas, cangalhas, escovas. E ainda em postes, laminação, tornearia, mourões, esculturas (Lorenzi, 1998; Carvalho, 1994).

A *Luehea divaricata* é uma espécie heliófita e seletiva higrófito comum na vegetação secundária, sendo particularmente freqüente ao longo de rios, terrenos rochosos e íngremes, onde a floresta é mais aberta (Lorenzi, 1998).

Conforme Carvalho (1994) a *Luehea divaricata* apresenta ramificação do caule promovendo a formação de multitruncos, sendo que plantios em vegetação matricial ou em espaçamento apertado corrigem gradativamente a forma, evitando ramificações precoces. Para espécies nativas de ramificação cimosa, práticas silviculturais, como o plantio em vegetação matricial ou a constituição de plantios mistos, melhoram consideravelmente a forma e são fundamentais para a obtenção de indivíduos com fuste de boa forma sendo que os plantios mistos têm por objetivos, entre outros, apresentar maior produção e maior variedade de produtos florestais, melhorar a forma do fuste, diminuir a incidência de pragas, dar proteção e tutoramento inicial às espécies ciófitas e aumentar a deposição da matéria seca no solo (Carvalho, 2000).

2. OBJETIVO GERAL

Estabelecer protocolos nos processos de produção de mudas da espécie *Luehea divaricata* (via assexuada e sexuada) para fins ambientais e comerciais.

CAPÍTULO 1

PROPAGAÇÃO VEGETATIVA OU ASSEXUADA DE *Luehea divaricata* VIA ESTAQUIA EM QUATRO CONCENTRAÇÕES DE AIB EM DIFERENTES ÉPOCAS DE COLETA DAS ESTACAS

1. INTRODUÇÃO

A propagação vegetativa ou assexuada constitui uma alternativa para a multiplicação de plantas, sendo aperfeiçoada com o passar dos anos (Rodrigues, 1990). Dentre as técnicas de propagação vegetativa, a estaquia apresenta maior viabilidade econômica na formação de plantios clonais, pois, a um menor custo, permite a multiplicação de genótipos selecionados, em curto período de tempo (Ribas, 1997).

Apesar de o método de propagação por estaca ser bastante interessante, não tem sido uma alternativa viável para algumas espécies, em face de alguns entraves, como a baixa capacidade de enraizamento, e da carência de informações de pomares formados com mudas oriundas de estacas, como é o caso da *Prunus persica* (pessegueiro) no Brasil (Tofanelli *et al*, 2002). Algumas técnicas são utilizadas para tentar maximizar o percentual de enraizamento de estacas. Entre as mais utilizadas destaca-se a aplicação exógena de reguladores de crescimento da planta.

Segundo Peres & Kerbauy (2000) o estudo do controle hormonal da indução de raízes adventícias é relevante na produção de mudas por estaquia, considerando que o crescimento longitudinal das raízes fornece subsídios para a obtenção de cultivares com maior capacidade de absorção de água (resistência à seca) e nutrientes (alto desempenho em solos pobres e compactados).

O interesse econômico da propagação vegetativa na produção de mudas para o setor florestal é justificado quando há possibilidade de obtenção de genótipos de alta produtividade e, ou a semente é insumo limitado. No caso da maioria das espécies lenhosas, o enraizamento é a etapa mais difícil, principalmente quando se usa material da fase adulta (Hu & Wang, 1983). Nestas condições, muitas espécies nativas, dentre elas *Luehea divaricata*, justificam a sua propagação.

Diante do cenário florestal que se apresenta atualmente, toda tecnologia que facilita ou viabiliza ecologicamente e comercialmente a produção de mudas de determinadas espécies é atrativa. Neste sentido, a propagação vegetativa tem apresentado oportunidades na clonagem massal de matrizes selecionadas.

2. OBJETIVOS

Este estudo se propõe a:

- ⇒ Investigar a melhor época de coleta das estacas de *Luehea divaricata*.
- ⇒ Verificar a concentração mais adequada do fitorregulador ácido indolbutírico (AIB) no processo de enraizamento de estacas herbáceas a semilenhosas de *Luehea divaricata*.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 PROPAGAÇÃO VEGETATIVA

A propagação vegetativa consiste em multiplicar assexuadamente partes de plantas (células, tecidos, órgãos ou propágulos), originando indivíduos geralmente idênticos à planta-mãe. É uma técnica que está cada vez sendo mais adotada em nível mundial, principalmente por sua maior efetividade em capturar os ganhos genéticos obtidos dos programas de melhoramento (Haines, 1992). A multiplicação clonal permite a manutenção plena das características da planta-mãe, de modo a obter estandes uniformes de rápido crescimento e produção de matéria-prima homogênea. Tal fato possibilita a implantação de talhões formados por genótipos silvicultural e tecnologicamente superiores e resistentes a doenças (Ferreira, 1989).

A reprodução assexuada para determinadas espécies é um recurso de rápida expansão sobre uma área com a finalidade de obter vantagens no caso de competições interespecíficas. Esse tipo de reprodução tem como fundamento a regeneração de uma planta inteira (geneticamente semelhante à planta-mãe) a partir de uma determinada estrutura – folha, tubérculo, etc (Hartmann *et al.*, 1997).

Ao contrário das espécies agrícolas, as florestais apresentam uma fase juvenil alongada antes de atingir o florescimento e a maturidade. Isto se constitui um empecilho para os melhoristas, uma vez que a árvore deve atingir a maturidade para que indivíduos superiores possam ser identificados com confiança. As árvores selecionadas também podem estabelecer pomares de

sementes ou jardins clonais; entretanto, isso irá demandar um tempo considerável até se obter sementes em quantidades suficientes para o reflorestamento (Graça & Tavares, 2000).

Existem algumas limitações na propagação vegetativa, tais como a perda de vigor, em relação às plantas propagadas por sementes; a restrição da variabilidade genética; o maior custo; e a baixa produção nos casos de alguns métodos (Graça & Tavares, 2000). Vale salientar que a maior uniformidade nas populações clonais torna os plantios mais vulneráveis às condições adversas do ambiente (Xavier, 2002).

Os métodos de propagação vegetativa freqüentemente utilizados são a estaquia, a enxertia, a alporquia e as técnicas de cultivo *in vitro*, como a micropropagação, a embriogênese somática, a cultura de protoplastos, etc.

Em laboratórios, são utilizados meios de cultura contendo substâncias como sais minerais, fitormônios e carboidratos, em concentrações específicas para a obtenção do efeito desejado (enraizamento, desenvolvimento de partes aéreas, entre outros). As plantas também são expostas a certas condições relevantes à obtenção da resposta morfogênica desejada (temperatura, quantidade e qualidade de luz, por exemplo).

A propagação vegetativa é de grande importância, pois, através dela, é possível obter-se indivíduos com as mesmas características genéticas da planta-mãe. Soma-se a isso a redução do período improdutivo e a seleção de indivíduos que apresentam características desejáveis quando comparados a indivíduos propagados por sementes.

Dos principais métodos de propagação vegetativa utilizados, a estaquia é a que tem apresentado os melhores resultados, principalmente quando se trabalha

com plantas nativas, para as quais existem poucos resultados de pesquisa (Casagrande *et al.*, 2000).

Dentre os vários tipos de estacas possíveis, a estaca foliar, a caulinar e a radicular são as mais utilizadas na propagação de plantas. As estacas caulinares são classificadas de acordo com a parte da planta da qual são retiradas, podendo ser de ramos herbáceos, semilenhosos ou lenhosos (Xavier, 2002). A capacidade de regeneração depende de duas características fundamentais: totipotência (capacidade de qualquer célula do organismo vegetal encerrar em seu núcleo toda a informação necessária à regeneração de uma planta completa) e a desdiferenciação (capacidade das células diferenciadas retornarem à capacidade meristemática) (Graça & Tavares, 2000). Na estaquia convencional há possibilidade de ocorrência da redução gradual do potencial de enraizamento com o envelhecimento ontogênico das matrizes (Assis, 1997). Por isso, devem-se coletar brotações jovens (ramos novos, de até um ano de idade) e ainda preferencialmente das plantas jovens, com diâmetros variando de 0,5 a 0,8 cm dependendo da espécie (Tavares & Graça, 2000). Quando é procedida a excisão da parte aérea a ser enraizada, ocorre a saída das substâncias consideradas WRCs (wound related compounds) ou compostos relacionados a dano mecânico, estimulando as células vizinhas a se desdiferenciarem, contribuindo com a formação de raízes (De Klerk *et al.*, 1999).

Segundo Assis e Teixeira (1998), existem vários fatores ligados à planta-matriz, aos explantes e ao meio nutritivo de enraizamento influenciando na propagação vegetativa. Os maiores obstáculos ao conhecimento adequado dos fenômenos envolvidos no processo de formação de raízes adventícias residem na dificuldade de isolar e caracterizar os fatores que controlam estes fenômenos, em virtude da sua complexidade e da grande interação existente entre eles. Essas

variações originam-se de uma interação de fatores externos e internos inerentes, presentes nas células das plantas (Bhattacharya, 1987), bem como de substâncias translocáveis produzidas nas folhas e gemas, como as auxinas, os carboidratos, os compostos nitrogenados, as vitaminas, entre outras, sendo tais variações ainda pouco esclarecidas em espécies lenhosas.

3.1.1 Fatores ligados à planta-matriz

a. Genótipo

Na propagação vegetativa ou reprodução assexuada, a mitose é o processo responsável pelo controle, desenvolvimento e crescimento das plantas que mantém a identidade genética da planta-matriz (Xavier, 2002).

A expressão fenotípica refere-se aos padrões de desenvolvimento e crescimento das plantas e é decorrente da informação genética contida no gene daquela planta, em associação com as condições ambientais. Dessa forma, as variações fenotípicas observadas nas plantas são manifestações resultantes das informações genéticas para a formação de suas estruturas, padrões de crescimento e funções, exercendo controle primário no processo de propagação (Xavier, 2002).

b. Estresse hídrico

Estacas retiradas de plantas matrizes sob deficiência hídrica normalmente exibem um menor enraizamento do que estacas retiradas de plantas túrgidas. Esse fator é extremamente importante para estacas herbáceas ou semi-herbáceas, e recomenda-se que os ramos sejam mantidos em água até o momento da produção das estacas, para a preservação da turgidez (Graça & Tavares, 2000). Hartmann *et*

al. (1997) sugerem que a coleta dos propágulos seja feita de plantas-mãe em estado túrgido, isto é, pela manhã ou em dias nublados.

c. Carboidratos

A energia luminosa e o gás carbônico, fixados através da fotossíntese, são convertidos em carboidratos, que servirão como reserva energética e de material para a construção de estruturas celulares. Ambos são necessários, diretos ou indiretamente, para todos os processos fisiológicos da planta. O armazenamento é feito na forma de grãos de amido, os quais são degradados quando necessário, para o fornecimento de energia ou material para o desenvolvimento vegetal (Esau, 1974). Em *Mikania glomerata* (guaco) uma característica que auxiliou no esclarecimento dos resultados foi a variação da concentração de carboidratos na base das estacas, uma vez que ela foi bastante representativa do grau de maturidade do ramo. Assim, as estacas lenhosas apresentaram alta concentração de carboidratos; as semilenhosas, concentração mediana; e as herbáceas, baixa concentração. Há sempre acúmulo de carboidratos na base das estacas prontas para enraizar. (Negrelle & Doni, 2001).

d. Nutrição mineral

O estado nutricional da planta doadora influencia no enraizamento das estacas dela retiradas, não apenas quanto ao aspecto do seu vigor vegetativo e da produção de brotações (Xavier, 2002), mas também em razão de os elementos minerais apresentarem efeito altamente significativo nos índices de enraizamento e na velocidade da formação das raízes (Assis, 1986).

De modo geral, qualquer nutriente envolvido nos diversos processos metabólicos associados à diferenciação e à formação do sistema radicular é

essencial para a iniciação radicular, apesar da importância de vários nutrientes neste processo não ser claramente estabelecida (Malavasi, 1994).

e. Condições de crescimento da planta

A temperatura interage com vários fatores e afeta principalmente certos reguladores de crescimento, mas a temperatura do ar que está submetida à planta doadora tem um efeito pequeno no enraizamento de estacas. O efeito da intensidade luminosa, fotoperíodo e qualidade de luz sobre a planta doadora são fatores que contribuem para o enraizamento das estacas, podendo ser inibitórios, estimuladores ou não afetando o desenvolvimento do sistema radicular. Uma explicação para isso seria a mudança nos compostos fenólicos, que podem agir como co-fatores de enraizamento ou inibidores da enzima AIA-oxidase, destruindo menos o ácido indol-3-acético (auxina natural), estimulando o enraizamento ou aumentando a sensibilidade da estaca à auxina (Graça & Tavares, 2000).

O enriquecimento de casas de vegetação com CO₂ tem um efeito direto na fotossíntese das plantas doadoras, resultando em uma maior quantidade de propágulos disponíveis para o enraizamento do que no enraizamento propriamente dito (Graça & Tavares, 2000).

f. Idade fisiológica

Em *Mikania glomerata* (guaco), as estacas semilenhosas com folha foram as que apresentaram melhor resultado quanto à precocidade da ocorrência de brotações. Além de brotar antes das demais, seu crescimento foi mais rápido e constante. A maior eficiência nas brotações de estacas semilenhosas deve ser decorrente de sua condição de maior juvenilidade e da facilidade de suas células

retornarem à condição meristemática em relação às lenhosas (Negrelle & Doni, 2001). Em *Carapa guianensis* (andiroba), o ácido indolbutírico (AIB) e a utilização de material juvenil aceleraram o processo de enraizamento e reduziram a mortalidade das estacas (Rosa, 1993).

Quando a árvore atinge a maturidade, torna-se impraticável ou até impossível a propagação por estaquia. Para algumas espécies, a estaquia é viável desde que se use material rejuvenescido, ou seja, tratamentos que revertam à fase juvenil da espécie (Graça & Tavares, 2000). Segundo Paton *et al.*, citados por Iritani & Soares (1983), indivíduos juvenis apresentam maior capacidade de enraizamento em razão da maior quantidade de auxinas em relação aos inibidores na sua constituição interna.

Os propágulos vegetativos removidos de diferentes posições da planta retêm os níveis específicos de juvenilidade (ou maturidade) quando estes são retirados da planta e propagados vegetativamente (Xavier, 2002). Como resultado, as plantas resultantes dos propágulos oriundos das diferentes partes da planta-matriz podem apresentar diferenças morfológicas e fisiológicas significativas dentro das três categorias de fase: juvenil, juvenil/adulta e adulta (Hartmann *et al.*, 1997).

3.1.2 Fatores relacionados às estacas

a. Estação do ano

A época em que as estacas são retiradas pode exercer significativa influência no enraizamento. Segundo Graça & Tavares (2000), em estacas herbáceas de plantas lenhosas, o enraizamento é melhor na primavera do que no inverno. No caso de plantas perenes de regiões temperadas, os níveis de auxina variam com as estações do ano, ocorrendo em maiores concentrações durante a primavera e verão

e, em menores, durante o outono e inverno (Válio, 1979). Já Rubia (1987) admite que, no caso de plantas perenes, a melhor época de enraizamento é aquela em que a planta apresenta gemas que ainda não brotaram. Para Fachinello *et al.* (1994) as estacas de frutíferas de clima temperado coletadas no inverno possuem maior grau de lignificação, tendendo a enraizar menos.

Iritani *et al.* (1986) relataram que a estação do ano tem efeito pronunciado no enraizamento de estacas, parecendo estar relacionado com a atividade cambial e o nível endógeno de auxina, sendo que auxinas aplicadas exogenamente não modificam essa relação. A efetividade das auxinas aplicadas, portanto, pode variar conforme a estação do ano, sendo estimuladora em uma e inibidora ou mesmo tóxica em outra. Assim, Ferreira *et al.* (2004) sugerem que os estudos possam ser realizados em diferentes épocas do ano, em função da interferência das estações climáticas no processo rizogênico.

b. Presença e número de folhas

A presença de folhas nas estacas estimula significativamente o enraizamento. O número de folhas tem influência, principalmente, na velocidade de enraizamento e no número de raízes formadas (Assis & Teixeira, 1998). Esse efeito estimulatório das folhas não é só devido aos carboidratos, que são translocados para a base das estacas, mas principalmente às auxinas e a outros cofatores sintetizados nas folhas e gemas, translocados para a base, que interagem sinergisticamente na promoção do enraizamento (Graça & Tavares, 2000). Em *Cedrela fissilis* (cedro-rosa), Xavier *et al.* (2003a) observaram a superioridade de enraizamento para estaca caulinar em relação à foliar, principalmente para os tipos caulinar e caulinar apical. Provavelmente, isto seja devido à translocação destas substâncias, proporcionando maior potencial de enraizamento.

A presença de folhas em estacas semilenhosas de *Mikania glomerata* (guaco) contribuiu com os resultados positivos, levando a superar o resultado das lenhosas e herbáceas. Mesmo sem tratamento hormonal, obteve-se enraizamento abundante e precoce (Negrelle & Doni, 2001).

c. Posição da estaca na planta-matriz

O teor endógeno de hormônios, promotores ou inibidores, varia com as idades fisiológica e cronológica dos tecidos. Desse modo, cada tecido de uma mesma planta pode apresentar diferentes condições fisiológicas e anatômicas e, portanto, diversas respostas morfogenéticas, como também distintas exigências de substâncias exógenas de crescimento (Assis & Teixeira, 1998). Para Kersten & Ibañez (1993), a maior percentagem de estacas enraizadas em goiabeira ocorreu nas obtidas da posição apical.

d. Inibidores endógenos

A formação de raízes adventícias normalmente diminui em função da idade fisiológica e do genótipo da planta doadora de propágulos (Assis & Teixeira, 1998). Os inibidores endógenos inviabilizam a propagação vegetativa para árvores adultas, em certas espécies.

No cultivo *in vitro*, substâncias fenólicas produzidas pelos explantes e liberadas para o meio de cultura têm também sido consideradas inibidoras do enraizamento. Essas substâncias são liberadas como consequência de injúrias feitas durante a individualização dos explantes. Sua síntese varia conforme o grau de lignificação dos tecidos, o qual é mais abundante em tecidos adultos do que em juvenis. Esses compostos fenólicos provocam o escurecimento da superfície de

corde dos explantes, difundem-se para o meio de cultura e são altamente inibitórios do processo de rizogênese (Assis & Teixeira, 1998).

3.1.3 Fatores relacionados às soluções nutritivas

a. Composição das soluções nutritivas

Muitas formulações têm sido empregadas para as soluções nutritivas. A solução de Hoagland modificada contém todos os elementos minerais necessários para o rápido crescimento das plantas (Taiz, 2004). Caldas *et al.* (1990) relata que o meio básico WPM (Wood Plant Medium) de Lloyd & McCown (1980) foi desenvolvido para plantas lenhosas e apresenta $\frac{1}{4}$ das concentrações de NO_3^- e NH_4^+ do meio MS (Murashige e Skoog), além de possuir mais potássio e um alto nível de íons sulfato. Segundo o autor, em meios com altas concentrações de sais, ocorre a inibição do desenvolvimento das brotações responsáveis pela produção de auxinas, e, conseqüentemente o processo de enraizamento também é afetado. Concentrações de sais no meio diminuídas ($\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$ e $\frac{1}{4}$) possibilitam melhor enraizamento (Hu & Wang, 1983).

Os componentes que, quando em excesso, inibem o enraizamento são os macronutrientes. Os micronutrientes, em virtude de sua baixa concentração original, não requerem diluição. No entanto, as diluições excessivas dos macronutrientes podem levar a deficiências minerais da parte aérea enraizada (Grattapaglia & Machado, 1990).

A técnica de hidroponia ou cultivo em solução nutritiva consiste em cultivar plantas com suas raízes imersas em solução nutritiva sem solo, contendo apenas sais inorgânicos. Este tipo de cultivo exige um grande volume de solução nutritiva

ou ajuste freqüente da solução nutritiva, para impedir que a absorção de nutrientes pelas raízes produza mudanças radicais nas concentrações dos nutrientes e no pH do meio. Deve ocorrer um suprimento satisfatório de oxigênio ao sistema radicular, que pode ser obtido borbulhando-se vigorosamente ar pelo meio (Taiz, 2004).

b. Substâncias reguladoras de crescimento

Existem três tipos de raízes, de acordo com a origem: a radícula, de origem embrionária; as raízes laterais, originadas a partir do periciclo da radícula ou de outras raízes; e as raízes adventícias ou aéreas, que se formam a partir de outros tecidos que não o periciclo radicial, ou seja, onde normalmente não ocorreriam raízes (tecidos parenquimáticos desdiferenciados, células cambiais, epidérmicas, hipocótilos, caules, folhas) (Fahn, 1990). Portanto, raízes formadas a partir de estacas são denominadas raízes adventícias e podem ser de origem direta ou indireta (ocorrência de calos preliminarmente ao desenvolvimento do sistema radicular).

Para a formação de raízes adventícias em estacas, é necessária a presença de certos níveis de substâncias de crescimento natural da planta, sendo umas mais favoráveis. Dependendo da espécie, do estado de maturação, entre outros fatores, várias substâncias, quando aplicadas exogenamente, promovem ou inibem a iniciação de raízes adventícias (Xavier, 2002).

Entre as seis principais classes de hormônios vegetais (auxinas, citocininas, giberilinas, etileno, ácido abscísico e brassinoesteróides), as auxinas e citocininas parecem estar intimamente associadas à atividade dos meristemas caulinar e radicular (Peres & Kerbauy, 2000). Esses dois “hormônios meristemáticos” proporcionam o crescimento integrado dos caules e raízes pelo seguinte

mecanismo: as auxinas inibem o desenvolvimento de gemas caulinares (principalmente das gemas axilares no processo de dominância apical) e estimulam a iniciação de raízes, sendo um hormônio produzido quase que exclusivamente em órgãos do sistema caulinar, o que se traduz, na produção de auxina, nos caules e translocação para os sítios de iniciação das raízes, localizadas sempre na porção mais basal da planta. Após a biossíntese de citocininas nas raízes, estas entram em fluxo ascendente do xilema e são transportadas para os sítios de iniciação de gemas nos caules (Davies, 1995). Levando-se em conta as peculiaridades da síntese, o transporte e a ação das auxinas e citocininas, podemos entender o crescimento integrado entre caules e raízes do seguinte modo: um intenso crescimento do sistema radicular (em locais com boa disponibilidade de água e nutrientes) implicaria num aumento da produção e transporte de citocininas, estimulando a iniciação compensatória de gemas caulinares. Por outro lado, em locais com bom suprimento de oxigênio, dióxido de carbono e luz, as novas gemas formadas garantiriam o suprimento de auxina necessária à iniciação de mais raízes.

Auxinas são substâncias quimicamente relacionadas com o ácido indol-3-acético (AIA), que é a auxina principal de várias plantas. Essas substâncias têm em comum a capacidade de atuar na expansão e no alongamento celular, ajudando também na divisão celular em cultura de tecidos, principalmente no enraizamento (Krikorian, 1991). Entre outras substâncias usadas para o enraizamento *in vitro*, estão o ácido naftaleno acético (ANA), o ácido 2-4-diclorofenoxiacético (2,4-D) e o ácido indolbutírico (AIB) (Ross, 1992). O AIA, por ser uma auxina instável, degradando-se facilmente pela ação da luz ou pela atividade microbiana, é considerado fraco, comparado às demais auxinas sintéticas (Caldas *et al.*, 1990).

Grattapaglia & Machado (1990) salientam que quantidades excessivas de auxina estimulam a produção de calo. Embora o ANA possa induzir a formação de raízes, em algumas espécies, por vezes até melhor que o AIB, pode também provocar efeitos indesejáveis por ser mais tóxico aos tecidos vegetais (Weaver, 1982).

Aplicações exógenas de reguladores de crescimento aos propágulos vegetativos, principalmente as auxinas, proporcionam maior percentagem, velocidade, qualidade e uniformidade de enraizamento. Quando a auxina é aplicada nas estacas, ocorre aumento de sua concentração, o que produz efeito estimulador de raízes até um ponto máximo, a partir do qual qualquer acréscimo do nível de auxina torna-se inibitório (Hartmann *et al.*, 1997). Segundo Pasqual & Lopes (1991), que estudaram o desenvolvimento da espécie *Pyrus calleryana* (pêra), as estacas devem ser transferidas de um meio com auxina para um meio sem reguladores de crescimento a fim de melhorar o alongamento das raízes após a iniciação radicular e não causar toxicidade. O AIB a 50 mg/L (concentração máxima testada) promoveu uma redução no desenvolvimento da espécie com o aumento do tempo de incubação, num tempo máximo de 48 horas.

Na miniestaquia de *Eucalyptus grandis* (eucalipto), observou-se decréscimo nos percentuais de sobrevivência com o aumento das dosagens de AIB (Titon *et al.*, 2003). Para Fachinello *et al.* (1994), a concentração do produto ativo e o tempo de permanência no meio variam conforme a espécie e do teor de auxina existente nela, a forma de aplicação pode ser via líquido ou via talco (Blazich, 1987). Iritani & Soares (1983), trabalhando com *Araucaria angustifolia* (araucária), constataram que o uso de tratamentos na forma de talco promoveu uma diminuição do índice de sobrevivência das estacas.

Para a propagação vegetativa de *Eucalyptus* spp. por estaquia, Paiva & Gomes (1995) salientam que o AIB tem apresentado maior eficiência na promoção de raízes adventícias, embora a mistura com AIA apresente bons resultados. Esta superioridade deve-se a menor mobilidade e maior estabilidade química do AIB no corpo da estaca (Blazich, 1987). Nos cinco clones de *Eucalyptus* spp. estudados por Wendling *et al.* (2000), os valores apresentados para todas as variáveis analisadas indicaram que os resultados foram melhores para os tratamentos que receberam aplicações do regulador de crescimento, quando comparada à não aplicação.

Segundo Peres & Kerbauy (2000), dentre todos os tipos de auxinas, o AIB é o mais efetivo na obtenção de estacas enraizadas, pois, além de promover a iniciação radicular, não apresenta efeitos inibitórios pronunciados sobre o alongamento das mesmas. Em *Prunus persica* (pessegueiro), o AIB foi eficiente na promoção do enraizamento de estacas semilenhosas, como também o aumento do número de raízes em alguns cultivares (Tofanelli *et al.*, 2002).

Entre outras substâncias presentes no meio de enraizamento, que podem influenciar no desenvolvimento do sistema radicular cita-se carboidratos, sais minerais, estado físico do meio de cultura, pH, carvão ativado.

4 . MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Material vegetal

Plantas juvenis de *Luehea divaricata*, obtidas através da germinação de sementes de procedência desconhecida, com aproximadamente 9 meses de idade e adquiridas da FEPAGRO, Santa Maria – RS, forneceram o material vegetativo utilizado nos experimentos. As estacas provenientes de ramos demonstravam ter consistência herbácea e semilenhosa, mediam 10 cm de comprimento e apresentavam de 6 a 10 gemas.

4.2 Condução dos experimentos

Os experimentos foram conduzidos na sala de vegetação do Laboratório de Fisiologia Vegetal e sala de crescimento do Laboratório de Cultura de Tecidos Vegetais do Departamento de Biologia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria - RS.

4.3 Metodologia

As plantas juvenis que forneceram o material vegetativo, que podem ser observadas na Figura 1, foram mantidas em sala de vegetação sob iluminação de lâmpadas fluorescentes e estavam sujeitas às mudanças climáticas características de cada época de coleta, recebendo água em dias intercalados por aspersão através de borrifadores e diretamente na bandeja na qual estavam os sacos de polietileno contendo as plântulas e o substrato (solo) proveniente da FEPAGRO.



FIGURA 1 – Plantas juvenis de *Luehea divaricata* (açoita-cavalo), doadoras de material vegetativo, mantidas em sala de vegetação.

Como pré-tratamento, decepou-se a parte aérea das plantas matrizes a uma altura de aproximadamente 15 cm da base, estimulando as brotações e também proporcionando homogeneidade das estacas em tamanho, idade e diâmetro. Quinzenalmente, foi administrada solução nutritiva de $\frac{1}{4}$ de sais de WPM (Woody Plant Medium) de Lloyd e McCown (1980), sendo que cada planta recebeu 30 ml da solução. Regularmente ao final do período de 90 dias, durante 1 ano, as plantas matrizes proporcionaram brotações de 12 a 15 cm de comprimento com 6 a 10 gemas.

Em cada época de coleta, as estacas foram retiradas da planta doadora e, para evitar a dessecação, foram imediatamente mergulhadas em água adicionada de detergente Tween 80%, sendo 1 gota por litro de água de torneira. Em seguida, as estacas tiveram suas folhas retiradas, permanecendo as duas apicais, reduzidas à metade para diminuir a perda d'água por transpiração. Para a etapa de desinfestação, as estacas foram tratadas com solução de hipoclorito de sódio

(concentração comercial de 7 a 9% de cloro ativo) a 2%, por 2 minutos, (ação bactericida) e solução de Benlate a 0,5 g/L (ação fungicida), por 2 minutos. Água autoclavada foi utilizada para preparar as diluições.

A instalação dos experimentos foi realizada em quatro épocas de coleta: novembro/2003, fevereiro/2004, maio/2004 e agosto/2004. Utilizaram-se estacas herbáceas e semilenhosas com 10 cm de comprimento, extremidade inferior cortada em bisel e superior transversalmente. Foi seguido um protocolo básico, no qual as estacas permaneceram no meio de indução do enraizamento por 7 dias, sendo transferidas para o meio de formação das raízes, permanecendo por mais 53 dias. No meio de indução, as estacas permaneceram em solução nutritiva de $\frac{1}{4}$ de sais de WPM adicionado das diferentes concentrações: 0 (T₁); 0,1 (T₂); 1,0 (T₃); 10,0 mg/L (T₄) de ácido indolbutírico (AIB). O AIB foi dissolvido em hidróxido de sódio a 1 mol/L e diluído com água destilada, nas proporções indicadas. Após este período as estacas foram transferidas para o meio de formação contendo apenas $\frac{1}{4}$ da concentração de sais de WPM, pelo período de 53 dias, totalizando o período de 60 dias.

A solução nutritiva, utilizada nos meios de indução e formação, foi preparada com água destilada e pH ajustado em 5,8 com NaOH e/ou HCl (1N), os quais foram autoclavados a uma temperatura de 120°C, a 1 atm de pressão, por um período de 20 minutos.

Os frascos utilizados para a permanência das estacas tinham a capacidade de 55 ml contendo 30 ml de solução, envolvidos com papel alumínio inclusive a extremidade superior na qual foram feitas fendas para a inserção das estacas. A solução nutritiva foi trocada a cada 7 dias até a última avaliação. Para evitar a dessecação, as estacas receberam a cobertura de uma estufa plástica transparente e

a cada dia foram borrifadas com água autoclavada durante a condução do experimento.

Os experimentos com as estacas foram mantidos em sala de crescimento com temperatura de $25 \pm 1^\circ\text{C}$, com um fotoperíodo de 16 horas luz, sob intensidade luminosa de aproximadamente 1500 lux fornecida por lâmpadas fluorescentes branca-frias, durante o período de 60 dias.

4.4 Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com 16 repetições, sendo cada repetição formada por 3 estacas, totalizando 48 estacas por experimento em cada época de coleta realizada. Os dados foram submetidos à análise da variância, sendo o fator qualitativo (época) analisado pelo teste de Duncan com $\alpha = 0,01$ ou $0,05$ e o fator quantitativo (concentrações de AIB) analisado através de regressão polinomial com $\alpha = 0,01$ ou $0,05$.

Foram testadas 4 concentrações de AIB 0 (T_1); 0,1 (T_2); 1,0 (T_3); 10,0 mg/L (T_4) em 4 épocas de coleta de estacas (nov/2003, fev/2004, mai/2004, ago/2004), em esquema fatorial 4 x 4.

Todos os dados foram analisados através do pacote estatístico SANEST Sistema de Análise Estatística da Universidade Federal de Pelotas (ZONTA & MACHADO, 1984).

4.5 Parâmetros analisados

Após 60 dias, avaliou-se o processo de enraizamento a partir das variáveis massa seca das raízes (g), comprimento médio das raízes primárias (cm), número de raízes, e ainda os aspectos diâmetro do colo (cm) (vigor vegetativo) e massa seca da parte aérea (g).

A massa seca das raízes e da parte aérea, de cada estaca, foi obtida colocando-se as raízes e folhas separadamente, em saquinhos de papel iguais (em peso e tamanho) e individuais, em estufa com temperatura constante de 55°C pelo período de aproximadamente três semanas. Foram realizadas várias pesagens da massa seca e quando esta se encontrava constante era considerada a massa seca final obtida.

Nos parâmetros comprimento médio das raízes primárias e número de raízes primárias considerou-se raiz emitida toda estrutura esbranquiçada, com ápice definido, ou seja, uma estrutura cilíndrica e polar, com pelo menos, cerca de 0,2cm de comprimento.

O diâmetro do colo foi medido na base das estacas após a retirada das raízes e foi aferido com o auxílio de um paquímetro.

Na variável massa seca da parte aérea foram consideradas gemas caulinares e folhas.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Sistema radicular

Os resultados da avaliação do sistema radicular indicam que o enraizamento das estacas de *Luehea divaricata* foi afetado pela época de coleta das estacas em interação com as diferentes concentrações do fitorregulador AIB.

A percentagem de enraizamento das estacas de *Luehea divaricata* nas quatro coletas e diferentes concentrações do fitorregulador AIB podem ser observados na Tabela 1.

TABELA 1 – Percentagem de enraizamento das estacas de *Luehea divaricata* (açoita cavalo) aos 60 dias após a coleta nas épocas de nov/2003, fev/2004, mai/2004 e ago/2004 nas concentrações testadas: 0 (T₁); 0,1 (T₂); 1,0 (T₃); 10,0 mg/L (T₄) de AIB.

Concentração de AIB (mg/L)	Épocas de coleta das estacas			
	Nov/2003	Fev/2004	Mai/2004	Ago/2004
T ₁ = 0,0	66,6%	75%	50%	50%
T ₂ = 0,1	58,3%	75%	50%	33,3%
T ₃ = 1,0	58,3%	83,3%	83,3%	50%
T ₄ = 10,0	33,3%	33,3%	25%	75%

5.1.1 Massa seca das raízes

Com relação ao parâmetro massa seca das raízes (Figura 2), estacas coletadas em fev/2004 apresentaram maiores valores e a concentração indicada pela equação quadrática, na qual se obteve a maior massa seca das raízes, foi de 5,0 mg/L de AIB. Isto pode ter sido influenciado pela época de coleta das estacas em

fevereiro, mês em que ocorrem temperaturas mais elevadas e que, conseqüentemente, há uma maior transpiração e ativação do crescimento da planta matriz.

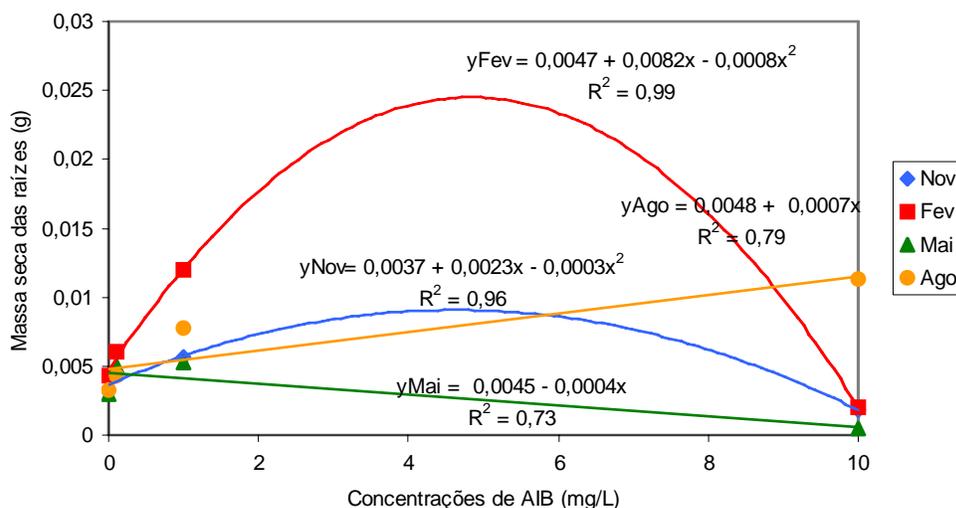


FIGURA 2 – Massa seca das raízes (g) das estacas de *Luehea divaricata* (açoita-cavalo) aos 60 dias após a coleta, em função da aplicação das concentrações 0 (T₁); 0,1 (T₂); 1,0 (T₃); 10,0 mg/L (T₄) de AIB, nas épocas de coleta de nov/2003, fev/2004, mai/2004 e ago/2004.

A terceira época de coleta de estacas, mai/2004, foi realizada em um período em que a temperatura era mais baixa em relação às demais coletas, em torno dos 10°C, o que provavelmente proporcionou condições fisiológicas menos favoráveis ao processo de desenvolvimento e crescimento das brotações, já que as plantas matrizes não permaneceram sob temperatura e fotoperíodo controlados. Conseqüentemente, as estacas obtidas responderam negativamente ao processo de enraizamento, apresentando baixos valores de massa seca das raízes. Isto também foi observado por Xavier *et al.* (2003) na propagação vegetativa de *Cedrela fissilis* (cedro-rosa) por miniestaqueia.

As épocas de coleta nov/2003, fev/2004 e mai/2004 apresentaram menores valores de massa seca de raízes na concentração máxima de AIB utilizada para enraizamento (10,0 mg/L). Ficou evidenciado que o uso de concentrações mais elevadas do fitorregulador promoveu um decréscimo na massa seca das raízes. Já na coleta realizada em ago/2004, ocorreu o contrário: um aumento da massa seca das raízes foi observado à medida que a concentração do fitorregulador aumentava. Na Figura 3, observa-se que a estaca-modelo, proveniente da coleta de ago/2004 tratada com a concentração de 10,0 mg/L de AIB, apresentou raízes de grosso calibre e queda das folhas, não havendo emissão de folhas novas. Resultados semelhantes foram encontrados por Wang & Andersen (1989) em *Hibiscus rosa-sinensis* (hibisco), que atribuíram a uma maior disponibilidade de fotoassimilados para as raízes, mobilizados pela ação do fitorregulador para esta região, promovendo a formação de raízes adventícias, o que resultou no aumento do peso da matéria seca.

Detectou-se que as estacas dos tratamentos com ausência de AIB (testemunha), independente da época de coleta, apresentaram reduzida massa seca das raízes em comparação com as concentrações de 0,1 e 1,0 mg/L de AIB testadas. A avaliação realizada aos 60 dias foi destrutiva às mudas obtidas, não permitindo acompanhar o comportamento a campo, em que se poderia determinar melhor o efeito dos tratamentos sobre o vigor, crescimento e desenvolvimento das mesmas. Em *Carapa guianensis* (andiroba), observou-se que o processo de enraizamento foi mais rápido nos tratamentos que continham AIB do que na testemunha, pois, aos 14 dias após a instalação do experimento, o processo de enraizamento já havia sido iniciado, enquanto que, para a testemunha, este processo teve início somente após 21 dias, Rosa (1993) atribuiu às auxinas a

aceleração do início do enraizamento, pois aumentam sua uniformidade, bem como o número e a qualidade das raízes produzidas por estas estacas.



FIGURA 3 – Aspecto das estacas enraizadas de *Luehea divaricata* (açaita-cavalo) aos 60 dias após a coleta, provenientes da época agosto/2004, dos seguintes tratamentos testados: T₁= 0,0 mg/L, T₂= 0,1 mg/L, T₃= 1,0 mg/L, T₄= 10,0 mg/L de AIB.

5.1.2 Comprimento médio das raízes primárias

O comprimento médio das raízes primárias (Figura 4) foi maior em estacas coletadas em fev/2004 e a concentração indicada nas equações de efeito quadrático pelo ponto de MET é de 5,0 mg/L de AIB, sendo a mais efetiva na promoção do comprimento médio das raízes primárias (± 110 cm) decaindo com o aumento da concentração. Trabalhos de Ono *et al.* (1993) obtiveram resultados semelhantes com *Coffea arabica* (café) em relação à influência da época de coleta

dos ramos sobre o comprimento médio das raízes, sendo que, em janeiro (verão), foram obtidos os melhores resultados neste parâmetro.

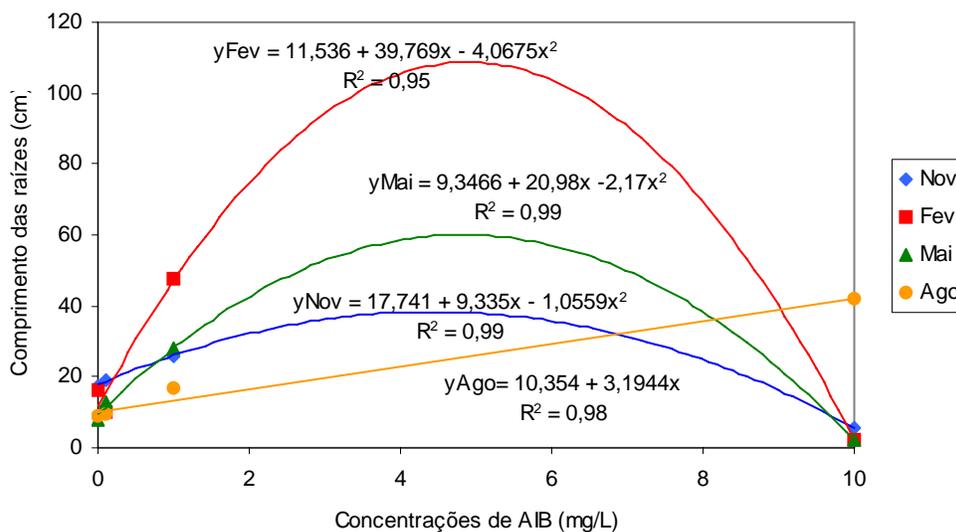


FIGURA 4 – Comprimento médio das raízes primárias (cm) das estacas de *Luehea divaricata* (açoita-cavalo) aos 60 dias após a coleta, em função da aplicação das concentrações 0 (T₁); 0,1 (T₂); 1,0 (T₃); 10,0 mg/L (T₄) de AIB, nas épocas de coleta de nov/2003, fev/2004, mai/2004 e ago/2004.

O comprimento médio das raízes primárias foi crescente em todas as épocas de coleta até a concentração de 5,0 mg/L de AIB (Figura 4). Pode-se observar que, a partir deste ponto, quanto maior a concentração do fitorregulador, menor o desenvolvimento do sistema radicular neste parâmetro, exceto em ago/2004, na concentração de 10,0 mg/L de AIB, obteve-se o maior comprimento médio das raízes primárias. Lima *et al.* (1992) verificaram, em *Malpighia glabra* (acerola), uma tendência à diminuição do comprimento médio das raízes, sugerindo um desbalanceamento hormonal, e/ou inibição dos cofatores de enraizamento intrínsecos das estacas, à medida que a concentração de AIB foi aumentada de zero até a concentração máxima. Isto ocorreu, possivelmente, devido ao fato das

estacas já apresentarem concentrações endógenas de auxina, causando uma ligeira inibição no desenvolvimento das raízes.

5.1.3 Número de raízes primárias

Estacas coletadas em ago/2004 apresentaram resultados diferenciados das estacas coletadas em outras épocas de coleta. Observando-se a Figura 5, o uso de 10,0 mg/L de AIB neste período de coleta promoveu um maior desenvolvimento ou formação do sistema radicular ocorrendo a formação, em média, de 5 raízes primárias por estaca. O aumento da emissão de um maior número de raízes primárias nestas estacas sugere a interação do balanceamento dos fitorreguladores endógenos e exógenos (Hartmann *et al.*, 1997) com os diversos co-fatores de enraizamento intrínsecos presentes em maior quantidade nas estacas de maior diâmetro, observadas na época de ago/2004 (Figura 6). A ação positiva do AIB foi comprovada por Iritani *et al.* (1986) em estacas de *Ilex paraguariensis* (erva-mate) promovendo um número aumentado de raízes por estaca, além de diminuir o tempo de enraizamento.

As épocas de coleta das estacas nov/2003, fev/2004 e mai/2004 proporcionaram maior número de raízes primárias com a concentração testada de 1,0 mg/L de AIB, variando de 3 a 4 raízes primárias, em média, por estaca. A concentração indicada, conforme a equação quadrática em seu ponto de máximo nas curvas, é em torno de 5,0 mg/L de AIB (Figura 5).

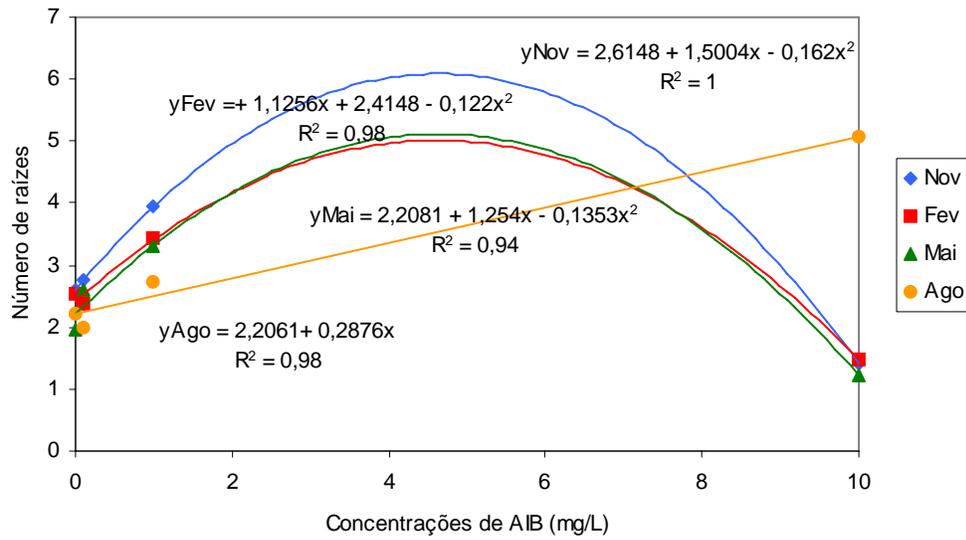


FIGURA 5 – Número de raízes primárias das estacas de *Luehea divaricata* (açõita-cavalo) aos 60 dias após a coleta, em função da aplicação das concentrações 0 (T₁); 0,1 (T₂); 1,0 (T₃); 10,0 mg/L (T₄) de AIB, nas épocas de coleta de nov/2003, fev/2004, mai/2004 e ago/2004.

Foi observado um número relevante de raízes, de duas a três raízes primárias em média, nas concentrações de 0,0 (testemunha) e 0,1 mg/L de AIB (Figura 5), o que pode ser atribuído à síntese de auxinas na parte aérea com posterior migração para o sistema radicular. Concordando com estes dados, Lima *et al.* (1992) concluíram que, para *Malpighia glabra* (acerola), concentrações de AIB utilizadas não surtiram efeito no número de raízes por estaca, ocorrendo ao contrário, uma ligeira diminuição no número de raízes quando da aplicação de AIB. Na ausência dos reguladores de crescimento, houve 5% de raízes em *Malus domestica* (macieira), provavelmente em virtude do acúmulo de auxinas endógenas provenientes das folhas ou gemas (Centellas *et al.*, 1999). Tal acúmulo resulta em aumento da atividade metabólica dos tecidos e, conseqüentemente, na formação e aumento do número de raízes (Wareing & Phillips, 1981).

Os parâmetros número de raízes primárias (Figura 5) e comprimento médio das raízes primárias (Figura 4) apresentaram resultados semelhantes em relação à aplicação do fitorregulador AIB. Ocorreu uma relação inversamente proporcional entre a concentração de AIB e o desenvolvimento do sistema radicular, quanto maior a concentração do fitorregulador, menor o desenvolvimento nos dois parâmetros analisados. Contudo, isto não ocorreu em estacas coletadas em ago/2004, os quais apresentaram número de raízes primárias e comprimento médio raízes primárias elevados na concentração máxima de 10,0 mg/L de AIB.

5.1.4 Diâmetro do colo

Os maiores valores de diâmetro do colo em estacas foram promovidos na coleta de ago/2004 com a concentração de 0,1 mg/L de AIB, alcançando o diâmetro médio de 1,9 cm (Figura 6), e, também, na coleta de mai/2004 na ausência do fitorregulador. O comportamento semelhante das épocas de ago/2004 e mai/2004 se devem provavelmente, a maior deposição de carboidratos nos períodos de baixas temperaturas. Em geral, as estacas grossas (maior diâmetro) possuem maior disponibilidade de nutrientes em comparação com as finas. Além disso, a diferença da capacidade de enraizamento das estacas pode estar relacionada às fases de desenvolvimento da planta doadora e, ainda, ao estado bioquímico e fisiológico das estacas (Fachinello, *et al.*, 1994), sendo que as estacas utilizadas neste estudo eram originadas de plantas matrizes diferentes, mas mantidas nas mesmas condições de cultivo.

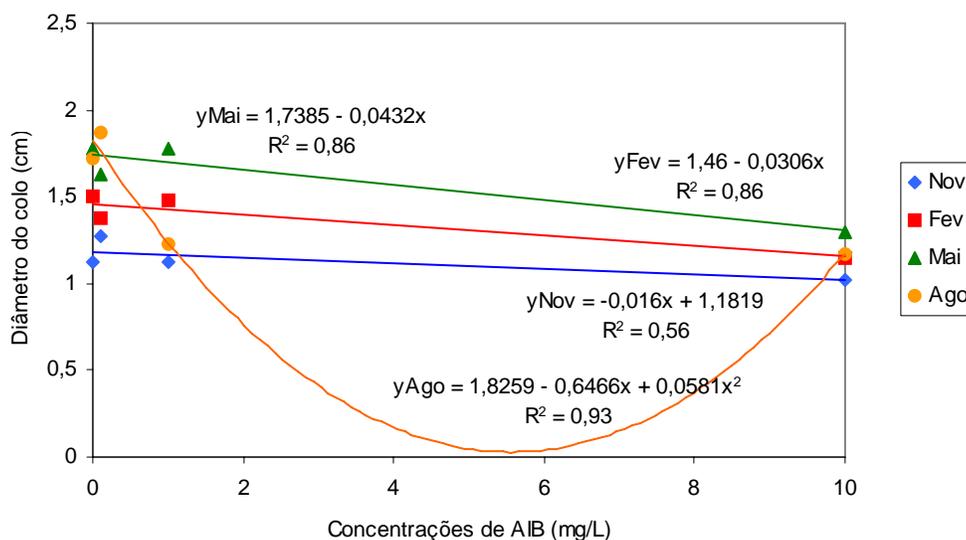


FIGURA 6 – Diâmetro do colo (cm) das estacas de *Luehea divaricata* (açoita-cavalo) aos 60 dias após a coleta, em função da aplicação das concentrações 0 (T₁); 0,1 (T₂); 1,0 (T₃); 10,0 mg/L (T₄) de AIB, nas épocas de coleta de nov/2003, fev/2004, mai/2004 e ago/2004.

Nos parâmetros massa seca das raízes (Figura 2), comprimento médio das raízes primárias (Figura 4) e número de raízes primárias (Figura 5) são mostrados os efeitos das diferentes concentrações de AIB testadas. Houve um aumento dos valores observados nos parâmetros analisados até a concentração em torno de 5,0mg/L, conforme equações de efeito quadrático, indicando ser esta a concentração com melhor resposta no enraizamento para este regulador, a partir da qual há um decréscimo nos valores observados. Em *Platanus acerifolia* (plátano) a presença de AIB demonstrou melhorar a qualidade das raízes formadas (Dias *et al.*, 1999), concordando com resultados obtidos por Hartmann *et al.* (1997), que destacam a ação de auxinas, acelerando e uniformizando o processo de enraizamento.

A época de coleta de fev/2004 apresentou resultados satisfatórios, caracterizando-se como a mais eficiente no enraizamento por estaquia em combinação com a concentração de 5,0 mg/L de AIB.

Acredita-se que maiores valores poderiam ter sido atingidos nos parâmetros massa seca das raízes, comprimento médio das raízes primárias e número de raízes primárias se tivesse ocorrido uma maior aeração na extremidade inferior das estacas, que estava submersa. O suprimento de oxigênio foi relativamente baixo, pois a solução nutritiva não apresentou movimentação como no sistema hidropônico convencional, apenas foi realizada troca semanal de solução ¼ WPM.

5.2 Sistema aéreo

5.2.1 Massa seca da parte aérea

Nas Figuras 7 e 8, estão representadas a massa seca da parte aérea (g) das estacas de *Luehea divaricata* aos 60 dias após a coleta nas diferentes épocas de coleta e também em função da aplicação das diferentes concentrações de AIB. Pode-se verificar que houve efeito significativo da aplicação do AIB e das épocas de coleta, mas não foi significativa a interação entre os fatores. Já na coleta de fev/2004 e na ausência do fitorregulador AIB, as estacas apresentaram maior massa seca da parte aérea.

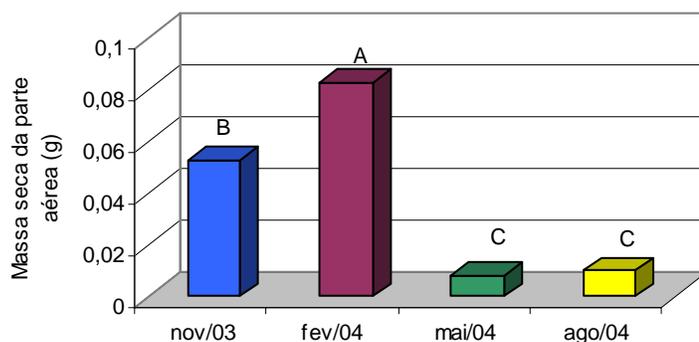


FIGURA 7 – Massa seca da parte aérea (g) das estacas de *Luehea divaricata* (açoita-cavalo) aos 60 dias após a coleta, nas diferentes épocas de coleta: nov/2003, fev/2004, mai/2004, ago/2004.

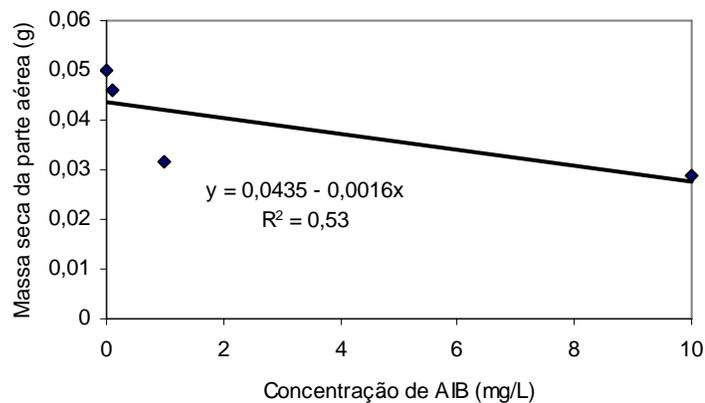


FIGURA 8 – Massa seca da parte aérea (g) das estacas de *Luehea divaricata* (açoita-cavalo) aos 60 dias após a coleta, em função da aplicação das concentrações 0 (T₁); 0,1 (T₂); 1,0 (T₃); 10,0 mg/L (T₄) de AIB.

Na Figura 8 ficou claro que a ausência de fitorregulador favorece o desenvolvimento de gemas e folhas nas estacas de *Luehea divaricata*. Este resultado, juntamente com os obtidos na ausência ou em baixas concentrações de AIB nos parâmetros massa seca das raízes, comprimento médio das raízes primárias e número de raízes primárias das estacas sugerem uma inter-relação entre a produção de auxinas na parte aérea e a formação das raízes e seu posterior

desenvolvimento. O aumento da massa seca da parte aérea na época de coleta fev/2004 (Figura 7) sinalizou a ocorrência de maior emissão de gemas e folhas responsáveis pela fonte de auxinas endógenas. A permanência de folhas na maioria das estacas indica que sua presença favoreceu o desenvolvimento das raízes. Outro fator que pode ter contribuído para o enraizamento, quando comparado com as outras épocas de coleta, pode estar relacionado com o baixo grau de lignificação das estacas, decorrente do fato de a espécie *Luehea divaricata* passar por um período de intenso crescimento na primavera e verão.

A concentração ideal do fitorregulador, na qual ocorreu maior desenvolvimento da parte aérea (Figura 8), foi na testemunha (ausência do fitorregulador AIB) com a média de 0,05 g de massa seca da parte aérea. O desempenho do sistema aéreo das estacas coletadas em fev/2004 no tratamento com ausência de fitorregulador pode ser observado na Figura 9. Percebe-se que quanto menor a concentração do fitorregulador, maior a emissão de folhas na parte aérea. Além disso, grandes quantidades de auxina podem inibir o crescimento de gemas e folhas, prejudicando o desenvolvimento do sistema aéreo, ou alterar os mecanismos endógenos de controle do desenvolvimento, determinados pela expressão gênica, ocasionando variações fenotípicas na espécie.



FIGURA 9 – Aspecto das estacas enraizadas de *Luehea divaricata* (açoita-cavalo) aos 60 dias após a coleta, provenientes da época fevereiro/2004, dos seguintes tratamentos testados: T₁= 0,0 mg/L, T₂= 0,1 mg/L, T₃= 1,0 mg/L, T₄= 10,0 mg/L de AIB.

Os experimentos com as estacas permaneceram sob condições de temperatura e luminosidade constantes na sala de crescimento em todas as épocas de coleta. A influência sobre o enraizamento das estacas de *Luehea divaricata* pode ser atribuída à época de coleta das estacas e às condições climáticas a que estão expostas as plantas matrizes. No verão (época de fev/2004), com o aumento da temperatura, as plantas matrizes absorvem maior quantidade de solução nutritiva. Nesta época, também ocorre um aumento da produção de fotossintatos devido a maior incidência de energia luminosa, havendo, conseqüentemente, um aumento na produção de substâncias necessárias à formação e ao desenvolvimento das raízes. Com o aumento de temperatura, também ocorre maior circulação de seiva. Em conseqüência disto, há uma maior translocação de auxinas produzidas nas gemas. O sucesso deste resultado, quando comparado com as outras épocas de coleta pode também estar relacionado com o baixo grau de lignificação das

estacas devido às plantas matrizes passarem por um período de intenso crescimento na primavera e no verão. Segundo Fachinello *et al.* (1994), a época é um fator que influencia no enraizamento, pois está estreitamente relacionada com a consistência do caule, sendo que as estacas coletadas em um período de crescimento vegetativo intenso mostram maior capacidade de enraizamento, principalmente em espécies de difícil enraizamento. Já estacas coletadas no inverno possuem maior grau de lignificação, tendendo a enraizar menos. O aumento da massa seca da parte aérea na época de coleta de fev/2004 (Figura 7 e 9) sinalizou a ocorrência de maior emissão de gemas e folhas jovens responsáveis pela fonte de auxinas endógenas. A permanência das folhas na maioria das estacas enraizadas indica que sua presença favoreceu o desenvolvimento das raízes.

Com relação à influência da época de coleta dos ramos sobre os parâmetros analisados, fev/2004 foi a coleta que apresentou os melhores resultados.

Os menores valores encontrados para a época de coleta de mai/2004 provavelmente estão relacionados ao desenvolvimento e crescimento das brotações utilizadas na obtenção das estacas, ou seja, no período de temperatura mais baixa. Neste ambiente, o propágulo vegetativo utilizado como estacas apresentava condições fisiológicas menos favoráveis ao processo de propagação vegetativa em relação às outras coletas.

Os coeficientes de determinação (R^2), na análise de regressão, apresentaram valores entre 42% a 99%, sendo a média de 83%, o que denota uma confiabilidade das equações de regressão para explicar as respostas das características avaliadas em função das aplicações de regulador de crescimento.

As quatro coletas sucessivas de brotações não afetaram a sobrevivência das plantas matrizes, uma vez que não foi registrada mortalidade neste período (Figura 1). Segundo Xavier *et al.* (2003)a, que obtiveram resultados semelhantes com

Cedrela fissilis (cedro-rosa), essa sobrevivência denota a adequabilidade dos tratos culturais empregados, como nutrição equilibrada e irrigação em níveis ótimos. Os resultados relativos à alta sobrevivência das plantas matrizes e à produção de brotações em coletas sucessivas indicaram a viabilidade técnica do uso deste sistema visando à propagação da *Luehea divaricata*.

6. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos permitem concluir que:

- a) Em todas as épocas de coleta, com exceção de agosto/2004, até a concentração de 5,0 mg/L de AIB, ocorre aumento do vigor, da uniformidade e da qualidade do sistema radicular nas estacas de *Luehea divaricata*.
- b) É recomendada a época de coleta das estacas fevereiro/2004.
- b) Estacas juvenis de *Luehea divaricata* com idade de 60 dias apresentam potencial para enraizamento, o que viabiliza a produção de mudas por estaquia em solução, como foi demonstrado neste estudo.
- c) A propagação vegetativa de *Luehea divaricata* por estaquia, a partir de propágulos obtidos de plantas-matriz jovens selecionadas, é tecnicamente viável, tornando-se uma alternativa para promover o enraizamento na produção de mudas desta espécie incrementada com a aplicação do fitorregulador AIB.

CAPÍTULO 2

PROPAGAÇÃO SEXUADA DE *Luehea divaricata* EM QUATRO DIFERENTES SUBSTRATOS

1. INTRODUÇÃO

Os recursos florestais têm sido explorados tanto através do desmatamento para fins agropecuários, como para suprir as diferentes necessidades de matéria-prima. As sementes são o ponto de partida na produção de mudas que formarão plantios florestais, em pequena ou grande escala. Em casos extremos, podem ser a única solução para reverter o quadro de escassez de matéria-prima e de degradação ambiental (Sena & Gariglio, 1998).

A regeneração artificial através de plantios com espécies valiosas e de rápido crescimento quer seja para o enriquecimento das florestas exploradas e áreas degradadas, quer seja para plantações puras em maciços florestais, ou em plantios consorciados com culturas agrícolas, apresenta-se como alternativa no aproveitamento e implementação do setor florestal.

Na produção de plântulas de espécies florestais, as diferentes características de crescimento são estudadas em espécies exóticas, como por exemplo, nos gêneros *Eucalyptus* spp. e *Pinus* spp., nos quais ocorre rápido crescimento, em comparação com espécies arbóreas nativas. A *Luehea divaricata* é uma espécie madeireira potencial, porém apresenta poucas informações sobre plantios experimentais ou de comprovação. A escassez de estudos sobre crescimento de plântulas da espécie visando maior produtividade e qualidade das mudas, em condições de viveiro, incentivou o desenvolvimento deste trabalho.

2. OBJETIVO

⇒ Este estudo tem como objetivo verificar a influência de diferentes substratos na germinação e no crescimento das plântulas de *Luehea divaricata* até 6 meses de idade.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 PRODUÇÃO DE MUDAS POR SEMENTES

A germinação de sementes é uma das fases críticas para o estabelecimento das plantas em condições naturais. Ela inicia com o fenômeno de embebição e termina com a emergência da nova plântula. As sementes desenvolvem a dormência como um mecanismo de sobrevivência, e sua superação está relacionada a fatores que ameaçam a espécie. Em sementes de *Luehea divaricata*, ocorre a dormência exógena, tipo mais comum de dormência, estando normalmente relacionada com a impermeabilidade do tegumento ou do pericarpo à água, com a presença de inibidores químicos no tegumento ou pericarpo e com a resistência mecânica do tegumento ou pericarpo ao crescimento do embrião. O tratamento utilizado para a superação desse tipo de dormência é a imersão em água fria por 24 horas (Fowler, 2000).

As sementes aladas de *Luehea divaricata* (Carvalho, 1994) são, segundo Aguiar *et al.* (1993), características de colonizadores de áreas abertas. Quanto ao armazenamento se enquadram na categoria das ortodoxas, que podem ser secas a teores de umidade abaixo de 5% (base seca) e armazenadas, com sucesso, a baixas temperaturas, por longos períodos, ocorrendo a redução da atividade metabólica. A maioria dos frutos secos deiscentes e indeiscentes se enquadra nesta categoria (Fowler, 2000).

O termo longevidade está relacionado com o período de tempo em que a semente se mantém viável, variando entre espécies (Aguiar *et al.*, 1993), com forte dependência das condições ambientais (Fowler, 2000). Normalmente, as sementes não são utilizadas após a coleta. Por isso devem ser armazenadas para a utilização futura no mesmo ano ou até em anos seguintes, pois as espécies nativas

apresentam ciclicidade de produção de sementes, caracterizada por um ano de alta produção, seguido de um ou dois de baixa produção. Em decorrência disso, existe a necessidade de se manter a viabilidade das sementes armazenadas, minimizando-se a velocidade de deterioração, por meio de tecnologias desenvolvidas e apropriadas a cada espécie (Fowler, 2000).

Segundo Reitz (1983), a propagação da espécie *Luehea divaricata* é feita em terra bem afogada, na primavera, cobrindo-se, em seguida, as sementes com uma leve camada de 1-2cm de terra também solta e regada convenientemente. Os viveiros devem ser cobertos por esteiras para diminuir a luz direta e intensa do sol, bem como minimizar o impacto das gotas de chuva. Para Lorenzi (1998), a emergência de novas plântulas de *Luehea divaricata* ocorre no período de 20 a 40 dias. Já Paoli (1995) afirma que a germinação ocorre, em geral, após 8 a 10 dias, com o rompimento dos tegumentos e a protusão da radícula. Durante o processo de germinação ocorrem alterações na composição química da semente e no consumo das substâncias de reserva, tais como carboidratos, lipídios e proteínas, os quais fornecem energia e material plástico para o desenvolvimento do embrião, sendo que a velocidade de utilização de reservas durante a germinação varia de acordo com a espécie e com o ambiente (Aguiar *et al.*, 1993).

Segundo Paoli (1995), a germinação das sementes de *Luehea divaricata* é faneroepígea, isto é, os cotilédones libertam-se dos tegumentos, tornando-se foliáceos, por volta do 5º dia após a germinação.

Lorenzi (1998) afirma que as plantas atingem porte adequado para plantio em local definitivo em 5-6 meses de idade.

3.2 PRINCIPAIS FATORES QUE ALTERAM A PRODUÇÃO DE MUDAS

3.2.1 Substrato

O substrato é um fator que exerce influência significativa no desenvolvimento de mudas, e vários são os materiais que podem ser utilizados na sua composição (Melo, 1999).

Segundo Lemaire (1995), um substrato é formado de três fases: a fase sólida, que garante a manutenção mecânica do sistema radicular e a sua estabilidade; a fase líquida, que garante o suprimento de água e nutrientes; e a fase gasosa, que garante a troca de oxigênio e gás carbônico entre as raízes e a atmosfera. Para Sturion & Antunes (2000) o corpo do solo é constituído por uma parte sólida, composta de partículas minerais e orgânicas entremeadas de poros (ocupados por água ou ar). Um solo ideal para o crescimento de plantas é aquele que, em volume, é composto por aproximadamente 45% de massa mineral, 5% de massa orgânica, 25% de ar e 25% de água. A massa sólida é relativamente constante, enquanto que as quantidades de ar e água variam constantemente (quando um aumenta, a outra diminui). O desenvolvimento e a eficiência do sistema radicular são fortemente influenciados pela aeração do solo. O oxigênio necessário para a respiração é retirado do ar presente nos interstícios existentes entre as partículas sólidas do solo. Se a aeração de um solo for deficiente, por exagerada compactação ou excesso de água, o desenvolvimento do sistema radicular será muito prejudicado. Em geral, as raízes que crescem em um solo com boa aeração são longas, de cor clara, profusamente subdivididas e apresentam grande quantidade de pêlos absorventes. Na ausência de quantidade adequada de ar no solo, as raízes se tornam mais grossas, curtas e escurecidas e com pequena

quantidade de pêlos absorventes, e, conseqüentemente, comprometem o desenvolvimento da parte aérea. O substrato para o preenchimento dos tubetes, além de propiciar boas condições para o adequado desenvolvimento das mudas, deve apresentar uma estrutura que não dificulte a sua retirada por ocasião do plantio das mudas e que não se destorroe.

O nível de eficiência de substratos para a germinação de sementes, iniciação radicular, enraizamento de estacas e formação da parte aérea está associado com a sua capacidade de aeração, drenagem, retenção de água e disponibilidade balanceada de nutrientes. As duas primeiras características estão relacionadas diretamente com a macroporosidade e a retenção de água e nutrientes e com a microporosidade e a superfície específica do substrato (Gonçalves & Poggiani, 1996).

Quando o substrato corresponde às necessidades da espécie em questão os resultados são o satisfatório crescimento da planta, atendendo aos parâmetros avaliados. Em cultivos sem solo, o maior problema técnico é garantir o crescimento da parte aérea com um volume restrito para o desenvolvimento do sistema radicular. O substrato tem como função dar sustentação às plantas, apoiando o crescimento das raízes e fornecendo as quantidades adequadas de ar, água e nutrientes (Lemaire, 1995).

Não há substrato ideal; há, no entanto, um mínimo de requerimentos ou propriedades para que se obtenha sucesso na propagação. Em geral, uma mistura de componentes é melhor para o desenvolvimento da planta do que o uso destes de modo isolado (Graça & Tavares, 2000).

Backes (1988) afirma que é sempre preferível ocorrer a mistura de dois ou mais materiais para a obtenção de um substrato próximo do ideal. Para Bellé (1988), a utilização de substratos é especialmente importante em viveiros de

mudas, onde os cultivos não são feitos *in situ* e sim em recipientes, sendo que, neste caso, as raízes dispõem de um volume restrito de meio a explorar, tornando mais importantes as propriedades físicas do meio.

3.2.2 Umidade do substrato

A condição hídrica mais favorável se dá quando a água está disponível à baixa tensão e na quantidade adequada. É encontrada numa zona ótima, que vai desde um ponto acima do ponto de murchamento até a capacidade de campo. As variações entre esses limites são normais e necessárias para uma constante renovação do ar no solo, do que resulta um crescimento sadio das plantas. Compreende-se que, se a umidade do solo for constantemente mantida na capacidade de campo, ou seja, na sua máxima capacidade de retenção de água, o desenvolvimento do sistema radicular será mínimo, porque a raiz não precisará crescer para conseguir água. Ao contrário, se o solo não receber água senão quando a sua umidade se aproximar do ponto de murchamento, o desenvolvimento das raízes será máximo, por ter a falta de água estimulado o crescimento das radículas. Por isso, as raízes são mais abundantes em solos secos do que em úmidos. O excesso de água pode ser mais prejudicial do que a deficiência pouco acentuada, pois cria uma condição desfavorável para a circulação de ar no solo, provocando a lixiviação e favorecendo o desenvolvimento de doenças. Isto prejudica o desenvolvimento do sistema radicular tornando as raízes mais vulneráveis a secas e geadas (Sturion & Antunes, 2000).

3.2.3 Efeito da intensidade luminosa

A luz interfere indiretamente no fenômeno de absorção de elementos minerais por causa da maior atividade fotossintética, que resulta na síntese, pela planta, de maior quantidade dos compostos químicos que a formam e, portanto, há maior necessidade de elementos minerais (Malavolta & Romero, 1975).

Algumas espécies necessitam de certo grau de sombreamento para a sua germinação e desenvolvimento iniciais, após a repicagem para os recipientes. Esse sombreamento é normalmente efetuado com sombrite, ripados, folhas de palmeira, que permitem, em média, a passagem de 50% da luz do sol. À medida que a muda se desenvolve, o sombreamento é raleado e até mesmo retirado totalmente para a rustificação das mudas. O nível ideal de sombreamento e o período a ser mantido devem ser determinados para as diferentes espécies, sendo que mudas conduzidas sob sombreamento excessivo são menos resistentes a períodos de secas e geadas (Sturion & Antunes, 2000). Neto *et al.* (2001) afirmam que diferentes graus de luminosidade causam mudanças fisiológicas e morfológicas nas plantas, sendo o grau desta adaptação ditado por características genéticas da planta em interação com o seu meio ambiente.

3.2.4 Recipiente utilizado

As pesquisas desenvolvidas em várias partes do mundo priorizam a máxima proteção e a mínima exposição do sistema radicular, com destaque para a escolha de recipientes e substratos. Em se tratando de mudas de espécies arbóreas nativas, os sacos plásticos e os tubetes rígidos têm sido usados como recipientes. Entretanto, os recipientes devem apresentar forma e volume apropriados, evitando deformações no sistema radicular das mudas (Carneiro, 1995).

Algumas vantagens técnicas dos sistemas de tubetes são citadas por Sturion e Antunes (2000), dentre as quais destacam-se: proteção do sistema radicular por

causa da rigidez do recipiente; formação do sistema radicular sem enovelamento em decorrência das estrias internas; menor quantidade de substrato a ser utilizado em relação a outros tipos de recipientes; economia no processo com a reutilização das embalagens porque o sistema de produção permite a concentração de tratamentos culturais e fitossanitários.

Cunha *et al.* (2002) testaram três tamanhos de tubetes (capacidade volumétrica de 50, 120 e 275 cm³) e constataram que o tubete de 120cm³ mostrou-se adequado para a produção de mudas de *Coffea arabica* (café). A maioria das empresas que produzem grandes quantidades de mudas utiliza tubetes ou recipientes similares (Sturion & Antunes, 2000).

3.2.5 Temperatura

As espécies apresentam grande variação quanto à temperatura ideal de germinação de suas sementes, cuja faixa, de forma geral, está situada entre as temperaturas encontradas em sua região de origem, na época propícia à emergência natural (Andrade *et al.*, 2000). Exercem influência tanto na percentagem como na velocidade de germinação, influenciando a absorção de água pela semente e as reações bioquímicas que regulam o metabolismo neste processo (Bewley & Black, 1994).

4 - MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Material vegetal

Sementes de *Luehea divaricata*, de progênies desconhecidas, coletadas e beneficiadas em julho de 2003 permaneceram estocadas em câmara fria no Viveiro Florestal do Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria – RS.

4.2 Local de execução dos experimentos

O experimento foi conduzido no Viveiro Florestal, e as avaliações foram realizadas no Laboratório de Fisiologia Vegetal do Departamento de Biologia da UFSM, Santa Maria – RS.

Na instalação do experimento, momento da semeadura, até aos 50 dias subseqüentes, os tubetes foram acomodados em grades mantidas na casa de vegetação do Viveiro Florestal, sob condições de aspersão intermitente regulada pela temperatura do ar, tendo orientação norte-sul, sendo as paredes laterais de lâminas de fibra plástica parcialmente transparente, com exceção da parede sul, que é parcialmente feita de pedras. Os aspersores, colocados próximos ao teto, são acionados automaticamente quando a temperatura do ar ultrapassa os 24°C. Na parede norte, dois exaustores retiram, após a aspersão, o ar aquecido e úmido. Já na parede sul, entra o ar que se resfria ao passar por pedras umedecidas.

Após este período, as plântulas permaneceram sob sombrite 50% em uma área próxima à casa de vegetação situada no Viveiro Florestal até a finalização do experimento.

4.3 Metodologia

A produção de mudas em tubetes baseou-se na adequação do seqüenciamento das diversas etapas da produção de mudas de uso rotineiro do viveiro florestal. Como pré-tratamento, as sementes tiveram suas alas retiradas e permaneceram imersas em água por 24 horas, período que antecedeu à semeadura. Os tubetes com capacidade de 126 cm³ foram distribuídos em bandejas em forma de grades e limpos com o auxílio de um lava-jato. Posteriormente, foram preenchidos com os 4 substratos testados: Plantmax[®], turfa, casca de arroz carbonizada, Mec Plant[®], tomando-se cuidado para não haver a compactação dos mesmos nos recipientes. No dia 18 de dezembro de 2003, procedeu-se a semeadura de 4 sementes por recipiente, que foram cobertas com uma camada de aproximadamente 5 mm do respectivo substrato e regadas com o auxílio de um regador plástico, sendo as grades com os tubetes acomodadas na casa de vegetação do Viveiro Florestal. Após 25 dias, com o crescimento inicial das plântulas, efetuou-se a repicagem dentro de cada tratamento objetivando a homogeneização, tubetes que não apresentaram sementes germinadas receberam plântulas provenientes de sementes germinadas excedentes no mesmo substrato, permanecendo assim uma plântula por tubete. Durante a etapa de crescimento inicial, as plântulas receberam tratamento adequado ao seu desenvolvimento vegetativo, foram hidratadas diariamente, sendo que, nos dias mais quentes, receberam mais de uma rega diária.

Aos 50 dias, o experimento contou com desbaste ou raleio, que foi realizado com o auxílio de uma tesoura. Foram descartadas as plântulas excedentes, seguindo-se o critério de eliminar as menores, permanecendo a mais robusta e central. A partir deste momento, as plântulas foram retiradas da casa de vegetação, passaram para uma etapa de rustificação, sendo as grandes acomodadas sob sombrite 50% em uma área próxima à casa de vegetação situada no Viveiro Florestal.

4.4 Delineamento experimental

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado com 4 tratamentos: Plantmax[®], turfa, casca de arroz carbonizada, Mec Plant[®] e 12 repetições, sendo cada repetição formada por 20 plantas, totalizando 240 plantas (uma por tubete) em todo o experimento. Os dados foram submetidos à análise da variância, e as médias comparadas ao teste de Duncan com $\alpha = 0,01$. Foram testados 4 tipos de substratos e 3 períodos de avaliações em arranjo fatorial 4 x 3.

Todos os dados foram analisados através do pacote estatístico SANEST-Sistema de Análise Estatística da Universidade Federal de Pelotas (Zonta & Machado, 1984).

4.5 Parâmetros analisados

Aos 60, 120 e 180 dias após a semeadura, avaliou-se o crescimento das plântulas a partir das seguintes variáveis: massa seca das raízes (g), diâmetro do colo (cm) (vigor vegetativo), massa fresca da parte aérea (g), massa seca da parte

aérea (g), altura da parte aérea (cm) e total de folhas. Em cada avaliação, devido ao rigor dos parâmetros analisados, 20 plântulas de cada substrato foram sacrificadas, totalizando 80 plântulas por avaliação.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

TABELA 1: Percentagem de germinação das sementes de *Luehea divaricata* (açoita-cavalo) nos quatro substratos testados (Plantmax[®], turfa, casca de arroz carbonizada, Mec Plant[®]) aos 50 dias após a semeadura.

Substrato	Percentagem de germinação das sementes (%)
Plantmax [®]	91,2
Turfa	86,6
Casca de arroz carbonizada	90,0
Mec Plant [®]	85,4

Dentre os substratos testados (Plantmax[®], turfa, casca de arroz carbonizada, Mec Plant[®]), todos contribuíram de forma positiva com a germinação das sementes de *Luehea divaricata*, na Tabela 1 observa-se a percentagem de germinação nos 4 substratos testados aos 50 dias após a semeadura. Cada tubete, em todos os substratos, apresentou pelo menos uma semente germinada, permanecendo uma plântula por tubete, como pode ser observado na Figura 1, que representa o aspecto geral do experimento aos 60 dias após a semeadura. Procurou-se manter a proporção adequada entre a disponibilidade de água e a aeração de forma a não umedecer em excesso o tubete para evitar que a película de água envolva completamente a semente, restringindo a entrada e a absorção de oxigênio, evitando, desta maneira, prejudicar a germinação das sementes nos substratos.

Nas três avaliações realizadas (60, 120 e 180 dias após a semeadura), foram consideradas algumas variáveis influenciadoras do padrão de qualidade das

plântulas de espécies florestais. A seguir, estão descritos os resultados obtidos nas avaliações e nos parâmetros analisados.



FIGURA 1 – Aspecto geral do experimento, plântulas de *Luehea divaricata* (açoita-cavalo) aos 60 dias após a sementeira (fase de rusticificação) protegidas por sombrite 50%. **A)** casca de arroz carbonizada; **B)** Plantmax[®]; **C)** Mec Plant[®]; **D)** turfa.

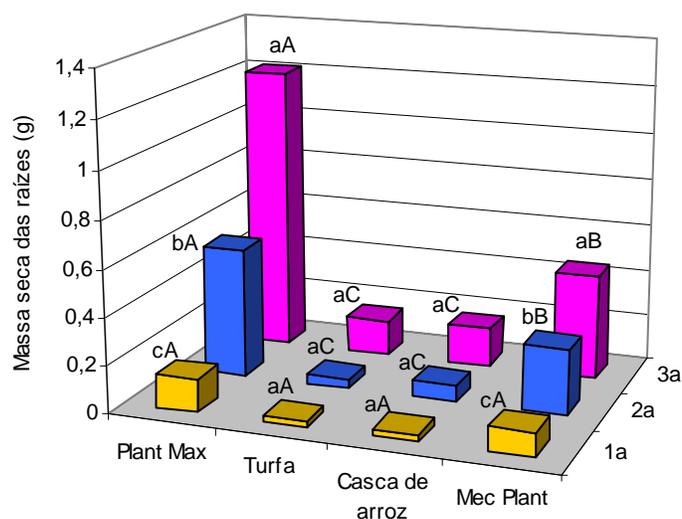
5.1 Sistema radicular

Os resultados obtidos demonstram que o sistema radicular das plântulas de *Luehea divaricata* foi afetado pelos substratos testados Plantmax[®], turfa, casca de arroz carbonizada e Mec Plant[®] aos 60, 120 e 180 dias após a sementeira, ocorrendo diferença significativa entre os tratamentos e avaliações.

5.1.1 Massa seca das raízes

Na Figura 2, são apresentados os resultados do parâmetro massa seca das raízes das plântulas, onde se destaca o desempenho do substrato Plantmax[®] em relação aos demais substratos testados. Nas plântulas pertencentes ao substrato

Plantmax[®] foi obtida a maior massa seca das raízes: 1,1 g aos 180 dias após a semeadura (3^a avaliação). Já aos 60 dias após a semeadura (1^a avaliação), a massa seca das raízes das plântulas, cujas sementes germinaram no substrato Plantmax[®], atingiu em torno de 0,15 g, valores alcançados aos 180 dias (3^a avaliação) dos substratos turfa e casca de arroz. Este resultado evidencia o maior número de raízes emitidas nas plântulas de *Luehea divaricata* pertencentes ao substrato Plantmax[®], favorecendo o seu desenvolvimento. Plântulas fotografadas aos 60, 120 e 180 dias após a semeadura, durante a avaliação dos parâmetros, podem ser observadas nas Figura 3a, 3b, 3c e 4.



Médias seguidas de uma mesma letra minúscula dentro de cada substrato e de uma mesma letra maiúscula dentro de cada avaliação não diferem entre si pelo teste de Duncan com $\alpha = 0,01$.

FIGURA 2 - Massa seca das raízes (g) das plântulas de *Luehea divaricata* (açoita-cavalo) aos 60, 120 e 180 dias após a semeadura (1^a, 2^a, 3^a avaliações) nos 4 substratos testados (Plantmax[®], turfa, casca de arroz carbonizada, Mec Plant[®]).



FIGURA 3 – A) Plântulas de *Luehea divaricata* (açoita-cavalo) aos 60 dias após a semeadura, representando os tratamentos turfa, casca de arroz carbonizada, Plantmax[®], e Mec Plant[®]. **B)** Plântulas de açoita-cavalo aos 120 dias após a semeadura, representando os tratamentos casca de arroz carbonizada, Plantmax[®], turfa e Mec Plant[®]. **C)** Plântulas de açoita-cavalo aos 180 dias após a semeadura, representando os tratamentos casca de arroz carbonizada, Plantmax[®], turfa e Mec Plant[®].



FIGURA 4 – Plântulas de *Luehea divaricata* (açoita-cavalo) aos 180 dias após a semeadura (3^a avaliação), representando os tratamentos casca de arroz carbonizada (C), Plantmax[®] (P), turfa (T) e Mec Plant[®] (M).

Plantmax[®] é um produto comercial constituído por um composto orgânico de casca de *Pinus* sp. misturado com vermiculita. Provavelmente o melhor desempenho do crescimento do sistema radicular no Plantmax[®] foi devido ao equilíbrio entre os teores de água, ar e adequada densidade do substrato. Segundo Hoffmann *et al.* (2001), em estudos com *Malus prunifolia* (macieira) a superioridade do substrato Plantmax[®] pode ser atribuída à boa agregação com as raízes, formando torrões, à disponibilidade de nutrientes e à adequada drenagem, sem que haja compactação. O substrato exerce grande influência na arquitetura do sistema radicular, sendo de grande importância a sua aeração e aderência às raízes. Já em *Zoysia japonica* (grama-esmeralda), o substrato contendo uma parte de casca de arroz carbonizada e outra parte de vermiculita foi superior aos demais, apresentando bons resultados em características avaliadas como massa fresca da parte aérea, massa fresca do sistema radicular, massa seca do sistema radicular e volume do sistema radicular. Substratos contendo uma parte de composto orgânico apresentaram os piores resultados nas características fitotécnicas avaliadas (Salvador & Minami, 2002).

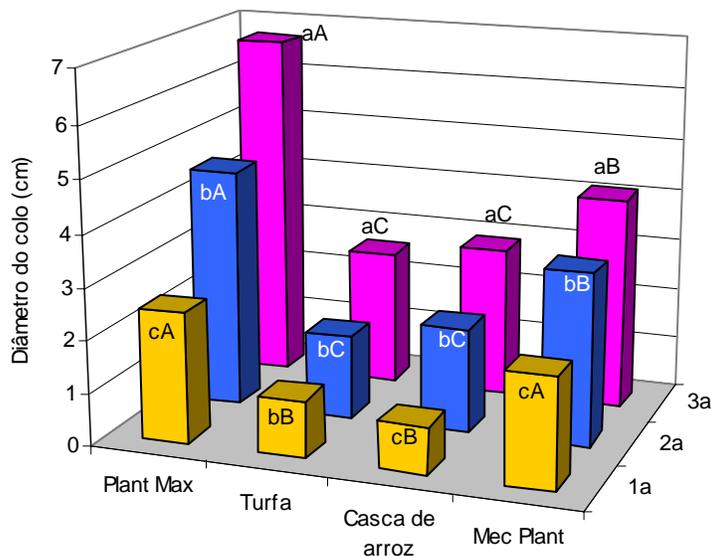
Neto *et al.* (2001) observaram que no crescimento de mudas de seis espécies arbóreas que ocorrem na Floresta Atlântica, que o substrato testado contendo 1/3 Plantmax[®] + 1/3 terra arenosa + 1/3 casca de arroz carbonizada foi um dos piores. Uma das prováveis causas disso pode ter sido a sua baixa capacidade de retenção de água, devido à alta macroporosidade do substrato. Já em quatro espécies arbóreas, o crescimento das mudas no substrato composto por húmus de minhoca obteve níveis insatisfatórios, que pode ter sido ocasionado pela baixa capacidade de drenagem, em decorrência da grande microporosidade do substrato. Estes resultados demonstram que diferentes respostas são obtidas de substratos testados em diferentes espécies.

Reduzida massa seca das raízes foi obtida em casca de arroz carbonizada e turfa, não apresentando diferença significativa nas três avaliações dentro de cada substrato (Figura 2). Isto evidencia que o desenvolvimento do sistema radicular nestes dois substratos não progrediu até aos 180 dias após a semeadura (3ª avaliação), o que futuramente pode dificultar o desenvolvimento da planta após o plantio.

Dutra & Kersten (1996) obtiveram baixo percentual de enraizamento em *Prunus salicina* (ameixeira) no substrato casca de arroz carbonizada. Melhores resultados foram obtidos quando foram realizadas as misturas areia + cinza, vermiculita + cinza e serragem +cinza. A cinza de casca de arroz apresentou alta percentagem de água retida (85%), a qual, associada à deficiente aeração, pode ter ocasionado a morte e apodrecimento das estacas por deficiente troca gasosa, isto é, morte por anoxia do sistema radical. Bordás *et al.* (1988) afirmam que é importante que o substrato apresente sempre um espaço de aeração que seja suficiente para permitir o desenvolvimento das raízes.

5.1.2 Diâmetro do colo

Ocorreu um progressivo aumento do diâmetro do colo das plântulas de *Luehea divaricata* até aos 180 dias após a semeadura (3ª avaliação) em todos os substratos, conforme pode ser observado na Figura 5, sendo que as plântulas cultivadas no Plantmax[®] triplicaram o diâmetro do colo ao final do período avaliado.



Médias seguidas de uma mesma letra minúscula dentro de cada substrato e de uma mesma letra maiúscula dentro de cada avaliação não diferem entre si pelo teste de Duncan com $\alpha = 0,01$.

FIGURA 5 – Diâmetro do colo (cm) das plântulas de *Luehea divaricata* (açoita-cavalo) aos 60, 120 e 180 dias após a semeadura (1ª, 2ª, 3ª avaliações) nos 4 substratos testados (Plantmax®, turfa, casca de arroz carbonizada, Mec Plant®).

O diâmetro do colo tem sido reconhecido como um dos melhores indicadores de padrão de qualidade de mudas para Sturion & Antunes (2000). Mudanças de pequeno diâmetro e muito altas são consideradas de qualidade inferior às menores e com maior diâmetro de colo. Um maior diâmetro de colo está associado a um desenvolvimento mais acentuado da parte aérea e, em especial, do sistema radicular, favorecendo a sobrevivência e o desenvolvimento da muda após o plantio (Sturion & Antunes, 2000). As três avaliações realizadas (60, 120 e 180 dias após a semeadura) foram destrutivas, o que não permitiu acompanhar o comportamento das mudas obtidas a campo, na qual poder-se-ia determinar melhor o efeito dos tratamentos (substratos) sobre o vigor, o crescimento e o desenvolvimento das mesmas nesta condição. Scalón *et al.* (2002) observaram, no crescimento inicial

de mudas de espécies florestais nativas, a importância do diâmetro do colo como característica valiosa na avaliação do potencial da muda para a sobrevivência e o crescimento após o plantio. De acordo com Carneiro (1983) apud Scalon (2002) as plantas com maior diâmetro apresentam percentual de sobrevivência mais elevado, principalmente pela maior capacidade de formação e de crescimento de novas raízes.

5.2 Sistema aéreo

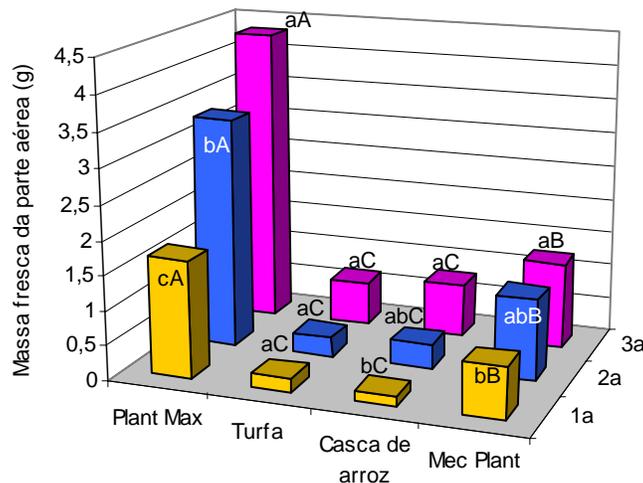
5.2.1 Massa fresca da parte aérea e massa seca da parte aérea

Nas Figuras 6 e 7, que representam a massa fresca e a massa seca da parte aérea, respectivamente, observa-se aos 180 dias após a semeadura (3^a avaliação), que as plântulas pertencentes ao substrato Plantmax[®] apresentaram valores de massa fresca e seca da parte aérea quadruplicados em relação aos demais substratos testados. No substrato Plantmax[®] foi alcançada a média de 1,7 g de massa seca da parte aérea das plântulas, enquanto o Mec Plant[®], que apresentou o 2^o melhor desempenho, obteve menos que 0,4 g de massa seca. Podem ser vistas algumas plântulas amostrais, aos 180 dias (3^a avaliação), representando todos os substratos testados na Figura 4.

Cabe salientar que houve uma tendência de os substratos que promoveram o menor desenvolvimento do sistema aéreo apresentarem o menor desenvolvimento do sistema radicular, observando-se os valores obtidos a partir da massa seca dos respectivos parâmetros, o que intensifica a hipótese de a presença de folhas influenciar diretamente no enraizamento da espécie. Isto concorda com os resultados obtidos por Dutra & Kersten (1996), em estudos com estacas de *Prunus*

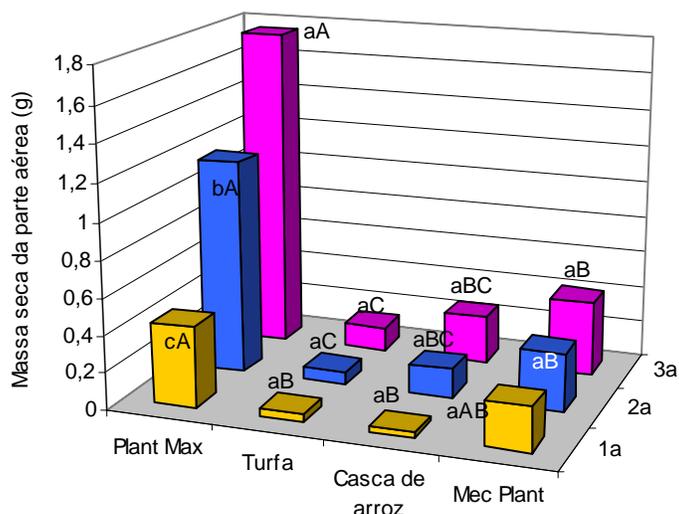
salicina (ameixeira), nos quais os substratos que promoveram a maior queda de folhas apresentaram os menores percentuais de enraizamento.

Já no cultivo de *Polypodium aureum* (samambaia-matogrossense), observou-se visualmente que plantas produzidas nos substratos que continham grandes quantidades do substrato Plantmax[®] apresentavam pequeno porte, folhas pequenas e em menor número, aspecto rústico e coloração clara, sendo o seu uso desaconselhado, pois não produziram plantas de valor comercial (Salvador *et al.*, 2001). Isto comprova mais uma vez que o substrato apresenta grande influência nas respostas das espécies a serem propagadas.



Médias seguidas de uma mesma letra minúscula dentro de cada substrato e de uma mesma letra maiúscula dentro de cada avaliação não diferem entre si pelo teste de Duncan com $\alpha = 0,01$.

FIGURA 6 – Massa fresca da parte aérea (g) das plântulas de *Luehea divaricata* (açoita-cavalo) aos 60, 120 e 180 dias após a semeadura (1ª, 2ª, 3ª avaliações) nos 4 substratos testados (Plantmax[®], turfa, casca de arroz carbonizada, Mec Plant[®]).



Médias seguidas de uma mesma letra minúscula dentro de cada substrato e de uma mesma letra maiúscula dentro de cada avaliação não diferem entre si pelo teste de Duncan com $\alpha = 0,01$.

FIGURA 7 – Massa seca da parte aérea (g) das plântulas de *Luehea divaricata* (açoita-cavalo) aos 60, 120 e 180 dias após a semeadura (1ª, 2ª, 3ª avaliações) nos 4 substratos testados (Plantmax®, turfa, casca de arroz carbonizada, Mec Plant®).

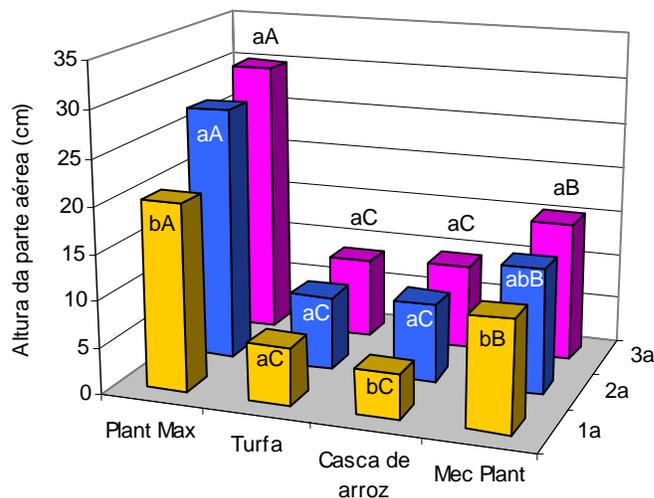
5.2.2 Altura média da parte aérea

Na Figura 8, constata-se que, nas duas últimas avaliações (120 e 180 dias após a semeadura) dentro de cada tratamento, não ocorreu diferença significativa no parâmetro altura média da parte aérea. O sistema aéreo encontrava-se bem desenvolvido aos 120 dias após a semeadura (2ª avaliação) em cada substrato, principalmente no Plantmax®, que apresentou altura média da parte aérea em torno de 26 cm. Os resultados foram bem diferenciados entre os tratamentos, sendo o Plantmax® eficaz no crescimento em altura das plântulas (Figuras 1, 3a, 3b, 3c e 4).

Segundo Samôr *et al.* (2002), que estudou a qualidade das mudas de *Anadenanthera macrocarpa* (angico) e *Sesbania virgata* (sesbânia) em diferentes

recipientes e substratos, as restrições radiculares, impostas pelo volume e parede do recipiente, pode reduzir alguns parâmetros importantes na avaliação da qualidade de mudas, como altura, área foliar e produção de biomassa.

Quanto à transferência das plantas dos tubetes para o local definitivo, a altura ideal das plantas não foi definida, devido ao rigor das avaliações ter destruído as mesmas. Segundo Sturion & Antunes (2000), em *Eucalyptus* spp., quando as mudas atingem de 15 a 25 cm de altura e diâmetro de colo de 2,5 cm, estão aptas para serem plantadas no local definitivo.



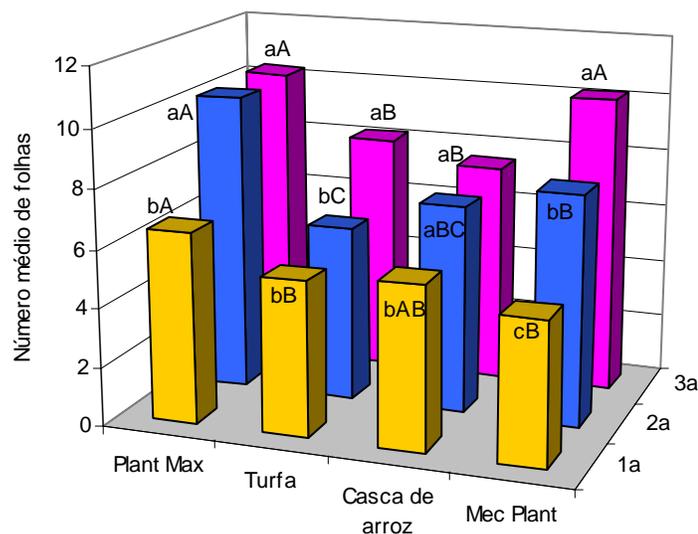
Médias seguidas de uma mesma letra minúscula dentro de cada substrato e de uma mesma letra maiúscula dentro de cada avaliação não diferem entre si pelo teste de Duncan com $\alpha = 0,01$.

FIGURA 8 – Altura média da parte aérea (cm) das plântulas de *Luehea divaricata* (açoita-cavalo) aos 60, 120 e 180 dias após a semeadura (1ª, 2ª, 3ª avaliações) nos 4 substratos testados (Plantmax®, turfa, casca de arroz carbonizada, Mec Plant®).

5.2.3 Número médio de folhas

Aos 60 dias após a semeadura (1ª avaliação) observa-se considerável número médio de folhas nas plântulas pertencentes a todos os substratos, especialmente nos substratos Plantmax® e casca de arroz carbonizada, que não diferiram significativamente pelo teste de Duncan com $\alpha = 0,01$ (Figura 9). Já aos 180 dias as plântulas pertencentes aos substratos Plantmax® e o Mec Plant®, apresentaram um número médio de 10 folhas por plântula, não diferindo significativamente entre si.

Nas plântulas pertencentes aos substratos Plantmax® e Mec Plant®, ocorreram maior emissão de folhas, potencializando, conseqüentemente, a fotossíntese das plântulas nestes substratos. A energia necessária para o desenvolvimento da nova plântula é originada da fotossíntese, por isto a emissão de folhas torna-se tão importante para o crescimento da planta. Cunha *et al.* (2002), estudando *Coffea arabica* (café), obtiveram, na variável número médio de folhas, os melhores resultados com plantas advindas do substrato Plantmax®, o que comprova a sua funcionalidade neste parâmetro.



Médias seguidas de uma mesma letra minúscula dentro de cada substrato e de uma mesma letra maiúscula dentro de cada avaliação não diferem entre si pelo teste de Duncan com $\alpha = 0,01$.

FIGURA 9 – Número médio de folhas das plântulas de *Luehea divaricata* (açoita-cavalo) aos 60, 120 e 180 dias após a semeadura (1ª, 2ª, 3ª avaliações) nos 4 substratos testados (Plantmax®, turfa, casca de arroz carbonizada, Mec Plant®).

Dos quatro substratos avaliados, dois apresentaram resultados positivos e semelhantes, Plantmax® e o Mec Plant®, e dois foram menos eficientes, turfa e casca de arroz, para o crescimento de plântulas de *Luehea divaricata*, com relação ao desenvolvimento do sistema radicular (massa seca das raízes e diâmetro do colo) e da parte aérea (massa fresca e seca da parte aérea, altura média da parte aérea e número médio de folhas) nas três avaliações.

Casca de arroz carbonizada e turfa apresentaram resultados inferiores em todos os parâmetros analisados comparativamente aos substratos Plantmax® e Mec Plant®. Este comportamento pode estar relacionado com a menor suscetibilidade às limitações de temperatura e características de cada substrato. O comportamento semelhante dos substratos Plantmax® e Mec Plant® podem ser atribuídos às boas

condições físicas proporcionadas por estes substratos, principalmente quanto ao equilíbrio entre os teores de água e ar e pela adequada densidade. Ambos estão em vantagem em relação aos outros substratos, principalmente aos que apresentam materiais orgânicos ou solo como componentes, pois apresentam uniformidade de composição química e física. Esse aspecto é de grande importância em trabalhos de pesquisa e também na produção comercial de plantas, assegurando-se, dessa forma, a repetibilidade dos resultados.

6. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos permitem concluir que:

- a) A germinação de sementes da *Luehea divaricata* ocorre em todos os substratos testados.
- b) O substrato afeta o crescimento das plântulas da *Luehea divaricata* até aos 180 dias de idade.
- c) Turfa e casca de arroz carbonizada são menos eficientes no crescimento das plântulas nos parâmetros analisados.
- d) É recomendada a produção de plântulas da *Luehea divaricata* no substrato comercial Plantmax[®].

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS:

- ⇒ Na produção de plântulas da espécie com finalidade de formar talhões homogêneos, genótipos selecionados podem ser propagados pelo método de estaquia utilizando o hormônio de crescimento AIB, permitindo assim uniformidade em qualidade e produtividade do material vegetal obtido.
- ⇒ Em plantios florestais que priorizam a recomposição ou reposição de ecossistemas degradados, é aconselhável a propagação da *Luehea divaricata* através da germinação de suas sementes e utilização do substrato Plantmax[®] no crescimento das plântulas, sendo uma forma de propagação economicamente viável, além de conservar a variabilidade genética destas plantas.
- ⇒ Como sugestão para estudos futuros, após o processo de rizogênese das estacas, poder-se-á utilizar o substrato Plantmax[®] para otimizar o crescimento e rustificar as plantas advindas do processo de estaquia.
- ⇒ A *Luehea divaricata* pode ser utilizada como uma espécie alternativa devido à possibilidade de propagar-se por via assexuada pelo processo de estacas, o que mantém o potencial genético selecionado das plantas-mãe, e via sementes, mantendo-se a biodiversidade da espécie.

8. BIBLIOGRAFIA

AGUIAR, I.B.; PINÃ-RODRIGUES, F.C.M.; FIGLIOLIA, M.B. **Sementes Florestais Tropicais**. Brasília : ABRATES, 1993. 350 P.

ANDRADE, A.C.S.; SOUZA, A.F.; RAMOS, F.N.; PEREIRA, T.S.; CRUZ, A.P.M. Germinação de sementes de genipapo: temperatura, substrato e morfologia do desenvolvimento pós-seminal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.3, p.609-615, 2000.

ASSIS, T. F. Melhoramento genético do eucalipto. **Informe Agropecuário**, v. 12, n. 141, p. 36-46, 1986.

ASSIS, T. F. Propagação vegetativa de *Eucalyptus* por microestaquia. In: IUFRO CONFERENCE ON SILVICULTURE AND IMPROVEMENT OF EUCALYPTS, 1997, Salvador. **Proceedings...** Colombo: EMBRAPA/ CNPF, 1997. v. 1, p. 300-304.

ASSIS, T. F.; TEIXEIRA, S.L. Enraizamento de plantas lenhosas. In: TORRES, A.C., CALDAS, L. S., BUSO, J. A. **Cultura de tecidos e transformação genética de plantas**. Brasília : Embrapa-SPI/Embrapa-CNHP, v. 1, 1998. p.261-296.

BACKES, M.A. KÄMPF, A.N., BORDÁS, J.M. Substratos para a produção de plantas em viveiros. In: CONGRESSO FLORESTAL ESTADUAL, 6., 1988, Nova Prata. **Anais...**, Nova Prata, 1988. p.665-676.

BELLÉ, S.; KÄMPF, NA. Estudo comparativo de turfas do município de Viamão para o uso como substratos em viveiros. IN: CONGRESSO FLORESTAL ESTADUAL, 6., 1988, Nova Prata. **Anais...**, Nova Prata, 1988. p.493-511.

BEWLEY, D.D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. New York : Plenum, 1994. 445 p.

BHATTACHARYA, N. C. Enzyme activities during adventitious rooting. In: DAVIES, T. D., HAISSIG, B. E., SANKHLA, N. **Adventitious root formation in cuttings**. Portland: Dioscorides Press, 1987. p.88-101.

BLAZICH, F. A. Chemicals and formulations used to promote adventitious rooting. In: DAVIES, T. D., HAISSIG, B. E., SANKHLA, N. **Adventitious root formation in cuttings**. Portland: Dioscorides Press, 1987. p.132-149.

BORDÁS, J.M.C.; BACKES, M.A.; KÄMPF, A.N. Características físicas e químicas dos substratos comerciais. In: CONGRESSO FLORESTAL ESTADUAL, 6., 1988, Nova Prata. **Anais...**, Nova Prata, 1988. p.427-435.

CALDAS, L.S.; HARIDASAN, P.; FERREIRA, M.E. Meios nutritivos. In: TORRES, A.C.; CALDAS, L.S. **Técnicas e aplicações da cultura de tecidos de plantas**. Brasília: ABCTP/Embrapa-CNPH, 1990, p.37-70.

CARNEIRO, J.G.A. **Produção e controle de qualidade mudas florestais**. Curitiba : Universidade Federal do Paraná, 1995. 451p.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies Florestais Brasileiras** - recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira. Brasília : EMBRAPA – CNPF/SPI, 1994.

CARVALHO, P.E.R. Produção de mudas de espécies florestais nativas por sementes e a implantação de povoamentos. In: GALVÃO, A.P.M. **Reflorestamento de Propriedades Rurais para fins Produtivos e Ambientais**. Brasília : EMBRAPA, 2000. cap.9, p.151-174.

CASAGRANDE JR, J.G. DUTRA, J.G; TONIETTO, L.F.; NACHTIGAL, A.; STRELOW, E. Efeito do estiolamento de ramos e do AIB no enraizamento de estacas herbáceas de jabuticabeira. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.6, n.1, p.24-26, 2000.

CENTELLAS, A.Q. FORTES, G.R.L; MÜLLER, N.T.G; ZANOL, G.C; FLORES, R.; GOTTINARI, R.A. Efeito de auxinas sintéticas no enraizamento *in vitro* da macieira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, n.2, p. 181-186, 1999.

CUNHA, R.L.; SOUZA, C.A.S.; NETO, A.A.; MELO, B.; CORRÊA, J.F. Avaliação de substratos e tamanhos de recipientes na formação de mudas de cafeeiros (*Coffea arabica* L.) em tubetes. **Ciência Agrotécnica**, v.26, n.1, p.7-12, 2002.

DAVIES, P.J.; The plant hormones concept: concentration, sensitivity and transport. In: DAVIES, P.J. **Plant hormones: physiology, biochemistry and molecular biology**. Dordrecht: Kluwer Acad. Publi, 1995. p.13-38.

DE KLERK, G.J.; VAN DER KRIEKEN, W.; DE JONG, J.C. The formation of adventitious roots: new concepts, new possibilities. **In Vitro Cellular Development and Biology-Plant**, v.38, p.189-199, 1999.

DIAS, R.M.S.L.; FRANCO, E.T.H.; DIAS, C.A. Enraizamento de estacas de diferentes diâmetros em *Platanus acerifolia* (Aiton) Willdenow. **Ciência Florestal**, v.9, n.2, p.127-136, 1999.

DUTRA, L.F.; KERSTEN, E. Efeito do substrato e da época de coleta dos ramos no enraizamento de estacas de ameixeira (*Prunus salicina* Lindl.). **Ciência Rural**, v.26, n.3, p.361-366, 1996.

ESAU, K. **Anatomia das plantas com sementes**. São Paulo : Editora Edgard Blücher Ltda, 1974, p.30-32.

FACHINELLO, J.C.; HOFFMANN, A.; NACHTIGAL, J.C., KERSTEN, E.; FORTES, G.R. de L. **Propagação de plantas frutíferas de clima temperado**. Pelotas : UFPel, 1994. 179p.

FAHN, A. **Plant anatomy**. 4.ed. Oxford : Pergamon, 1990. 587p.

FERREIRA, F.A. **Patologia Florestal: principais doenças florestais do Brasil**. Viçosa : Sociedade de Investigações Florestais, 1989. 570p.

FOWLER, J.A.P. Superção de dormência e armazenamento de sementes de espécies florestais. In: GALVÃO, A.P.M. **Reflorestamento de Propriedades Rurais para fins Produtivos e Ambientais**. Brasília : EMBRAPA, 2000. cap.5, p.77-100.

GONÇALVES, J.L.M.; POGGIANI, F. Substratos para a produção de mudas florestais. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13, 1996, Águas de Lindóia. **Anais...** Águas de Lindóia: USP-ESALQ/SBCS/CEA/SLACS/SBM, 1996. CD-ROM.

GRAÇA, M.E.C.; TAVARES, F.R. Propagação vegetativa de espécies florestais. In: GALVÃO, A.P.M. **Reflorestamento de Propriedades Rurais para fins Produtivos e Ambientais**. Brasília : EMBRAPA, 2000. cap.9, p.175-197.

GRAÇA, M.E.C.; TAVARES, F.R. Propagação vegetativa de espécies florestais. In: GALVÃO, A.P.M. **Reflorestamento de Propriedades Rurais para fins Produtivos e Ambientais**. Brasília : EMBRAPA, 2000. cap.9, p.175-197.

GRATTAPAGLIA, D., MACHADO, M. A. Micropropagação. In: TORRES, A. C., CALDAS, L. S. **Técnicas e aplicações da cultura de tecidos de plantas**. Brasília : ABCTP/EMBRAPA-CNPH, 1990. p.99-169.

HAINES, R. J. Mass propagation by cuttings, biotechnologies and the capture of genetic gain. In: SYMPOSIUM IN IUFRO'S CENTENNIAL YEAR – MASS PRODUCTION TECHNOLOGY FOR GENETICALLY IMPROVED FAST GROWING FOREST TREE SPECIES, 1992, Bordeaux. **Proceedings...** Paris: AFOCEL, IUFRO, 1992. p. 128-144.

HARTMANN, H. T., KESTER, D. E., DAVIES JUNIOR, F. T., GENEVE, R. L. **Plant propagation: principles and practices**. 6. ed. New Jersey : Prentice-Hall, 1997. 770 p.

HOFFMANN, A.; PASQUAL, M.; CHALFUN, N.N.J.; FRÁGUAS, C.B. Efeito dos substratos na aclimatização de plantas micropropagadas do porta-enxerto de macieira 'marubakaido'. **Ciência Agrotécnica**, v.25, n.2, p.462-467, 2001.

HU, C.Y.; WANG, P.J. Meristem, shoot tip and bud culture. In: EVANS, D.A.; SHARP, W.R.; AMIRATO, P.V.; YAMADA, Y. **Handbook of plant cell cultures**. New York : Mcmillan, 1983, v.1, p.177-227.

IRITANI, C., SOARES, R. V. Indução do enraizamento de estacas de *Araucaria angustifolia* através da aplicação de reguladores de crescimento. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 4., 1982, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: SBS, 1983. p. 313-317.

IRITANI, C.; SOARES, R.V.; GOMES, A.V. Aspectos morfológicos da aplicação de reguladores de crescimento nas estacas de *Ilex paraguariensis* St. Hilaire. **Acta Biológica Paranaense**, v.15, n.1-4, p.21-26, 1986.

KERSTEN, E. & IBAÑEZ, U.A. Efeito do ácido indolbutírico (AIB) no enraizamento de estacas de ramos de goiabeira (*Psidium guajava* L.), em condição de nebulização e teor de aminoácidos totais. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.15, n.1, p.87-89, 1993.

KRIKORIAN, A.D. Medios de cultivo: generalidades, composición y preparación. In: ROCA, W.M.; MROGINSKY, L.A. **Cultivo fe tejidos en la agricultura: fundamentos y aplicaciones**. Cali: CIAT, 1991. p.41-77.

LEMAIRE, F. Physical, chemical, and biological properties of growing médium. **Acta Horticulturae**, n.396, p.273-284, 1995.

LIMA, A.C.S.; ALMEIDA, F.A.C.; ALMEIDA, F.C.G. Estudos sobre o enraizamento de estacas de acerola (*Malpighia glabra* L.). **Revista Brasileira Fruticultura**, v.14, n.1, p.7-13, 1992.

LLOYD, G. & McCOWN, B. Commercially feasible micropropagation of montain laurel, *Kalmia latifolia*, by use of shoot tip culture. International Plant Propagation Society. **Proceedings...** Washington, v.30, p.421-427, 1980.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 2. ed. São Paulo : Editora Plantarum, v.1, 1998, p.388.

MALAVASI, U. C. Macropropagação vegetativa de coníferas - perspectivas biológicas e operacionais. **Floresta e Ambiente**, v. 1, n. 1, p. 131-35, 1994.

MALAVOLTA, E.; ROMERO, J.P. Manual de adubação. 2. ed. São Paulo : Anda, 1975, 346 p.

MELO, B. **Estudos sobre produção de mudas de cafeeiros (Coffea arábica) em tubetes**. 1999. 119f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1999.

NEGRELLE, R.R.B.; DONI, M.E. Efeito da maturidade dos ramos na formação de mudas de guaco por maio da estaquia. **Horticultura Brasileira**, v.19, n.3, p.351-355, 2001.

NETO, S.P.M.; GONÇALVES, J.L.M.; TAKAKI, M. Produção de mudas de seis espécies arbóreas, que ocorrem nos domínios da Floresta Atlântica, com diferentes

substratos de cultivo e níveis de luminosidade. **Revista Árvore**, v.25, n.3, p.277-287, 2001.

ONO, E.O.; RODRIGUES, S.D.; PINHO, S.Z.; RODRIGUES, S.D. Enraizamento de estacas de café cv. 'Mundo Novo' submetidas à tratamentos auxínicos e com Boro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.28, n.7, p.773-777, 1993.

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

PAOLI, A.A.S. Morfologia e desenvolvimento d sementes e plântulas de *Luehea divaricata* Mart. et Zucc. (Tiliaceae). **Revista Brasileira de Sementes**, v.17, n.1, p.120-128, 1995.

PASQUAL,M.; LOPES, P.A. Efeitos da concentração e tempo de incubação em ácido indolbutirico sobre o enraizamento e posterior desenvolvimento de brotos de *Pyrus calleryana* L. obtidos *in vitro*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.26, n.7, p.975-980, 1991.

PEDROSO, O., MATTOS, T. R. **Estudo sobre madeiras do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre : Companhia Rio-grandense de artes gráficas, 1987. 185 p.

PERES, L.E.P.; KERBAUY, G.B. Controle hormonal do desenvolvimento das raízes. **Universa**, v.8. p.181-195, 2000.

REITZ, R., KLEIN, R. M., REIS, A. **Projeto Madeira do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre : Secretaria da Agricultura e Abastecimento, 1983. 524 p.

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

RODRIGUES, V.A. **Propagação vegetativa de aroeira *Schinus terebinthifolius* Raddi, canela-sassafrás *Ocotea pretiosa* Benth & Hook e cedro *Cedrella fissilis* Vellozo através de estacas radiciais e caulinares**. 1990. 76f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1990.

ROSA, L.S. Influência de diferentes concentrações de ácido indol-3-butírico e do tamanho da estaca na formação de raízes adventícias em *Carapa guianensis* Aubl. In: CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO, 1., 1993, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Sociedade Brasileira de Silvicultura – Sociedade Brasileira de Engenharia Florestal, 1993. p.432-434.

RÚBIA, A.C. Enraizamento de estacas de plantas pelos hormônios vegetais. **Revista Agric.** V.40, p.143-149, 1987.

SALVADOR, E.D.; MINAMI, K. Avaliação de diferentes substratos no cultivo de grama-esmeralda (*Zoysia japonica* Steud.) em bandejas. **Ciência Agrotécnica**, v.26, n.2, p.232-236, 2002.

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

SAMÔR, O.J.M.; CARNEIRO, J.G.A.; BARROSO, D.G.; LELES, P.S.S. Qualidade de mudas de angico e sesbânia, produzidas em diferentes recipientes e substratos. **Revista Árvore**, v.26, n.2, p.209-215, 2002.

SCALON, S.P.U; MUSSURY R.M.; RIGONI, M.R.; VERALDO, F. Crescimento inicial de mudas de espécies florestais nativas sob diferentes níveis de sombreamento. **Revista Árvore**, v.26, n.1, p.1-5, 2002.

SENA, C.M., GARIGLIO, M.A. **Sementes florestais: colheita, beneficiamento e armazenamento**. Natal : [s.n.], 1998. 27p.

STURION, J.A.; ANTUNES, J.B.M. Produção de mudas de espécies florestais. In: GALVÃO, A.P.M. **Reflorestamento de Propriedades Rurais para fins Produtivos e Ambientais**. Brasília : EMBRAPA, 2000. cap.7, p.125-150.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3. ed. São Paulo : Artmed, 2004. 719p.

TAVARES, F.R.; GRAÇA, M.E.C. Materiais e procedimentos para a produção de mudas por estaquia. In: GALVÃO, A.P.M. **Reflorestamento de Propriedades Rurais para fins Produtivos e Ambientais**. Brasília : EMBRAPA, 2000. cap.10, p.199-208.

TITON, M. XAVIER, A.; OTONI, W.C.; REIS, G.G. Efeito do AIB no enraizamento de miniestacas e microestacas de clones de *Eucalyptus grandis* H. Hill ex Maiden. **Revista Árvore**, v.27, n.1, p.1-7, 2003.

TOFANELLI, M.B.D.; CHALFUN, N.N.J; HOFFMANN, A.; CHALFUN, A. Efeito do ácido indolbutírico no enraizamento de estacas de ramos semilenhosos de pessegueiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, n.7, p. 939-944, 2002.

WANG, Q.; ANDERSEN, A.S. Propagation of *Hibiscus rosa-sinensis*: relations between stick plant cultivar, age, environment and growth regulation treatments. **Acta Horticulturae**, v.245, p.289-309, 1989.

WAREING, P.F.; PHILLIPS, I.D.J. **Growth and differentiation in plants**. 3. ed. Oxford : Pergamon Press, 1981. 343p.

WEAVER, R.J. **Reguladores del crecimiento de las plantas en la agricultura**. 2. ed. Barcelona : Trillas, 1982. 540p.

WENDLING, I., XAVIER, A.; GOMES, J.M.; PIRES, I.E.; ANDRADE, H.B. Efeito do regulador do crescimento AIB na propagação de clones de *Eucalyptus* spp. por miniestaquia. **Revista Árvore**, v.24, n.2, p.187-192, 2000.

XAVIER, A. **Silvicultura Clonal I – Princípios e Técnicas de Propagação Vegetativa**. Viçosa : UFV, 92, 2002. 64p. (Caderno Didático).

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

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

ZONTA, E.P.; MACHADO, A.A. **SANEST: sistema de análise de estatística para computador**. Registrado na Secretaria Especial de Informática (SEI), sob nº 066-060 – categoria A, Pelotas, 1984.

ANEXOS

(Capítulo 2)

ANEXO 1 – Tabela da análise da variância para massa seca das raízes, diâmetro do colo, massa fresca da parte aérea, massa seca parte aérea, altura da parte aérea e total de folhas de *Luehea divaricata* (açoita-cavalo). No corpo da tabela encontram-se os quadrados médios (QM), os graus de liberdade (GL), as médias e o coeficiente de variação em percentagem (cv).

Fonte de Variação	GL	Quadrados médios					
		Massa seca raízes	Diâmetro do colo	Massa fresca aérea	Massa seca aérea	Altura parte aérea	Total de folhas
Substrato	3	0,816247	20,817985	19,869096	2,761885	893,955695	0,420351
Avaliação	2	0,728652	23,401558	4,481601	0,811101	109,620181	1,498603
Interação	6	0,196457*	1,437569*	1,180124*	0,347827*	11,777454*	0,099530*
Resíduo	36	0,007205	0,144930	0,057293	0,014061	1,970628	0,012031
Média geral		0,26	2,85	1,25	0,42	13,67	2,90
cv		31,98	13,35	19,18	28,16	10,27	3,78

* = significativo a 1% de probabilidade