

GIOVANA BOMFIM DE ALCANTARA

MINIESTAQUIA DE *Pinus taeda* L.

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Botânica, Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Botânica.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Luciana Lopes Fortes Ribas
Co-orientadores: Prof. Dr. Antonio Rioyei Higa
Prof.^a Dr.^a Katia Christina Zuffellato-Ribas
Prof. Dr. Henrique S. Koehler

CURITIBA

2005

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

A meus pais, Cleri e Roldão, pelo grande amor,
carinho e compreensão que sempre
dedicaram a mim e ao incentivo da minha
felicidade.

Ao Ricardo pelo amor, paciência, compreensão, ajuda
nos momentos difíceis e principalmente por me ensinar
a seguir em frente, fazendo de cada momento o mais
importante da nossa vida.

AGRADECIMENTOS

À professora Dr.^a Luciana Lopes Fortes Ribas, pela orientação, oportunidade, sugestões e amizade.

Ao professor Dr. Antonio Rioyei Higa, pela co-orientação e por me fazer acreditar que eu posso ir cada vez mais longe e principalmente por ter me ensinado a “andar com as minhas próprias pernas”.

À professora Dr.^a Katia Christina Zuffellato-Ribas, minha co-orientadora e amiga, pelos importantes conselhos de vida e pelo exemplo de alegria e felicidade.

Ao professor Dr. Henrique Soares Koehler, pela co-orientação e ensinamentos específicos em estatística.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo suporte financeiro.

À empresa Comfloresta, pelo auxílio financeiro e fornecimento de material que permitiram a execução do trabalho.

À Embrapa Florestas (Colombo-PR), por ter cedido a terra utilizada no plantio das mudas.

Ao Funcionário Seu Altair pela ajuda e dedicação na instalação e manutenção das plantas no Departamento de Ciências Florestais.

À Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Botânica, em especial a professora Thelma Veiga Ludwig, pelos auxílios prestados.

Ao Secretário da Pós-graduação em Botânica, José Carlos, que sempre nos atendeu com muita carinho e disposição.

Ao professor Antonio Carlos Nogueira, do Departamento de Ciências Florestais (UFPR) pela utilização da câmara fria, para a realização da superação da dormência das sementes.

A bibliotecária do Setor de Ciências Biológicas, Mariza Kampfert, pela correção das referências bibliográficas

À minha irmã, Gislaine, pela amizade e companheirismo e por ser uma pessoa tão especial para mim.

Às minhas colegas de mestrado que se tornaram acima de tudo grandes amigas, Silvana, Mariza e Cristine pelas trocas de idéia, pelas conversas (e foram muitas...) e por todos os momentos que estivemos juntas, contando umas com as outras.

A todos do Laboratório de Melhoria Florestal pela amizade e ambiente de trabalho, em especial a Kelly Cancela e Fernanda Silveira pelas valiosas discussões sobre estaquia.

Às minhas amiguinhas de estaquia, Juliany, Áurea e Michele pelas trocas de idéias, auxílios e saídas e principalmente por tornarem o ambiente de trabalho um lugar tão especial.

Aos amigos de mestrado Renata, Gisele, Cintia, Cristiane, Luiz, Andréia, Juliano, Daniel, Ana, Igor pelo companheirismo, conversas descontraídas e risadas. Sempre lembrarei de vocês.

Aos demais colegas do mestrado pelo convívio.

A todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram nesta etapa da minha vida.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	vii
LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE ANEXOS	xi
RESUMO	xiv
ABSTRACT	xv
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1 <i>Pinus taeda</i> L.....	3
2.2 PROPAGAÇÃO VEGETATIVA – ESTAQUIA E MINIESTAQUIA.....	4
2.3 FATORES QUE AFETAM O ENRAIZAMENTO.....	7
2.3.1 Idade da planta matriz.....	7
2.3.2 Auxinas.....	9
2.3.3 Estação do ano de coleta das estacas.....	11
2.3.4 Outros fatores.....	13
3 MATERIAL E MÉTODOS	15
3.1 OBTENÇÃO E PREPARO DAS MINIESTACAS.....	15
3.2 TRATAMENTO DAS MINIESTACAS.....	16
3.3 PLANTIO.....	17
3.4 CONDIÇÕES DA CASA-DE-VEGETAÇÃO.....	17
3.5 VARIÁVEIS AVALIADAS.....	18
3.6 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	18
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
4.1 EFEITO DO IBA E DO TIPO DE MINIJARDIM CLONAL (CASA-DE-VEGETAÇÃO E CAMPO) NO ENRAIZAMENTO DE MINIESTACAS DE <i>P. taeda</i>	20
4.1.1 Experimento instalado no inverno de 2003.....	20
4.1.2 Experimento instalado na primavera de 2003.....	27
4.1.3 Experimento instalado no verão de 2004.....	34
4.1.4 Experimento instalado no outono de 2004.....	37

4.2 EFEITO DA IDADE DAS MUDAS NO ENRAIZAMENTO DE MINIESTACAS DE <i>P.taeda</i>	40
4.2.1 Experimento instalado no inverno de 2003.....	40
4.2.2 Experimento instalado na primavera de 2003.....	44
4.2.3 Experimento instalado no verão de 2004.....	48
4.2.4 Experimento instalado no outono de 2004.....	51
4.3 COMPARAÇÃO ENTRE AS QUATRO ESTAÇÕES DO ANO.....	55
5 CONCLUSÕES	57
REFERÊNCIAS	58
ANEXOS	64

LISTA DE TABELAS

TABELA 01 -	Resultados da comparação das médias para porcentagens de miniestacas de <i>P. taeda</i> enraizadas, comprimento das três maiores raízes, número e massa seca de raízes formadas por miniestaca, provenientes da interação do local de coleta das miniestacas (casa-de-vegetação e campo) e das concentrações de IBA (0, 250, 500 e 1000 mgL ⁻¹), coletadas no inverno de 2003.....	21
TABELA 02 -	Resultados da comparação das médias para porcentagens de miniestacas de <i>P. taeda</i> com calos, vivas e mortas provenientes da interação do local de coleta das miniestacas (casa-de-vegetação e campo) e das concentrações de IBA (0, 250, 500 e 1000 mgL ⁻¹), coletadas no inverno de 2003.....	22
TABELA 03 -	Resultados da comparação das médias para porcentagens de miniestacas de <i>P. taeda</i> enraizadas, comprimento das três maiores raízes, número e massa seca de raízes formadas por miniestaca, provenientes da interação do local de coleta das miniestacas (casa-de-vegetação e campo) e das concentrações de IBA (0, 250, 500 e 1000 mgL ⁻¹), coletadas na primavera de 2003.....	28
TABELA 04 -	Resultados da comparação das médias para porcentagens de miniestacas de <i>P. taeda</i> com calos, vivas e mortas, provenientes da interação do local de coleta das miniestacas (casa-de-vegetação e campo) e das concentrações de IBA (0, 250, 500 e 1000 mgL ⁻¹), coletadas na primavera de 2003.....	31
TABELA 05 -	Resultados da comparação das médias para porcentagens de miniestacas de <i>P. taeda</i> enraizadas, comprimento das três maiores raízes, número e massa seca de raízes formadas por miniestaca, tratadas com IBA (0, 250, 500 e 1000 mgL ⁻¹), coletadas na primavera de 2003.....	33
TABELA 06 -	Resultados da comparação das médias para porcentagens de miniestacas de <i>P. taeda</i> com calos, vivas e mortas, tratadas com IBA (0, 250, 500 e 1000 mgL ⁻¹), coletadas na primavera de 2003.....	33
TABELA 07 -	Resultados da comparação das médias para porcentagens de miniestacas de <i>P. taeda</i> enraizadas, comprimento das três maiores raízes, número e massa seca de raízes formadas por miniestaca, para local de coleta das miniestacas (casa-de-vegetação e campo), coletadas na primavera de 2003.....	34

TABELA 08 - Resultados da comparação das médias para porcentagens de miniestacas de <i>P. taeda</i> com calos, vivas e mortas, para local de coleta das miniestacas (casa-de-vegetação e campo), coletadas na primavera de 2003.....	34
TABELA 09 - Resultados da comparação das médias para porcentagens de miniestacas de <i>P. taeda</i> enraizadas, comprimento das três maiores raízes, número e massa seca de raízes formadas por miniestaca, coletadas do campo e tratadas com IBA (0, 250, 500 e 1000 mg L ⁻¹), coletadas no verão de 2004.....	35
TABELA 10 - Resultados da comparação das médias para porcentagens de miniestacas de <i>P. taeda</i> com calos, vivas e mortas, provenientes da interação do local de coleta das miniestacas (casa-de-vegetação e campo) e das concentrações de IBA (0, 250, 500 e 1000 mg L ⁻¹), coletadas no verão de 2004.....	35
TABELA 11 - Resultados da comparação das médias para porcentagens de miniestacas de <i>P. taeda</i> enraizadas, comprimento das três maiores raízes, número e massa seca de raízes formadas por miniestaca, submetidas a diferentes concentrações de IBA (0, 250, 500 e 1000 mg L ⁻¹), coletadas no verão de 2004.....	36
TABELA 12 - Resultados da comparação das médias para porcentagens de miniestacas de <i>P. taeda</i> com calos, vivas e mortas, tratadas com IBA (0, 250, 500 e 1000 mg L ⁻¹), coletadas no verão de 2004.....	36
TABELA 13 - Resultados da comparação das médias para porcentagens de miniestacas de <i>P. taeda</i> com calos, vivas e mortas, tratadas com IBA (0, 250, 500 e 1000 mg L ⁻¹), coletadas no outono de 2004.....	38
TABELA 14 - Resultados da comparação das médias para porcentagens de miniestacas de <i>P. taeda</i> com calos, vivas e mortas, provenientes do local de coleta das miniestacas (casa-de-vegetação e campo), coletadas no outono de 2004.....	39
TABELA 15 - Resultados da comparação das médias para porcentagens de miniestacas de <i>P. taeda</i> enraizadas, comprimento das três maiores raízes, número e massa seca de raízes formadas por miniestaca, de diferentes idades, coletadas no inverno de 2003.....	41
TABELA 16 - Resultados da comparação das médias para porcentagens de miniestacas de <i>P. taeda</i> com calos, vivas e mortas, de diferentes idades, coletadas no inverno de 2003.....	41

TABELA 17 - Resultados da comparação das médias para porcentagens de miniestacas de <i>P. taeda</i> enraizadas, comprimento das três maiores raízes, número e massa seca de raízes formadas por miniestaca, de diferentes idades, coletadas na primavera de 2003.....	45
TABELA 18 - Resultados da comparação das médias para porcentagens de miniestacas de <i>P. taeda</i> com calos, vivas e mortas de diferentes idades, coletadas na primavera de 2003.....	45
TABELA 19 - Resultados da comparação das médias para porcentagens de miniestacas de <i>P. taeda</i> enraizadas, comprimento das três maiores raízes, número e massa seca de raízes formadas por miniestaca, de diferentes idades, coletadas no verão de 2004.....	49
TABELA 20 - Resultados da comparação das médias para porcentagens de miniestacas de <i>P. taeda</i> com calos, vivas e mortas, de diferentes idades, coletadas no verão de 2004.....	49
TABELA 21 - Resultados da comparação das médias para porcentagens de miniestacas de <i>P. taeda</i> enraizadas, comprimento das três maiores raízes, número e massa seca de raízes formadas por miniestaca, de diferentes idades, coletadas no outono de 2004.....	53
TABELA 22 - Resultados da comparação das médias para porcentagens de miniestacas de <i>P. taeda</i> com calos, vivas e mortas, de diferentes idades, coletadas no outono de 2004.....	53

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 01 -	Resultados das médias para porcentagens de miniestacas de <i>P. taeda</i> enraizadas e comprimento das três maiores raízes formadas por miniestaca, provenientes da casa-de-vegetação e do campo, tratadas com IBA (0, 250, 500 e 1000 mgL ⁻¹), coletadas no inverno de 2003.....	23
FIGURA 02 -	Resultados das médias para número e massa seca de raízes formadas por miniestaca de <i>P. taeda</i> , provenientes da casa-de-vegetação e do campo, tratadas com IBA (0, 250, 500 e 1000 mgL ⁻¹), coletadas no inverno de 2003	24
FIGURA 03 -	Resultados das médias para porcentagens de miniestacas de <i>P. taeda</i> enraizadas e comprimento das três maiores raízes formadas por miniestaca, provenientes da casa-de-vegetação e do campo, tratadas com IBA (0, 250, 500 e 1000 mgL ⁻¹), coletadas na primavera de 2003.....	29
FIGURA 04 -	Resultados das médias para o número e massa seca de raízes formadas por miniestaca de <i>P. taeda</i> , provenientes da casa-de-vegetação e do campo, tratadas com IBA (0, 250, 500 e 1000 mgL ⁻¹), coletadas a primavera de 2003.....	30
FIGURA 05 -	Resultados das médias para porcentagens de miniestacas de <i>P. taeda</i> enraizadas, comprimento das três maiores raízes, número e massa seca de raízes formadas por miniestaca, de diferentes idades, coletadas no inverno de 2003.....	42
FIGURA 06 -	Resultados da comparação das médias para porcentagens de miniestacas de <i>P. taeda</i> enraizadas, comprimento das três maiores raízes, número e massa seca de raízes formadas por miniestaca, de diferentes idades, coletadas na primavera de 2003.....	46
FIGURA 07 -	Resultados da comparação das médias para porcentagens de miniestacas de <i>P. taeda</i> enraizadas, comprimento das três maiores raízes, número e massa seca de raízes formadas por miniestaca, de diferentes idades, coletadas no verão de 2004.....	50
FIGURA 08 -	Resultados da comparação das médias para porcentagens de miniestacas de <i>P. taeda</i> enraizadas, comprimento médio das três maiores raízes, número e massa seca de raízes formadas por miniestaca, de diferentes idades, coletadas no outono de 2004.....	54

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 01 - Miniestaquia de <i>P. taeda</i> , realizada na primavera de 2003: A- Minijardim clonal de casa-de-vegetação; B- Minijardim clonal de campo; C- Detalhe da minicepa em vaso do minijardim clonal de casa-de-vegetação; D- Detalhe da minicepa do minijardim clonal de campo; E- Miniestaca de 60 dias; F- Miniestaca de 90 dias; G- Miniestaca de 120 dias; H- Miniestaca de 150 dias.....	65
ANEXO 02 - A- Casa-de-vegetação do Setor de Ciências Biológicas da UFPR (CTINFRA-FINEP); B- Miniestacas de <i>P. taeda</i> , mantidas em casa-de-vegetação; C- Miniestaca de <i>P. taeda</i> , em tubete de polipropileno; D- Aspecto do sistema radicial de miniestaca de <i>P. taeda</i> de 2,3 anos de idade; E- Aspecto do sistema radicial de miniestaca de <i>P. taeda</i> de 60 dias; F- Detalhe da formação de calo em miniestaca de <i>P. taeda</i> ; G- Detalhe de miniestaca de <i>P. taeda</i> viva; H- Detalhe de miniestaca de <i>P. taeda</i> morta.....	66
ANEXO 03 - Umidade média e temperaturas médias da mínima, média e da máxima mensal da casa-de-vegetação do Departamento de Ciências Biológicas da UFPR, de agosto de 2003 a julho de 2004.....	67
ANEXO 04 - Umidade média e temperaturas médias da mínima, média e da máxima mensal da casa-de-vegetação do Departamento de Ciências Florestais da UFPR, de agosto de 2003 a julho de 2004.....	68
ANEXO 05 - Umidade média e temperaturas médias da mínima, média e da máxima mensal do campo do Departamento de Ciências Florestais da UFPR, de agosto de 2003 a julho de 2004.....	68
ANEXO 06 - Resultado das porcentagens de miniestacas de <i>P. taeda</i> enraizadas, provenientes da casa-de-vegetação e tratadas com 0, 250, 500 e 1000 mgL ⁻¹ de IBA, coletadas nas quatro estações do ano.....	69
ANEXO 07 - Resultado das porcentagens de miniestacas de <i>P. taeda</i> enraizadas, provenientes do campo e tratadas com 0, 250, 500 e 1000 mgL ⁻¹ de IBA, coletadas nas quatro estações do ano.....	69
ANEXO 08 - Resultado das porcentagens de miniestacas de <i>P. taeda</i> enraizadas, de diferentes idades, coletadas nas quatro estações do ano.....	69
ANEXO 09 - Resultados da análise de variância para o número de miniestacas de <i>P. taeda</i> enraizadas, comprimento das três maiores raízes, número e massa seca de raízes formadas por miniestaca para diferentes concentrações de IBA (0, 250, 500 e 1000 mgL ⁻¹) e para miniestacas provenientes da casa-de-vegetação e do campo, coletadas no inverno de 2003.....	70

ANEXO 10 - Resultados da análise de variância para o número de miniestacas de <i>P. taeda</i> com calos, vivas e mortas para diferentes concentrações de IBA (0, 250, 500 e 1000 mgL ⁻¹) e para miniestacas provenientes da casa-de-vegetação e do campo, coletadas no inverno de 2003.....	70
ANEXO 11 - Resultados da análise de variância para o número de miniestacas de <i>P. taeda</i> enraizadas, comprimento das três maiores raízes, número e massa seca de raízes formadas por miniestaca para diferentes concentrações de IBA (0, 250, 500 e 1000 mgL ⁻¹) e para miniestacas provenientes da casa-de-vegetação e do campo, coletadas na primavera de 2003.....	71
ANEXO 12 - Resultados da análise de variância para o número de miniestacas de <i>P. taeda</i> com calos, vivas e mortas para diferentes concentrações de IBA (0, 250, 500 e 1000 mgL ⁻¹) e para miniestacas provenientes da casa-de-vegetação e do campo, coletadas na primavera de 2003.....	71
ANEXO 13 - Resultados da análise de variância para o número de miniestacas de <i>P. taeda</i> enraizadas, comprimento das três maiores raízes, número e massa seca de raízes formadas por miniestaca para diferentes concentrações de IBA (0, 250, 500 e 1000 mgL ⁻¹) e para miniestacas provenientes da casa-de-vegetação e do campo, coletadas no verão de 2004.....	72
ANEXO 14 - Resultados da análise de variância para o número de miniestacas de <i>P. taeda</i> com calos, vivas e mortas, para diferentes concentrações de IBA (0, 250, 500 e 1000 mgL ⁻¹) e para miniestacas provenientes da casa-de-vegetação e do campo, coletadas no verão de 2004.....	72
ANEXO 15 - Resultados da análise de variância para o número de miniestacas de <i>P. taeda</i> com calos, vivas e mortas, para diferentes concentrações de IBA (0, 250, 500 e 1000 mgL ⁻¹) e para miniestacas provenientes da casa-de-vegetação e do campo, coletadas no outono de 2004.....	73
ANEXO 16 - Resultados da análise de variância para o número de miniestacas de <i>P. taeda</i> enraizadas, comprimento das três maiores raízes, número e massa seca de raízes formadas por miniestaca de diferentes idades, coletadas no inverno de 2003.....	74
ANEXO 17 - Resultados da análise de variância para o número de miniestacas de <i>P. taeda</i> com calos, vivas e mortas de diferentes idades, coletadas no inverno de 2003.....	74
ANEXO 18 - Resultados da análise de variância para o número de miniestacas de <i>P. taeda</i> enraizadas, comprimento das três maiores raízes, número e massa seca de raízes formadas por miniestaca de diferentes idades, coletadas na primavera de 2003.....	75

ANEXO 19 -	Resultados da análise de variância para o número de miniestacas de <i>P. taeda</i> com calos, vivas e mortas de diferentes idades, coletadas na primavera de 2003.....	75
ANEXO 20 -	Resultados da análise de variância para o número de miniestacas de <i>P. taeda</i> enraizadas, comprimento das três maiores raízes, número e massa seca de raízes formadas por miniestaca de diferentes idades, coletadas no verão de 2004.....	76
ANEXO 21 -	Resultados da análise de variância para o número de miniestacas de <i>P. taeda</i> com calos, vivas e mortas de diferentes idades, coletadas no verão de 2004.....	76
ANEXO 22 -	Resultados da análise de variância para o número de miniestacas de <i>P. taeda</i> enraizadas, comprimento das três maiores raízes, número e massa seca de raízes formadas por miniestaca de diferentes idades, coletadas no outono de 2004.....	77
ANEXO 23 -	Resultados da análise de variância para o número de miniestacas de <i>P. taeda</i> com calos, vivas e mortas de diferentes idades, coletadas no outono de 2004.....	77

RESUMO

Pinus taeda L. é a principal espécie florestal plantada no Sul do Brasil e sua madeira é usada para serrarias, laminadoras, indústrias de aglomerado, MDF, celulose e papel. Devido sua grande importância econômica, existe interesse no desenvolvimento de programas de melhoramento genético com esta espécie. Técnicas de propagação vegetativa são instrumentos importantes na obtenção de genótipos selecionados. Entretanto, árvores adultas de *P. taeda* apresentam dificuldade de enraizamento por meio de estaquia sendo testada, portanto, a miniestaquia. O objetivo do presente trabalho foi avaliar os efeitos de diferentes concentrações (0, 250, 500 e 1000 mgL⁻¹) de ácido indol butírico (IBA), dos tipos de minijardim clonal (casa-de-vegetação e campo), da idade das mudas (60, 90, 120 e 150 dias) e das quatro estações do ano no enraizamento de miniestacas de *P. taeda*. Ramos herbáceos foram coletados e a partir destes miniestacas de 5 cm foram confeccionadas e tratadas com imersão em solução de Captan® a 0,1%. O plantio das miniestacas foi realizado em tubetes com substrato Mecplant® na camada inferior e 1 cm de vermiculita na porção superior. As miniestacas foram mantidas em casa-de-vegetação durante 120 dias com temperatura de 15-25°C e 90% de umidade relativa do ar. Foram avaliadas as porcentagens de miniestacas enraizadas, comprimento das três maiores raízes por miniestaca, número de raízes por miniestaca, massa seca de raízes formadas por miniestaca, porcentagem de miniestacas com calos, vivas e mortas. Com base nos resultados obtidos foi possível concluir que a aplicação do IBA apresentou pouca influência no enraizamento. O tipo de minijardim clonal demonstrou heterogeneidade de respostas quanto ao enraizamento nas quatro épocas do ano avaliadas, de acordo com a concentração de IBA testada. Miniestacas coletadas da casa-de-vegetação, no inverno e na primavera, que não foram tratadas com auxina ou que foram tratadas com 250 mgL⁻¹ IBA apresentaram maior enraizamento. Para miniestacas coletadas do campo no inverno, o tratamento com 500 e 1000 mgL⁻¹ IBA foram os mais promissores na indução do enraizamento. A idade das mudas apresentou influência na porcentagem de enraizamento e as maiores porcentagens (85%) foram obtidas com a utilização de mudas mais novas (60 dias), quando estas foram coletadas no inverno. O inverno foi à época mais favorável para coleta das miniestacas de mudas juvenis, seguida do verão, primavera e outono. O inverno e a primavera foram às épocas mais propícias para a coleta das miniestacas provenientes de plantas matrizes de dois a 2,9 anos de idade.

Palavras-chave: propagação vegetativa, ácido indol butírico (IBA), minijardim clonal, idade das mudas, estação do ano.

ABSTRACT

Pinus taeda L. is the main forest tree species planted in the Southern Brazil and its wood is used for sawlogs, venner, particle board, MDF, pulp and paper industries. Due to its high economical importance there are several breeding programmes being developed with this species. Techniques of vegetative propagation play one important role in the obtaining of selected genotypes. However, adult trees the *P. taeda* presents rooting difficulties through cuttings, being was tested like this as alternative the minicutting. The purpose of the present work was to evaluate the effect of the different concentrations (0, 250, 500 and 1000 mgL⁻¹) of indolebutyric acid (IBA), of the types of clonal minigarden (greenhouse and field), of the age of the seedlings (60, 90, 120 and 150 days) and of the four-year seasons in the rooting of minicuttings of *P. taeda*. Herbaceous branches were collected and minicuttings of 5 cm were treated with immersion in solution of Captan[®] to 0.1%. The planting of the minicuttings was accomplished in tubetes with substratum Mecplant[®] in the inferior layer and 1 cm of vermiculite in the superior portion. The minicuttings were maintained in greenhouse for 120 days with temperature of 15-25°C and 90% of relative humidity of the air. The variables evaluated were rooted stem minicutting percentage, length of the three bigger roots, number of roots, mass dries per stem minicutting, callus stem minicutting percentage, alive stem minicutting and dead stem minicutting percentage. Through this work it was possible to conclude that application of IBA presented little influence in rooting of minicuttings of *P. taeda*. The type of clonal minigarden presented heterogeneity of answers, as for the rooting in of the four-year seasons, in agreement with the concentration of tested IBA. Minicuttings collected of the greenhouse, in the winter and in the spring, that weren't treated with auxin or that this were treated with 250 mgL⁻¹ IBA were the most effective treatments in the rooting. For collected minicuttings of the field in the winter the treatment with 500 and 1000 mgL⁻¹ IBA was the most promising in the induction of the rooting. The age of the seedlings presented influence in the rooting percentage, and the largest percentages (85%) were obtained with the use of newer seedlings (60 days), when these were collected in the winter. The winter went to the most favorable time to collection of the minicuttings of juvenile seedlings, following by the summer, spring and autumn. The winter and the spring went the best season for minicuttings collect from the 2-2.9 years old stock plants.

Key-words: vegetative propagation, indolebutyric acid (IBA), clonal minigarden, age of the seedlings, season.

1 INTRODUÇÃO

A indústria de serrados foi o principal segmento consumidor de toras de *Pinus* em 2001 no Brasil, representando 48% do consumo total, o que significa 20 milhões de m³ de toras. O segmento de papel e celulose foi o segundo consumidor de toras de *Pinus*, com 29%, ou seja, 12 milhões de m³ consumidos no ano de 2001. O forte desenvolvimento da indústria de produtos madeireiros superou as expectativas de crescimento durante a década de 1990, provocando em 2002, um déficit no suprimento de toras de *Pinus*, de nove milhões de m³. A tendência é que o déficit no suprimento de toras de madeira de *Pinus* aumente rapidamente nos próximos anos, estimando-se para 2020, um déficit de pouco mais de 27 milhões de m³ (TOMASELLI, 2002).

P. taeda é a principal espécie florestal plantada no Sul do Brasil. A área total de plantio com a espécie supera um milhão de ha e a sua madeira é usada em serrarias, laminadoras, indústrias de aglomerado, MDF, celulose e papel (SCHULTZ, 1997). Em função da sua importância econômica e do déficit na demanda de toras de *Pinus* no Brasil, existe muito interesse no desenvolvimento de programas de melhoramento genético com esta espécie, sendo a propagação vegetativa de espécies florestais um instrumento importante para o melhoramento da qualidade genética e para o aumento da produção uniforme para futuras plantações (HORGAN; SKUDDER; HOLDEN, 1997).

O desenvolvimento de técnicas que possibilitem a propagação vegetativa em escala massal de *P. taeda* representa, atualmente, uma prioridade de pesquisa do setor florestal da Região Sul do Brasil. A principal vantagem do uso destas técnicas em relação à propagação sexuada via pomares de sementes é um aumento adicional no ganho genético, pois elas utilizam todos os efeitos genéticos aditivos e não aditivos (AMERSON et al., 1985), uma maior produtividade em menor espaço de tempo e uma maior uniformidade das plantações (FRAMPTON; HODGES, 1989).

A estaquia é uma das principais técnicas de propagação vegetativa, de material selecionado geneticamente, que visa atender aos objetivos da silvicultura clonal, dada a sua aplicabilidade operacional e o custo competitivo em relação às demais técnicas de propagação assexuada (XAVIER, 2002). Entretanto, um dos obstáculos à otimização da estaquia é o baixo índice de enraizamento e a baixa qualidade do sistema radicial de alguns clones. Visando contornar estas barreiras têm-se utilizado miniestacas na clonagem de genótipos de difícil enraizamento de *Eucalyptus* spp. (ALFENAS et al., 2004). Sendo assim,

esta técnica de miniestaquia pode ser potencialmente empregada para outras espécies lenhosas de interesse florestal, como o *P. taeda*, pois além dos incrementos em enraizamento, as miniestacas desenvolvem um sistema radicial de melhor qualidade em termos de vigor, uniformidade e volume, o que reflete positivamente na sobrevivência e no desempenho do clone no campo.

O desenvolvimento de um sistema de propagação vegetativa para *P. taeda* depende do entendimento e da interação de fatores como o genótipo, idade e manejo da planta matriz, manejo das estacas e controle das condições ambientais durante o processo de enraizamento (HARTMANN et al., 2002).

As auxinas são uma classe de fitorreguladores envolvidos em muitos aspectos do crescimento e desenvolvimento de plantas, sendo o ácido indol acético (IAA) o primeiro hormônio utilizado para estimular o enraizamento de estacas e o ácido indol butírico (IBA) uma das principais auxinas utilizadas no enraizamento adventício (SALISBURY; ROSS, 1992). O manejo das plantas matrizes também exerce influência na formação de raízes. Assim, com o advento da miniestaquia por Teotônio Francisco de Assis (ASSIS, 1997) torna-se importante avaliar o efeito das condições dos jardins clonais na formação das minicepas e posterior enraizamento adventício. Além dos fatores mencionados, a idade pode influenciar a formação de raízes, pois estacas provenientes de plantas adultas apresentam um enraizamento limitado, quando comparadas com material juvenil (GREENWOOD et al., 1991). A época do ano também é um fator importante na formação de raízes adventícias, uma vez que as condições fisiológicas da planta matriz são influenciadas pelas condições sazonais. Desta forma para cada espécie e condição ambiental específica, deve-se determinar qual a melhor época do ano para a coleta das estacas (PAIVA; GOMES, 1995).

O objetivo do presente trabalho foi o desenvolvimento de um protocolo de clonagem de genótipos selecionados de *P. taeda* por meio de miniestaquia. Para isto foram testados os efeitos da aplicação de quatro concentrações de IBA, do tipo de minijardim clonal (casa-de-vegetação ou campo), de mudas de diferentes idades e da estação do ano no enraizamento de miniestacas de *P. taeda*.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 *Pinus taeda* L.

As espécies do gênero *Pinus* vêm sendo plantadas no Brasil há mais de um século. Inicialmente, foram introduzidas espécies européias e dos Estados Unidos para fins ornamentais. Posteriormente, as espécies foram trazidas para fins silviculturais, visando à produção de celulose, papel e madeira serrada. Ao longo de décadas de programas de melhoramento genético, as procedências mais apropriadas ficaram bem definidas para produção de madeira em cada região bioclimática. Nos estados do Sul, quase todos os plantios de *Pinus* são das espécies *P. taeda* e *P. elliottii* (TOMASELLI, 2002).

Tendo em vista os impactos positivos dos programas de melhoramento genético de *Pinus* spp. sobre a produção de matéria-prima adequada à fabricação de celulose de fibra longa, sua implementação nas empresas é fundamental para o aumento da competitividade das indústrias de celulose. Considerando que há limitações de ganhos genéticos nos programas tradicionalmente desenvolvidos por via seminal, a clonagem tende a ter um papel importante na consolidação da competência das indústrias brasileiras neste mercado. Os resultados obtidos até o momento indicam que a clonagem de espécies como o *P. taeda* é viável e pode ser incorporada aos programas de melhoramento genético, propiciando benefícios consideráveis na quantidade e qualidade da matéria-prima para a fabricação de celulose de fibra longa (ALFENAS et al., 2004).

P. taeda representa uma das espécies de maior importância econômica e o enraizamento de estacas está tornando-se um importante instrumento para intensificar as plantações florestais, por oferecer muitos benefícios ao reflorestamento se comparado à propagação sexuada (SCHULTZ, 1997). Dentre as principais vantagens está o ganho genético, com a multiplicação dos melhores genótipos; maior uniformidade das plantações e a redução do tempo entre a seleção de indivíduos melhorados e o uso na produção comercial (HARTMANN et al., 2002). A multiplicação clonal permite ainda a utilização dos efeitos genéticos não aditivos, uma vez que é possível obter cópias idênticas geneticamente de um mesmo indivíduo (ZOBEL, 1992; ALFENAS et al., 2004).

Estacas coletadas de árvores adultas de *P. taeda* são difíceis de enraizar e devido a importância da propagação vegetativa com essa espécie, muitas pesquisas têm sido iniciadas para investigar os vários fatores que influenciam esse processo, mas ainda

existem muitos fatores a serem descobertos (HAMANN, 1998). Segundo ALFENAS et al. (2004), *P. taeda* é considerado uma espécie recalcitrante à propagação clonal por enraizamento de estacas, pois apesar de se conseguir enraizar algumas famílias por esta técnica, os níveis de enraizamento são menores do que aqueles considerados ideais à sua viabilização econômica. Alguns resultados de enraizamento de *P. taeda*, têm sido publicados e reportam porcentagens de enraizamento que variam de 0 a 60% (WISE; CALDWELL, 1994). Segundo ASSIS (2001) *P. taeda* apresenta bons resultados de enraizamento (76%) com a utilização de material juvenil. Entretanto, a clonagem é limitada pela falta de métodos que promovam o rejuvenescimento de árvores adultas.

2.2 PROPAGAÇÃO VEGETATIVA – ESTAQUIA E MINIESTAQUIA

A propagação vegetativa consiste na produção de plantas, utilizando partes vegetativas como caules, raízes e folhas, sem haver a recombinação gênica, resultando em indivíduos geneticamente idênticos (HARTMANN et al., 2002). Esta capacidade de propagação vegetativa somente é possível devido a totipotência das células, ou seja, a capacidade que a célula vegetal possui de reter a informação genética necessária ao desenvolvimento de uma planta completa (TAIZ; ZEIGER, 2004).

Dentre as várias técnicas de propagação vegetativa, destacam-se a estaquia, enxertia, alporquia, mergulhia e técnicas de micropropagação. A estaquia é uma das principais técnicas de propagação vegetativa de material selecionado que visa atender aos objetivos da silvicultura clonal, dada a sua aplicabilidade operacional e o custo competitivo em relação às demais técnicas de propagação assexuada (XAVIER, 2002).

A estaquia consiste em destacar da planta matriz um ramo, folha ou raiz e colocá-los em meio adequado ao enraizamento e desenvolvimento da parte aérea. Para a formação de raízes adventícias em estacas, a raiz pode se originar de uma raiz pré-formada ou da indução do ferimento ocasionado pelo preparo da estaca. As raízes pré-formadas geralmente apresentam-se dormentes até que as estacas sejam preparadas e colocadas em condições adequadas ao enraizamento. Já nas raízes induzidas, a formação das raízes ocorre pelo ferimento da estaca, sendo geralmente observado em espécies consideradas de fácil enraizamento (HARTMANN et al., 2002).

O processo de regeneração de raízes inclui três etapas. Inicialmente ocorre a formação de uma camada necrótica no local do ferimento, sendo posteriormente seladas as células lesionadas, promovendo assim proteção contra a dessecação e ação de patógenos.

Na segunda etapa, as células começam a se dividir e formam uma camada de células parenquimáticas. Já na última etapa, algumas células geralmente próximas ao câmbio vascular e ao floema começam a se dividir e iniciam a formação de raízes adventícias (HARTMANN et al., 2002).

A formação de raízes em estacas é um processo anatômico e fisiológico complexo, associado a desdiferenciação e ao redirecionamento do desenvolvimento de células vegetais totipotentes para a formação de meristemas que darão origem a raízes adventícias (ALFENAS et al., 2004).

Segundo HARTMANN et al. (2002) algumas mudanças anatômicas ocorrem durante a formação de raízes adventícias em estacas que sofreram ferimento e podem ser divididas em quatro estágios:

1. Desdiferenciação de células diferenciadas específicas.
2. Formação de raízes iniciais próximas ao tecido vascular, as quais tornam-se meristemáticas pela desdiferenciação.
3. Desenvolvimento de raízes iniciais.
4. Crescimento e emergência dos primórdios radiciais.

No enraizamento adventício, as células que possuem potencial endógeno para formação de raízes inicialmente adquirem a competência, ou seja, as células reagem a sinais específicos que podem ser fitorreguladores, luz, temperatura, entre outros. Depois de adquirida a competência, ocorre a indução, que será o desencadeamento de um processo morfogenético ou biológico. Posteriormente, as células passarão pelo processo de determinação, no qual o potencial de desenvolvimento de uma célula torna-se limitado a uma rota específica. As células determinadas sofrerão alterações qualitativas de especialização celular, ou seja, serão diferenciadas e ocorrerá então a formação de raízes (GRATTAPAGLIA; MACHADO, 1998).

Segundo HARTMANN et al. (2002), as plantas podem ser divididas em três classes quanto à formação de raízes adventícias. A primeira é representada por plantas consideradas de fácil enraizamento. Os tecidos apresentam todos os componentes endógenos, inclusive as auxinas, essenciais à iniciação radicial e quando as estacas são submetidas a condições adequadas ao enraizamento, verifica-se uma rápida formação de raízes adventícias. Na segunda classe estão as plantas consideradas de fácil a moderado enraizamento. Os co-fatores estão presentes em quantidades satisfatórias, mas a auxina é um fator limitante, sendo aumentado o índice de enraizamento com a aplicação de auxina. A última classe de plantas é representada por espécies recalcitrantes, ou seja, de difícil

enraizamento. Os compostos indutores do enraizamento estão ausentes ou falta sensibilidade às células para responderem a esses compostos, podendo ou não a auxina endógena estar presente. Neste caso, a aplicação de auxinas promove pouca ou nenhuma resposta ao enraizamento adventício.

Em espécies de fácil enraizamento, normalmente ocorre à formação direta de raízes adventícias, sem a pré-formação de calo, porém na maioria das espécies de difícil enraizamento, como no caso de *P. taeda*, a iniciação de raízes adventícias ocorre geralmente de forma indireta, ou seja, com a formação de calo para posterior iniciação radicial (HARTMANN et al., 2002). Os calos geralmente se desenvolvem na base da estaca, entretanto a formação do calo não é essencial ao enraizamento adventício, pois embora ocorra geralmente a formação de calos e raízes simultaneamente sob condições adequadas, eles são processos independentes (ARTECA, 1996).

A estaquia de *P. taeda* tem apresentado algumas dificuldades, pois embora o enraizamento tenha sido atingido, principalmente utilizando-se famílias selecionadas e material juvenil, este não tem sido regularmente repetido (GREENWOOD; WEIR, 1994). Desta forma, a miniestaquia apresenta-se como uma alternativa viável e com algumas vantagens em relação à estaquia convencional. Dentre as quais está a maior produção de miniestacas por área e em menor tempo, uma vez que ocorre maior facilidade no controle de patógenos, bem como das condições nutricionais e hídricas do minijardim clonal; a necessidade de menores concentrações ou até mesmo a ausência de fitorreguladores e a obtenção de sistema radicial de melhor qualidade em termos de vigor, uniformidade e volume (ASSIS, 1997).

A técnica de miniestaquia tem sido utilizada com êxito na propagação de clones selecionados de espécies do gênero *Eucalyptus*, possibilitando a clonagem de genótipos de difícil enraizamento (XAVIER, 2002). Esta técnica foi desenvolvida com o intuito de aperfeiçoamento da estaquia, visando a minimização de algumas dificuldades no processo de produção de mudas de certos clones e espécies, principalmente no que se refere ao enraizamento, à formação das mudas e ao desenvolvimento da futura árvore (ASSIS, 1997). Desta forma, a miniestaquia pode ser dividida nas fases de produção de brotos em minijardim clonal, indução do enraizamento adventício, aclimação e rustificação, para posteriormente serem plantadas a campo (ALFENAS et al., 2004). Entretanto, ainda não existe um protocolo eficiente e que esteja sendo utilizado na produção operacional de miniestacas de *P. taeda*.

2.3 FATORES QUE AFETAM O ENRAIZAMENTO

O enraizamento adventício pode ser afetado por diversos fatores, dentre os quais estão: genótipo, idade da planta matriz, fitorreguladores, estações do ano de coleta das estacas e a manipulação das condições ambientais como a luminosidade, temperatura, umidade e substrato (HARTMANN et al., 2002).

2.3.1 Idade da planta matriz

A idade da planta matriz da qual serão retiradas as estacas pode influenciar no enraizamento do *P. taeda*, pois estacas coletadas de plantas matrizes adultas são mais difíceis de enraizar quando comparadas com estacas provenientes de plantas juvenis (GREENWOOD; FOSTER; AMERSON; 1991; VALDÉS; FERNÁNDEZ; CENTENO, 2004). Porém, para a maioria das espécies ainda não está claramente definida a transição da fase juvenil para a adulta, pois algumas regiões da planta podem apresentar-se maduras ou senescentes, enquanto outras ainda apresentam características juvenis. Para se obter sucesso na propagação vegetativa é importante reconhecer quais árvores ou partes das árvores apresentam características juvenis (BONGA, 1982).

Mudanças nas características morfológicas, fisiológicas e bioquímicas que ocorrem em diversas partes da planta têm sido relacionadas com a transição da fase juvenil para a adulta (HARTMANN et al., 2002). Segundo GREENWOOD (1987) quatro fases de maturação tem sido reconhecidas. A primeira é representada pela fase embrionária, a segunda pela pós-embrionária (fase vegetativa juvenil), a terceira pela fase vegetativa adulta e a quarta pela fase reprodutiva. Para espécies lenhosas, a maturação está associada com a redução na taxa de crescimento nas três últimas fases e tem recebido especial atenção nos últimos 15 anos, como resultado dos esforços de efetivar a propagação vegetativa com estas espécies. No entanto, estes estudos têm encontrado um sucesso limitado, pois a propagação vegetativa de espécies lenhosas encontra dificuldades com o aumento da idade (GREENWOOD, 1995).

A transição da fase juvenil para a adulta é bastante abrupta em coníferas, uma vez que estacas caulinares de *P. taeda* de um a dois anos mostram uma redução na competência ao enraizamento. Porém, em estacas provenientes de mudas mais jovens também foram observadas reduções na formação de raízes adventícias. Esta diminuição não está relacionada com a disponibilidade de auxina no local de formação de raízes ou

com o transporte de auxina, mas com a competência das células a iniciar divisões celulares em resposta à auxina (DIAZ-SALA et al., 1996).

Um dos efeitos mais evidentes da maturação tem sido o declínio na capacidade de enraizamento e esse efeito tem sido constatado com a baixa porcentagem de enraizamento (0-20%) em estacas caulinares de *P. taeda* de um a dois anos (HAMANN, 1998). O declínio na taxa de enraizamento com estacas provenientes de plantas matrizes adultas foi evidenciado com estacas de *Pinus banksiana*, no qual não houve enraizamento com brotações coletadas de plantas matrizes de sete anos de idade (HAISSIG, 1983).

A idade fisiológica da planta matriz não exerce influência significativa no enraizamento de espécies que se propagam facilmente por estaquia. Entretanto para espécies de difícil enraizamento, como no caso do *P. taeda*, é fundamental garantir a juvenilidade dos propágulos; assim, quanto mais juvenil for o material vegetativo, maior será o sucesso do enraizamento (ALFENAS et al., 2004). No entanto, a idade fisiológica não coincide necessariamente com a cronológica, uma vez que com o avanço da idade, a planta ou o órgão tende a senescência e morte, já o meristema maduro de plantas pode ter sua juvenilidade restaurada por práticas de rejuvenescimento (XAVIER, 2002).

Em vista das dificuldades de enraizamento apresentadas com material maduro, o rejuvenescimento é, provavelmente, uma das principais formas de reverter às plantas do estágio maduro ao juvenil, recuperando a capacidade de enraizamento (BONGA, 1982). Entretanto, ainda não se sabe se o rejuvenescimento ocorre como resultado da reversão das células maduras ao estágio juvenil ou se o rejuvenescimento resulta da multiplicação de células ainda não maduras (GREENWOOD, 1995). Mesmo assim, diversas práticas têm sido adotadas para o rejuvenescimento dos tecidos adultos, entre as quais está a realização de podas sucessivas na planta matriz (HAMANN, 1995).

Na região do nordeste da Argentina (Misiones e El Dourado) tem-se atingido 80% de enraizamento com estaquia de *P. taeda* e *P. elliottii* x *P. caribaea*, provenientes de plantas matrizes de quatro a cinco meses, sem a utilização de auxina, com armazenamento a frio (4°C) das estacas por 15 dias, com 80% de umidade relativa do ar no ambiente de enraizamento, sem aquecimento e com a utilização de casca de *Pinus* como substrato. No entanto, esta porcentagem de enraizamento tem-se mantido até aproximadamente três anos, com a realização de podas sucessivas e fertilização das plantas matrizes (ROCHA; NIELLA, 2001).

2.3.2 Auxinas

A auxina foi o primeiro hormônio descoberto em plantas, sendo o ácido indol-acético (IAA) a principal auxina de ocorrência natural. No entanto, existem outras auxinas endógenas como o ácido indol butírico (IBA), o ácido 4-cloro indol acético (4-cloro IAA) e o ácido fenil acético (PAA) (SALISBURY; ROSS, 1992; TAIZ; ZEIGER, 2004).

A biossíntese de auxina está principalmente associada aos tecidos com rápida divisão celular e crescimento, tais como meristemas apicais, gemas, folhas jovens, extremidades de raízes, frutos e sementes em desenvolvimento (SALISBURY; ROSS, 1992; ARTECA, 1996; TAIZ; ZEIGER, 2004). Existem várias vias conhecidas para a biossíntese do IAA, destas destacam-se duas preferenciais, nas quais o triptofano pode ser convertido a IAA. A primeira via envolve a desaminação do triptofano pela enzima triptofano transaminase, formando o ácido indol- pirúvico, seguida pela descarboxilação pela indol-piruvato descarboxilase a indol-3 acetaldeído (IAAld), o qual é convertido a IAA pela indolacetaldeído dehidrogenase. A segunda via envolve a descarboxilação do triptofano pela triptofano descarboxilase formando triptamina, a qual é posteriormente convertida a IAAld pela amina oxidase e finalmente a IAA pela IAAld dehidrogenase (SALISBURY; ROSS, 1992; ARTECA, 1995; HOPKINS, 1999).

O movimento das auxinas é principalmente realizado de forma polar, sendo basípeto nos caules e folhas e acrópeto nas raízes. O transporte polar das auxinas ocorre preferencialmente nas células do parênquima e tecido vascular (TAIZ; ZEIGER, 2004).

As auxinas encontram-se na forma livre, que é a forma biologicamente ativa do hormônio ou no estado covalentemente ligado, forma inativa. As auxinas livres podem ser utilizadas imediatamente pela planta, já as covalentemente ligadas não estão prontamente disponíveis, mas servem como reserva, atuando na regulação dos níveis de auxinas livres (ARTECA, 1995; MOHR; SCHOPFER, 1995; TAIZ; ZEIGER, 2004).

A inativação das auxinas endógenas, principalmente o IAA, pode ser realizada por processos enzimáticos ou fotoquímicos. O processo enzimático de oxidação do IAA, envolve um sistema conhecido como IAA-oxidase/peroxidase, no qual os principais produtos formados são o ácido oxindol acético e o metileno oxindol. No processo fotoquímico, o IAA pode ser oxidado sem a participação enzimática, quando exposto à alta intensidade luminosa. A fotodestruição pode ser promovida por pigmentos vegetais, como a riboflavina (TAIZ; ZEIGER, 2004).

As auxinas são responsáveis por diversos efeitos fisiológicos na planta, dentre os quais está a importante formação de raízes adventícias em estacas ocasionadas pelo

alongamento e divisão celular. O alongamento ocorre devido à acidificação da parede celular, causada pela liberação de prótons para fora da membrana plasmática. A extrusão de prótons estimula enzimas presentes na membrana plasmática a romper ligações glicosídicas entre polissacarídeos da parede celular, causando assim o seu afrouxamento e diminuição da resistência mecânica da parede celular. A diferença de potencial hídrico gerado favorece a entrada de água na célula e o aumento do potencial de pressão, resultando na distensão da parede celular (SALISBURY; ROSS, 1992).

SMITH e THORPE (1975) identificaram dois estágios onde a presença de auxina é essencial à iniciação e desenvolvimento radicial. O primeiro é marcado pelos eventos de iniciação meristemática e o segundo estágio pelos eventos que ocorrem imediatamente após o desenvolvimento meristemático.

Após a descoberta do IAA, outras substâncias sintéticas com atividade semelhante ao IAA foram encontradas, dentre as quais estão alguns fitorreguladores utilizados para promover a iniciação radicial, como o ácido indol butírico (IBA) e o ácido naftaleno acético (NAA). As auxinas sintéticas, principalmente o NAA, são usualmente mais efetivas que o IAA por aparentemente não serem destruídas pelo sistema IAA-oxidase, persistindo nas plantas por um período de tempo maior que as auxinas endógenas. As auxinas conjugadas também são resistentes ao sistema IAA-oxidase (SALISBURY; ROSS, 1992).

Para espécies de difícil enraizamento, tais como as coníferas, a aplicação de fitorregulador pode compensar a falta do nível endógeno de auxina (WAGNER; FISCHER; FANCHER, 1989). O IBA e o NAA são as principais auxinas utilizadas no enraizamento de estacas, sendo que o IBA apresenta algumas vantagens quando comparado ao NAA, dentre as quais está a não toxicidade para uma maior amplitude de concentrações testadas, para a maioria das espécies vegetais (HARTMANN et al., 2002).

A aplicação de auxina é utilizada no enraizamento de muitas espécies e pode proporcionar além de maior índice de enraizamento, maior velocidade de formação, qualidade e uniformidade do sistema radicial (HARTMANN et al., 2002).

Segundo DIAZ-SALA et al. (1996) o aumento na porcentagem de enraizamento varia de acordo com a forma, concentração e método de aplicação da auxina, podendo também ser influenciado pelo tipo de estaca utilizada e a estação do ano de coleta das brotações. Concentrações excessivas de auxina podem inibir o desenvolvimento radicial e das brotações, causar o amarelecimento e queda das folhas, necrose na base da estaca, podendo até ocasionar a morte das estacas. Porém, quando concentrações de auxina abaixo do nível crítico são utilizadas, não há formação de raízes adventícias (HARTMANN et al., 2002).

A auxina pode ser aplicada na base da estaca por meio de várias vias ou veículos de aplicação, dentre os quais destaca-se a líquida e em pó. Na via líquida a base da estaca é imersa em solução contendo o fitorregulador por períodos variáveis de tempo em virtude da concentração e do tipo de material utilizado sendo que, normalmente, quanto maior a concentração menor o tempo de exposição. Na aplicação em pó, a base da estaca (cerca de 1-2 cm) entra em contato com o talco contendo o fitorregulador e, em seguida, é realizado o plantio (BLAZICH, 1987). Segundo HARTMANN et al. (2002) a aplicação do IBA pela via líquida é, geralmente, mais efetiva que a aplicação em talco, pois apresenta tratamentos e resultados mais uniformes.

Para estacas herbáceas de *P. taeda* coletadas na primavera, o enraizamento foi de 48% sem aplicação de fitorregulador, atingindo 55% na presença de 1000 mgL⁻¹ IBA em solução etanólica 50%, ou seja, foi observado um aumento de 7% no enraizamento de estacas de *P. taeda* tratadas com IBA (FRAMPTON; HODGES, 1989).

WAGNER, FISHER e FANCHER (1989) constataram que a auxina apresentou pouco efeito no enraizamento adventício de estacas de *Picea pungens* de dez anos. As concentrações de IBA testadas foram 0, 2500, 5000 e 10000 mgL⁻¹ e as melhores porcentagens de enraizamento foram verificadas com o controle (9%) e com o tratamento de 2500 mgL⁻¹ IBA (11%).

GREENWOOD e WEIR (1994) em um experimento realizado com mudas de *P. taeda*, observaram pouco efeito do IBA no enraizamento de estacas lenhosas de um a dois anos de idade, sendo verificada uma porcentagem de enraizamento de 34% e não havendo resposta à aplicação de IBA.

2.3.3 Estação do ano de coleta das estacas

A estação do ano na qual as estacas são coletadas pode representar o fator decisivo para o sucesso do enraizamento. Algumas espécies, normalmente consideradas de fácil enraizamento, enraízam facilmente independente da época do ano de coleta das estacas. Entretanto, outras espécies somente apresentam porcentagens satisfatórias de enraizamento quando a estaquia ocorre em períodos específicos do ano (HARTMANN et al., 2002).

A estação do ano irá determinar variações sazonais na planta matriz, podendo influenciar na qualidade das brotações destinadas ao processo de estaquia (PAIVA; GOMES, 1995). Segundo WAGNER, FISCHER e FANCHER (1989) a variação sazonal é

um dos principais fatores que afetam a propagação vegetativa devido principalmente às alterações nas condições fisiológicas da planta matriz. Mudanças na atividade de crescimento da planta matriz têm sido correlacionadas com a época do ano de coleta das estacas (HOWARD, 1996). Estações do ano que apresentam temperaturas mais elevadas muitas vezes coincidem com o aumento da atividade das brotações, florescimento e maiores taxas de crescimento (KIBBLER, et al., 2004b).

Segundo HARTMANN et al. (2002) diversos são os fatores que podem estar relacionados com a estação do ano de coleta das estacas, dentre os quais estão os estádios de crescimento, balanços hormonais e graus de lignificação das estacas. Desta forma, as estacas podem ser classificadas em três tipos:

1. Estacas lenhosas, provenientes de ramos lignificados, são normalmente confeccionadas durante a estação do ano de dormência das estacas, que corresponde ao final do outono e início do inverno.
2. Estacas semilenhosas, provenientes de ramos semilignificados, sendo geralmente confeccionadas no verão, final da primavera e início do outono.
3. Estacas herbáceas, provenientes de ramos tenros e suculentos, são confeccionadas na primavera.

As estacas lenhosas geralmente apresentam uma ampla reserva de carboidratos, capaz de suprir a estaca, o desenvolvimento da raiz e das brotações até que a nova planta possa se auto-sustentar. Já estacas herbáceas geralmente enraízam mais facilmente e mais rapidamente que outros tipos de estacas, mas requerem mais atenção, quanto ao suprimento de água, para prevenir a dessecação (HARTMANN et al., 2002).

FOSTER, STELZER e MCRAE (2000) testaram a influência da estação do ano na estaquia de *P. taeda* de quatro anos de idade. Os resultados evidenciaram 50% de enraizamento para estacas coletadas no início da primavera, entretanto houve uma queda de 30% quando estas foram coletadas no início do outono. O declínio pode estar relacionado com a redução da atividade metabólica em estacas coletadas no outono, fato que não ocorre com estacas coletadas na primavera, pois elas reassumem total atividade metabólica, resultando em um maior índice de enraizamento.

Em um experimento conduzido no final do inverno, com mudas de *P. taeda* de um ano de idade, foi testada a influência de dois meses (fevereiro e março) no enraizamento adventício e as estacas foram tratadas com 1000 mgL⁻¹ IBA. Observou-se um melhor enraizamento (73%) em fevereiro quando comparado a março (51%) (FRAMPTON; HODGES, 1989).

2.3.4 Outros fatores

Segundo FOSTER (1990) o sucesso do enraizamento irá depender de diversos fatores, dentre os quais estão o preparo da estaca e alguns fatores ambientais, tais como: substrato, temperatura e umidade.

O preparo da estaca pode influenciar diretamente o enraizamento adventício. Desta forma, alguns fatores devem ser observados e padronizados no momento da instalação do experimento, dentre os quais estão o comprimento e o diâmetro da estaca, presença ou ausência da gema apical, além dos fatores já mencionados como a juvenilidade, estação do ano de coleta das estacas, entre outros.

FOSTER, STELZER e MCRAE (2000) realizaram um estudo testando o efeito do comprimento e diâmetro da estaca e da presença ou ausência de gema apical no enraizamento de estacas de *P. taeda* de quatro anos, coletadas na primavera. Foram utilizadas quatro classes de comprimento (5,1; 7,6; 10,2 e 12,7 cm), três de diâmetro (2, 3 e 7 mm) e a presença ou ausência de gema terminal. Os autores verificaram primeiramente que não existe diferença na porcentagem de enraizamento entre estacas com ou sem a gema apical, pois ambas as classes apresentaram uma média de 50% de enraizamento. Observaram também que, de uma forma geral, as estacas menores de 10,2 cm de comprimento, com 2 ou 3 mm de diâmetro apresentam as melhores porcentagens de enraizamento, com uma média de 68%. Porém BROWNE; DAVIDSON e ENNS (2000) não verificaram diferenças na formação de raízes, com estacas de três diferentes tamanhos (menor que 2 cm, entre 2 e 5 cm e maior que 5 cm), com estacas de *Pinus banksiana* de nove meses.

O substrato utilizado para o enraizamento de estacas é de grande importância na propagação vegetativa, sendo que a escolha irá depender da espécie, tipo de estaca, sistema de propagação, custo e da disponibilidade do substrato. Entretanto, o substrato mais adequado é aquele que possibilita o crescimento do sistema radicial, devendo apresentar aeração e umidade bem como ser um substrato inerte, ou seja, ausente de patógenos (HARTMANN et al., 2002). Segundo ALFENAS et al. (2004), para evitar injúrias na base de propágulos tenros, como as miniestacas, em substratos relativamente abrasivos que contenham, por exemplo, casca de arroz carbonizada ou casca de eucalipto ou de pinus parcialmente decomposta, emprega-se uma camada de vermiculita de cerca de 2 cm de espessura, na parte superior do substrato.

FOSTER, STELZER e MCRAE (2000) utilizaram como substrato turfa e perlita na proporção de 2:1 para estacas de *P. taeda* de quatro anos de idade. HAMANN (1998), com

estacas de *P. taeda* de três a sete anos, utilizou como substrato perlita e vermiculita na proporção de 1:1. Já DIAZ-SALA et al. (1996) utilizaram somente vermiculita de granulometria fina com estacas de 50 dias de *P. taeda*.

A temperatura é um fator importante envolvido no enraizamento de estacas. Assim, tanto a temperatura do ambiente quanto do substrato deverão propiciar condições adequadas para que ocorra a indução, crescimento e desenvolvimento radicial, bem como a manutenção do potencial hídrico das folhas, gemas e ramos (BERTOLOTI; GONÇALVES, 1980). Segundo ALFENAS et al. (2004), embora não haja estudos detalhados sobre a influência da temperatura no enraizamento de estacas e miniestacas de eucalipto, sabe-se que amplas oscilações térmicas são deletérias ao enraizamento e acredita-se que as temperaturas ótimas estejam na faixa de 25-30 °C na região de emissão de raízes, e de 20-25°C nas folhas. A utilização de temperatura mais elevada no substrato em relação à temperatura do ar favorece a atividade rizogênica na base da estaca, bem como diminui a transpiração e a perda de água pelas folhas.

A umidade é um fator importante que influencia o enraizamento de *P. taeda*. Esta influência foi testada com variações de 0 a 1,0 mm de água por hora, no enraizamento de estacas de *P. taeda* de quatro anos de idade. Observou-se uma pronunciada influência da umidade, sendo que a maior porcentagem de enraizamento (60%) foi verificada no regime de 0,05 a 0,1 mm h⁻¹(GREENWOOD, et. al. 1980).

3 MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado durante o período de 2003 e 2004, sendo conduzido em casa-de-vegetação do Setor de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Paraná (UFPR) (CTINFRA - FINEP) (Anexo 02 A), localizada no município de Curitiba – PR, situada a 25° 25' 48'' S e 49° 16' 15'' W, numa altitude de 908 metros (PARANÁ CIDADE, 2004). A temperatura e a umidade relativa do ar da casa-de-vegetação na qual os experimentos foram instalados encontram-se no Anexo 03.

3.1 OBTENÇÃO E PREPARO DAS MINIESTACAS

Para obtenção das miniestacas foram coletadas brotações novas de *P. taeda*, de aproximadamente 8 cm, oriundas de plantas matrizes de 2 a 2,9 anos e de mudas de diferentes idades (60, 90, 120 e 150 dias), localizadas no Departamento de Ciências Florestais no Setor de Ciências Agrárias da UFPR, ambas obtidas a partir de sementes do pomar clonal de segunda geração, produzidas em Summerville, South Carolina, nos Estados Unidos.

Foram realizados dois experimentos em cada estação do ano, sendo que no primeiro foram utilizadas 1000 mudas de 2 a 2,9 anos de idade de *P. taeda*, das quais a metade estava no minijardim clonal de casa-de-vegetação (Anexo 01 A e C) e as outras 500 no minijardim clonal de campo (Anexo 01 B e D). Os experimentos foram realizados nas quatro estações do ano, sendo que no inverno de 2003 (agosto/ 2003), as mudas estavam com dois anos; na primavera (outubro/ 2003) com dois anos e três meses; no verão (janeiro/ 2004) com dois anos e seis meses e no outono (abril/ 2004) com dois anos e nove meses.

No segundo experimento as miniestacas foram obtidas de mudas de 60, 90, 120 e 150 dias mantidas em casa-de-vegetação (Anexo 01 E, F, G e H). Para a superação de dormência, as sementes foram embebidas em água a temperatura ambiente por 24 horas e posteriormente foram armazenadas por 28 dias a $4 \pm 1^\circ$ C sobre papel filtro umedecido com água. A semeadura foi realizada em tubetes utilizando como substrato solo retirado da Embrapa Florestas Colombo - PR misturado com substrato a base de casca de *Pinus* bioestabilizada (Mecplant[®]), na proporção de 2:1. A cada 100 kg do substrato da Mecplant[®] foi adicionado 500 g de Osmocote[®] e 50 g de Superfosfato. As mudas do minijardim clonal

de casa-de-vegetação do primeiro experimento também foram plantadas com o mesmo substrato utilizado na semeadura das sementes. As mudas permaneceram em tubetes e foram mantidas em casa-de-vegetação, sendo irrigadas manualmente uma vez ao dia e sem controle da temperatura.

As coletas das brotações foram realizadas nas primeiras horas da manhã e as brotações foram acondicionadas em recipientes com água e transportadas para o Setor de Ciências Biológicas, Departamento de Botânica, onde as miniestacas foram então confeccionadas. A instalação dos experimentos ocorreu no mesmo dia da coleta.

As miniestacas foram confeccionadas com 5 cm de comprimento, aproximadamente 0,3 cm de diâmetro e corte em bisel na base. As acículas da metade inferior da miniestaca foram retiradas com auxílio de tesoura, facilitando o estaqueamento e minimizando assim a perda de água por transpiração foliar. As gemas apicais foram mantidas, sendo confeccionada apenas uma miniestaca por brotação coletada. Após o preparo das miniestacas, estas foram mantidas em recipiente com água até a desinfestação das mesmas.

3.2 TRATAMENTO DAS MINIESTACAS

As miniestacas foram desinfestadas com imersão total das mesmas em solução de Captan[®] (0,1%), durante 15 minutos para o primeiro experimento, com mudas de dois a 2,9 anos de idade e por 10 minutos para o segundo experimento com mudas de diferentes idades (60, 90, 120 e 150 dias) seguido, em ambos, de quatro lavagens sucessivas em água corrente. Em seguida, as bases das miniestacas provenientes da casa-de-vegetação e do campo, do primeiro experimento foram imersas a uma altura de aproximadamente 3 cm em solução etanólica (50%) contendo diferentes concentrações de IBA, por um período de 10 segundos.

Das combinações entre tipo de minijardim clonal (casa-de-vegetação e campo) e IBA resultaram os seguintes tratamentos:

- Casa-de-vegetação; 0 mgL⁻¹ IBA
- Casa-de-vegetação; 250 mgL⁻¹ IBA
- Casa-de-vegetação; 500 mgL⁻¹ IBA
- Casa-de-vegetação; 1000 mgL⁻¹ IBA
- Campo; 0 mgL⁻¹ IBA
- Campo; 250 mgL⁻¹ IBA

- Campo; 500 mgL⁻¹ IBA
- Campo; 1000 mgL⁻¹ IBA

Das diferentes idades de mudas testadas, resultaram os seguintes tratamentos:

- 60 dias
- 90 dias
- 120 dias
- 150 dias

3.3 PLANTIO

As miniestacas foram plantadas em bandejas de enraizamento de 12 x 8 células, contendo tubetes de polipropileno, com 12 cm de comprimento, 3 cm de diâmetro e volume de 56 cm³ (Anexo 02 C), utilizando-se substrato composto de casca de *Pinus* bioestabilizada (Mecplant[®]) na camada inferior e dois centímetros de vermiculita, granulometria média, na porção superior do tubete, sendo então levadas para casa-de-vegetação.

3.4 CONDIÇÕES DA CASA-DE-VEGETAÇÃO

As miniestacas foram mantidas em casa-de-vegetação com temperatura e umidade relativa do ar controlada, de 15 a 25°C e ±90% UR (Anexo 02 B). O resfriamento foi realizado por sistema “PAD” de refrigeração e sistema “FAN” de ventilação/ exaustão. Já o aquecimento foi atingido com ventilador de aquecimento. A umidade relativa do ar foi mantida com sistema “Fogger” de nebulização. A temperatura e umidade da casa-de-vegetação foram monitoradas com o auxílio do equipamento HOB0[®] (H08-003-02), o qual foi programado para registrar a temperatura e a umidade em um intervalo de quatro horas. As médias mensais da umidade e das temperaturas mínima, média e máxima encontram-se no Anexo 03.

Também foi realizado o monitoramento da temperatura e da umidade da casa-de-vegetação do Departamento de Ciências Florestais no Setor de Ciências Agrárias da UFPR, onde foram mantidas as plantas matrizes e as mudas de diferentes idades. O monitoramento foi realizado com auxílio do HOB0[®] (H08-003-02), o qual registrou a temperatura e a umidade em um intervalo de quatro horas. As médias mensais da umidade

e das temperaturas mínima, média e máxima encontram-se no Anexo 04. Os dados da temperatura e umidade do campo foram fornecidos pelo serviço Meteorológico do Paraná (SIMEPAR), Estação 25264916, localizada em Curitiba – PR e encontram-se no Anexo 05.

3.5 VARIÁVEIS AVALIADAS

As seguintes variáveis foram avaliadas após 120 da instalação dos experimentos:

- Porcentagem de miniestacas enraizadas (miniestacas que apresentaram pelo menos uma raiz, podendo ou não apresentar calo) (Anexo 02 D e E).
- Porcentagem de miniestacas com calos (miniestacas que apresentaram a formação de calo sem o enraizamento) (Anexo 02 F).
- Porcentagem de miniestacas vivas (miniestacas que não formaram raízes e calo, mas estavam vivas) (Anexo 02 G).
- Porcentagem de miniestacas mortas (miniestacas com necrose em toda ou na maior parte de sua extensão) (Anexo 02 H).
- Comprimento das três maiores raízes formadas por miniestaca (cm).
- Número médio de raízes formadas por miniestaca.
- Massa seca das raízes formadas por miniestaca (mg).

Para a obtenção da massa seca das raízes, estas foram mantidas em estufa a 50°C por 24 horas, até sua completa desidratação e em seguida foram pesadas em balança digital.

3.6 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Os experimentos foram realizados num delineamento inteiramente casualizado. Para o experimento que testou o efeito do IBA e do tipo de minijardim clonal, foram testados oito tratamentos, cinco repetições e 16 miniestacas por parcela, perfazendo um total de 640 miniestacas, para cada estação do ano. Os tratamentos representaram o arranjo fatorial 4 x 2 (quatro concentrações e dois locais de coleta das miniestacas). Já para o experimento que testou a idade das mudas, foram utilizados quatro tratamentos, cinco repetições e 16 miniestacas por parcela, o que representou 320 miniestacas.

Inicialmente as variâncias dos tratamentos foram avaliadas quanto à sua homogeneidade pelo teste de Bartlett. As variáveis cujas variâncias mostraram-se

homogêneas tiveram as médias dos tratamentos testadas por meio do teste de F, enquanto que as que apresentaram heterogeneidade tiveram os valores originais transformados por $(\log x + 1)$ ou $(\log x + 10)$ para posterior análise. Quando os resultados revelaram existir diferenças estatisticamente significativas entre as médias dos tratamentos, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram realizadas com o programa estatístico MSTAT-C[®].

Os dados dos dois experimentos foram ajustados pelas equações polinomiais de segundo e terceiro grau.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados dos experimentos estão apresentados de acordo com a época do ano em que os mesmos foram instalados. Os resultados estatísticos apresentados no item Anexos são os da análise de variância e os referidos como Tabelas, no corpo do texto, referem-se ao teste de Tukey a 5% de probabilidade para a comparação das médias. Algumas variáveis não foram analisadas estatisticamente por apresentarem valores nulos.

4.1 EFEITO DO IBA E DO TIPO DE MINIJARDIM CLONAL (CASA-DE-VEGETAÇÃO E CAMPO) NO ENRAIZAMENTO DE MINIESTACAS DE *P. taeda*.

4.1.1 Experimento instalado no inverno de 2003

Os resultados da análise de variância estão apresentados nos Anexos 09 e 10. De acordo com os dados, observou-se que as variáveis analisadas apresentaram variâncias dos tratamentos homogêneas. A análise também revelou que a interação dos fatores concentração de IBA e local de coleta das miniestacas foi estatisticamente significativa, indicando a dependência dos fatores testados.

A análise das variáveis referentes ao enraizamento de miniestacas da casa-de-vegetação demonstrou que o controle e a menor concentração de IBA apresentaram os melhores resultados, apesar das baixas porcentagens de enraizamento obtidas. Já para o material do campo os melhores resultados foram verificados com as maiores concentrações de IBA (500 e 1000 mgL⁻¹) (Tabela 01). Estes resultados podem ser demonstrados nas Figuras 01 e 02, que evidenciam tendências para as variáveis referentes ao enraizamento, coletadas da casa-de-vegetação e do campo, submetidas a diferentes concentrações de IBA (0, 250, 500 e 1000 mgL⁻¹), ajustadas pelas equações polinomiais de segunda ordem.

O teste de comparação de médias para porcentagem de miniestacas com calos, vivas e mortas (Tabela 02), revelou alta porcentagem de formação de calos, tanto para brotações coletadas da casa-de-vegetação como do campo, sendo observada diferença estatisticamente significativa apenas para o tratamento com 1000 mgL⁻¹, com maior porcentagem para o material proveniente da casa-de-vegetação. Foi verificada uma

tendência de aumento na formação de calos para as miniestacas da casa-de-vegetação, à medida que se aumentou a concentração de IBA, já para as brotações coletadas do campo, os tratamentos intermediários foram os que apresentaram as maiores porcentagens de calos.

Para a variável porcentagem de miniestacas vivas, as melhores respostas foram observadas com as brotações coletadas do campo, com exceção do tratamento com 250 mgL⁻¹ IBA, o qual não apresentou diferença estatística. Para brotações coletadas da casa-de-vegetação, o controle e a mais baixa concentração de IBA foram os que apresentaram as maiores porcentagens de miniestacas vivas.

De uma forma geral, o índice de mortalidade foi baixo, não ultrapassando 30%, sendo que as mais altas porcentagens foram verificadas com miniestacas do campo, com exceção do tratamento com 500 mgL⁻¹ IBA. As miniestacas coletadas da casa-de-vegetação apresentaram as menores porcentagens de mortalidade com o controle e a menor concentração de IBA testada, mas não diferiram estatisticamente dos demais tratamentos testados.

TABELA 01 - Resultados da comparação das médias para porcentagens de miniestacas de *P. taeda* enraizadas, comprimento das três maiores raízes, número e massa seca de raízes formadas por miniestaca, provenientes da interação do local de coleta das miniestacas (casa-de-vegetação e campo) e das concentrações de IBA (0, 250, 500 e 1000 mgL⁻¹), coletadas no inverno de 2003.

Tratamentos IBA (mgL ⁻¹)	Miniestacas enraizadas (%)		Comprimento das três maiores raízes (cm)		Número de raízes		Massa seca de raízes (mg)	
	Casa vegetação	Campo	Casa vegetação	Campo	Casa vegetação	Campo	Casa vegetação	Campo
0	15,00 a A	1,25 b B	5,88 a A	0,07 c B	9,36 a A	0,20 c B	27,64 a A	0,60d B
250	16,25 a A	3,75 b B	4,47 b A	1,17 b B	5,55 b A	2,50 b B	18,68 b A	6,91c B
500	7,50 ab B	16,25 a A	2,22 c B	3,99 a A	2,50 c B	5,37 a A	7,42 c B	15,41b A
1000	0,00 b B	17,50 a A	0,00 d B	4,56 a A	0,00 d B	5,95 a A	0,00 d B	18,49a A

Médias seguidas da mesma letra minúscula na vertical, para concentração de IBA, e médias seguidas da mesma letra maiúscula na horizontal, para local de coleta das miniestacas, não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os resultados da análise de variância estão apresentados no Anexo 09.

TABELA 02 - Resultados da comparação das médias para porcentagens de miniestacas de *P. taeda* com calos, vivas e mortas provenientes da interação do local de coleta das miniestacas (casa-de-vegetação e campo) e das concentrações de IBA (0, 250, 500 e 1000 mgL⁻¹), coletadas no inverno de 2003.

Tratamentos IBA (mgL ⁻¹)	Miniestacas com calos (%)		Miniestacas vivas (%)		Miniestacas mortas (%)	
	Casa vegetação	Campo	Casa vegetação	Campo	Casa vegetação	Campo
0	53,75 b A	46,25 bc A	18,75 a B	22,50 ab A	12,50 a B	30,00 a A
250	58,75 b A	58,75 ab A	13,75 ab A	13,75 b A	11,25 a B	23,75 a A
500	67,50 ab A	63,75 a A	6,25 b B	12,50 b A	18,75 a A	7,50 b B
1000	78,75 a A	38,75 c B	5,00 b B	23,75 a A	16,25 a B	20,00 a A

Médias seguidas da mesma letra minúscula na vertical, para concentração de IBA, e médias seguidas da mesma letra maiúscula na horizontal, para local de coleta das miniestacas, não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os resultados da análise de variância estão apresentados no Anexo 10.

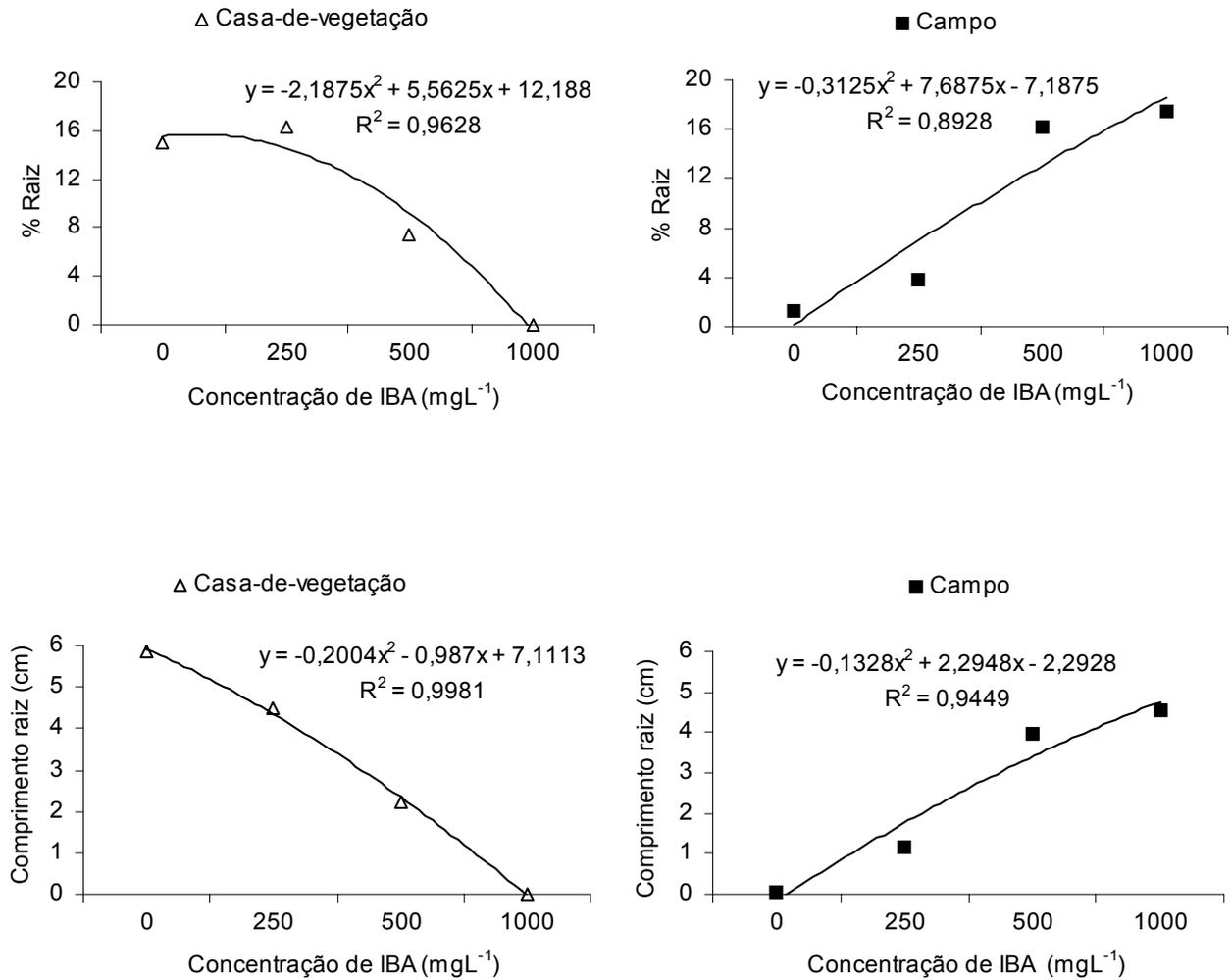


FIGURA 01 – Resultados das médias para porcentagens de miniestacas de *P. taeda* enraizadas e comprimento das três maiores raízes formadas por miniestaca, provenientes da casa-de-vegetação e do campo, tratadas com IBA (0, 250, 500 e 1000 mgL⁻¹), coletadas no inverno de 2003

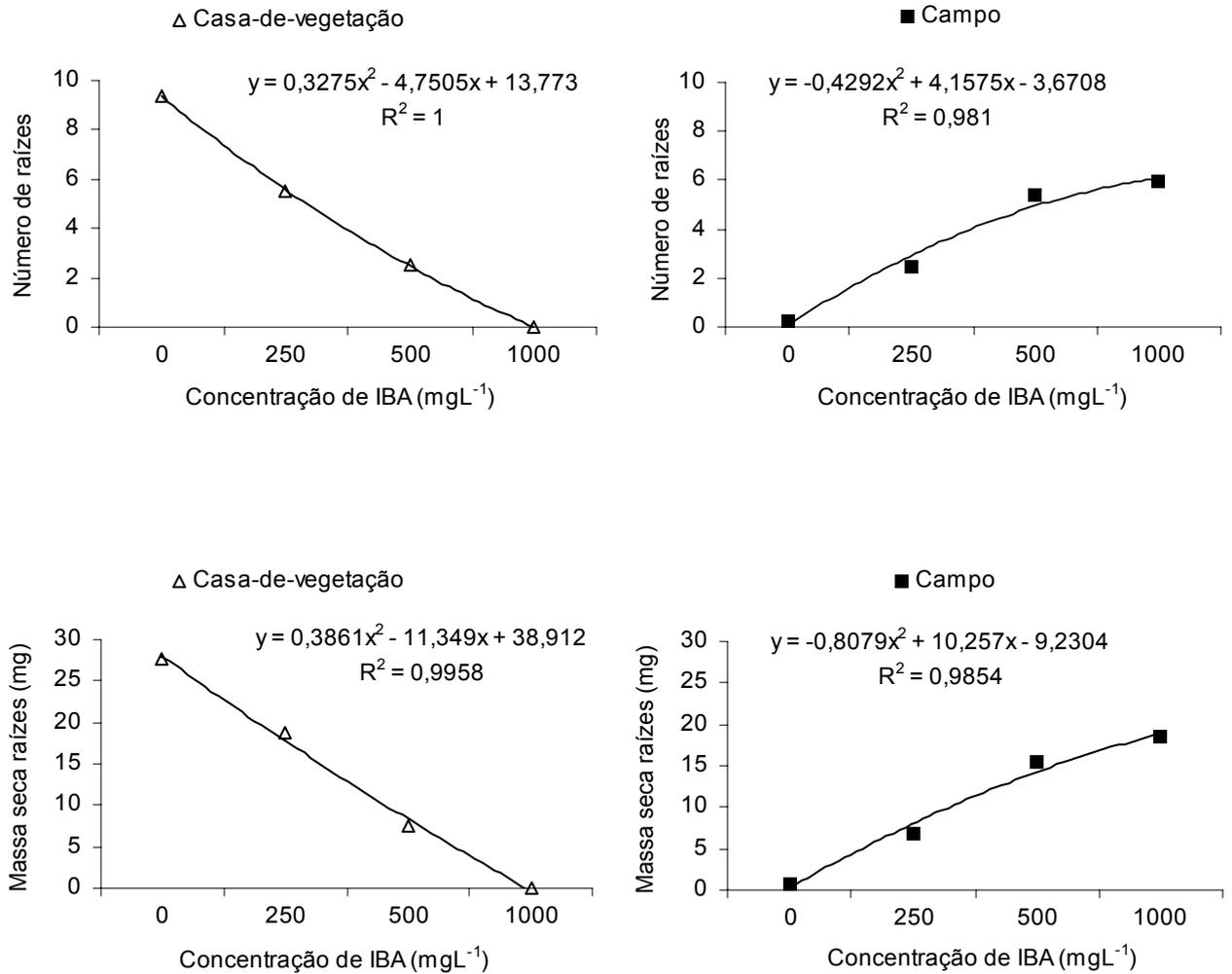


FIGURA 02 – Resultados das médias para número e massa seca de raízes formadas por miniestaca de *P. taeda*, provenientes da casa-de-vegetação e do campo, tratadas com IBA (0, 250, 500 e 1000 mgL⁻¹), coletadas no inverno de 2003.

Os dados apresentados na Tabela 01 indicaram que a utilização de concentrações mais elevadas de IBA (500 e 1000 mgL⁻¹) podem estar influenciando positivamente o enraizamento das miniestacas coletadas do campo. Isto ocorreu, provavelmente devido ao baixo nível endógeno de auxina presente na base das miniestacas, demonstrando que a auxina produzida pela planta não é suficiente para proporcionar um enraizamento satisfatório, ou ao fato da auxina endógena não estar disponível no momento da formação das raízes. Já para miniestacas coletadas da casa-de-vegetação o requerimento de auxina exógena não se faz necessário ou se faz em baixas concentrações, possivelmente devido à presença de auxina endógena na base da miniestaca.

O maior nível endógeno de auxina nas brotações coletadas da casa-de-vegetação quando comparado com as do campo, também foi evidenciado por VALDÉS et al. (2002), em um experimento comparando o nível endógeno de alguns fitorreguladores presentes em brotações axilares de árvores de *Pinus radiata* de quatro anos, crescendo em casa-de-vegetação e no campo. Dentre os fitorreguladores analisados está o ácido indol acético (IAA), que apresentou níveis superiores (20 nmol g⁻¹) em brotações coletadas da casa-de-vegetação, do que as do campo (11 nmol g⁻¹). Entretanto, o nível de ácido abscísico (ABA) foi superior (18 nmol g⁻¹) em brotações coletadas do campo quando comparadas com as de casa-de-vegetação (7 nmol g⁻¹), indicando uma maior relação do material do campo com os processos de estresse, possivelmente pelo fato destes estarem sujeitos a maiores variações de umidade e de temperatura.

Uma possível explicação para as diferentes respostas das miniestacas coletadas da casa-de-vegetação e do campo, quanto às concentrações de IBA testadas, pode estar relacionada ao fato das brotações coletadas do campo terem sido expostas a uma maior luminosidade que as de casa-de-vegetação, o que pode ter ocasionado a fotodestruição da auxina endógena. Neste sentido, TAIZ e ZAIGER (2004) afirmaram que uma das formas de inativação das auxinas endógenas é o processo fotoquímico, no qual o IAA pode ser oxidado quando exposto à alta intensidade luminosa.

Os resultados do presente trabalho apresentados para miniestacas da casa-de-vegetação estão de acordo com alguns estudos realizados com *P. taeda*, nos quais a aplicação de auxina exógena não se mostrou limitante para a formação de raízes adventícias. Devido ao fato de que a habilidade de formar raízes adventícias em estacas lenhosas está mais relacionada com a competência das células a iniciar divisões celulares em resposta à auxina, do que com a limitação do nível endógeno (DIAZ-SALA et al., 1996). Neste contexto GREENWOOD; CUI; XU (2001) verificaram em estacas de *P. taeda*, que a ausência da competência de enraizamento deve-se, principalmente as inabilidades

intrínsecas das células em se organizar em meristemas radiciais em resposta a auxina. Esta inabilidade pode ser em função da ausência de receptores específicos do enraizamento

O material da casa-de-vegetação apresentou resultados superiores de enraizamento com o controle e a menor concentração de IBA testada, no entanto esses resultados foram inferiores aos obtidos por FRAMPTON et al. (1999) com estacas de *P. taeda* coletadas no inverno, provenientes de famílias selecionadas, manejadas com podas sucessivas e um rigoroso sistema de irrigação e fertilização. Os autores também observaram maior porcentagem de enraizamento (75%) com estacas que não receberam tratamento auxínico, seguido de 64% para estacas tratadas com as menores concentrações de auxinas testadas (924 mgL⁻¹ IBA e 597 mgL⁻¹ NAA) e de 55% para as maiores concentrações testadas (1751 mgL⁻¹ IBA e 1122 mgL⁻¹ NAA). Entretanto, diferentemente do que foi verificado no presente trabalho com material coletado da casa-de-vegetação, o sistema radicial apresentou maior massa seca com tratamento auxínico.

Resultados semelhantes também foram constatados com estacas lenhosas de *P. taeda* de um a dois anos, no qual não houve efeito significativo na porcentagem de enraizamento (34%) com a utilização do IBA (GREENWOOD; WEIR, 1994). No entanto, diferentes resultados foram observados em alguns estudos e concordam com o comportamento observado com as brotações coletadas do campo, no qual o tratamento auxínico favoreceu o enraizamento adventício, assim como a qualidade das raízes formadas. Indicando desta forma que o IBA pode ser o fator limitante ao enraizamento, dependendo das condições ambientais pelas quais as plantas matrizes são expostas. No entanto, ainda são escassos os estudos comparando as condições ambientais dos minijardins clonais, nas quais as plantas matrizes de *P. taeda* são expostas.

BROWNE, DAVIDSON e ENNS (2000) observaram porcentagens superiores de enraizamento (26,7%) quando as estacas de *Pinus banksiana* foram tratadas com IBA (1100 mgL⁻¹), havendo uma redução de 16% na porcentagem de enraizamento quando não foi utilizado tratamento auxínico.

O efeito positivo da auxina também já havia sido constatado no enraizamento de estacas por GREENWOOD et al. (1980), quando compararam a ausência de auxina com aplicação de uma alta concentração de IBA (10.000 mgL⁻¹) e observaram um aumento na porcentagem de enraizamento de 16 para 20%, em estacas de *Pinus echinata*, coletadas de plantas matrizes de quatro anos.

Resultados semelhantes aos do presente trabalho quanto ao enraizamento foram verificados por HAMANN (1998), com estacas de *P. taeda* de três anos, no qual foram

obtidas baixas porcentagens de enraizamento (0 - 20%), porém foram verificadas baixas porcentagens de calos (30%).

4.1.2 Experimento instalado na primavera de 2003

Os resultados da análise de variância estão apresentados nos Anexos 11 e 12. De acordo com os dados, observou-se que as variáveis analisadas apresentaram variâncias dos tratamentos homogêneas. A análise também revelou que a interação dos fatores concentração de IBA e local de coleta das miniestacas foi estatisticamente significativa, indicando a dependência dos fatores testados, para as variáveis número de miniestacas enraizadas e massa seca de raízes formadas por miniestaca. As variáveis, comprimento das três maiores raízes, número de raízes formadas por miniestaca, número de miniestacas com calos e mortas apresentaram valores estatisticamente significativos para os tratamentos de IBA testados. Assim como as variáveis número de miniestacas com calos e mortas também apresentaram valores significativos para o local de coleta das miniestacas (casa-de-vegetação e campo).

O teste de comparação de médias, referente à interação dos fatores concentração de IBA e local de coleta das miniestacas, para a porcentagem de miniestacas enraizadas e massa seca de raízes formadas por miniestaca, está apresentado na Tabela 03. De acordo com os dados, observou-se para o material proveniente da casa-de-vegetação a maior porcentagem de enraizamento com 250 mgL⁻¹ IBA, não diferindo estatisticamente do controle e do tratamento com 500 mgL⁻¹ IBA. Já para o material do campo, não houve diferença estatisticamente significativa entre as concentrações de IBA testadas, embora tenha sido verificada maior porcentagem de enraizamento com o controle e com 1000 mgL⁻¹ IBA. Para massa seca de raízes formadas por miniestaca, os melhores resultados foram evidenciados sem o tratamento auxínico, porém para miniestacas da casa-de-vegetação o controle e o tratamento com 250 mgL⁻¹ IBA não apresentaram diferença estatisticamente significativa. Para o local de coleta das miniestacas, não houve diferença estatisticamente significativa entre as concentrações de IBA, com exceção do tratamento com 500 mgL⁻¹ de IBA, que apresentou maior massa seca com miniestacas coletadas da casa-de-vegetação.

Estes resultados podem ser demonstrados nas Figuras 03 e 04, que evidenciam tendências para as variáveis referentes ao enraizamento, coletadas da casa-de-vegetação e do campo, submetidas a diferentes concentrações de IBA (0, 250, 500 e 1000 mgL⁻¹), ajustadas pelas equações polinomiais de segunda ordem. Para material coletado da casa-

de-vegetação, verifica-se uma tendência de aumento na porcentagem de enraizamento, com a menor concentração de IBA testada. Já para brotações coletadas do campo, nota-se uma tendência de aumento na porcentagem de enraizamento com a testemunha, seguida de uma diminuição com as concentrações de 250 e 500 mgL⁻¹ e de um aumento com a mais alta concentração de IBA testada.

Para a porcentagem de miniestacas com calos, vivas e mortas não foram constatados valores significativos para a interação das concentrações de IBA e local de coleta das miniestacas, sendo apresentados por esta razão somente os resultados das médias obtidas (Tabela 04).

TABELA 03 - Resultados da comparação das médias para porcentagens de miniestacas de *P. taeda* enraizadas, comprimento das três maiores raízes, número e massa seca de raízes formadas por miniestaca, provenientes da interação do local de coleta das miniestacas (casa-de-vegetação e campo) e das concentrações de IBA (0, 250, 500 e 1000 mgL⁻¹), coletadas na primavera de 2003.

Tratamentos IBA (mgL ⁻¹)	Miniestacas enraizadas (%)		Comprimento das três maiores raízes (cm)		Número de raízes		Massa seca de raízes (mg)	
	Casa vegetação	Campo	Casa vegetação	Campo	Casa vegetação	Campo	Casa vegetação	Campo
0	12,50ab B	18,75 a A	8,17	8,16	14,97	14,58	39,26a A	37,78 a A
250	16,25 a A	11,25 a B	7,11	8,09	10,67	12,70	29,65a A	27,24 b A
500	11,25ab A	10,94 a A	6,44	5,89	10,20	9,35	24,93b A	21,75 c B
1000	7,50 b B	16,25 a A	4,33	4,55	7,00	6,57	14,19c A	14,46 d A

Médias seguidas da mesma letra minúscula na vertical, para concentração de IBA e médias seguidas da mesma letra maiúscula na horizontal, para local de coleta das miniestacas, não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os resultados da análise de variância estão apresentados no Anexo 11.

TABELA 04 - Resultados da comparação das médias para porcentagens de miniestacas de *P. taeda* com calos, vivas e mortas, provenientes da interação do local de coleta das miniestacas (casa-de-vegetação e campo) e das concentrações de IBA (0, 250, 500 e 1000 mgL⁻¹), coletadas na primavera de 2003.

Tratamentos IBA (mgL ⁻¹)	Miniestacas com calos (%)		Miniestacas vivas (%)		Miniestacas mortas (%)	
	Casa vegetação	Campo	Casa vegetação	Campo	Casa vegetação	Campo
0	33,75	48,75	15,00	15,00	38,75	17,50
250	41,25	48,75	13,75	15,00	28,75	25,00
500	32,50	32,81	17,50	20,31	38,75	35,94
1000	27,50	30,00	13,75	12,50	51,25	41,25

Os resultados da análise de variância estão apresentados no Anexo 12.

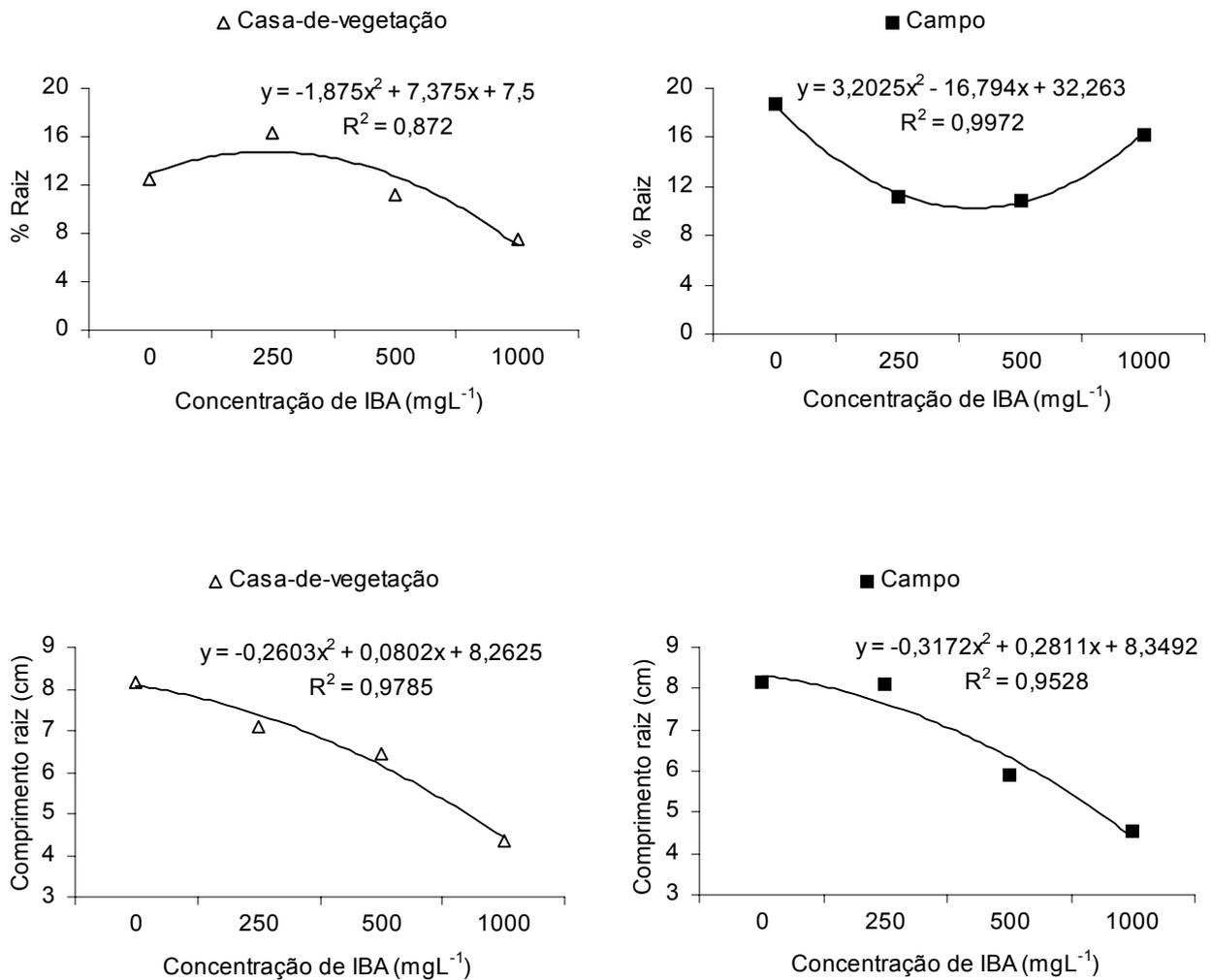


FIGURA 03 – Resultados das médias para porcentagens de miniestacas de *P. taeda* enraizadas e comprimento das três maiores raízes formadas por miniestaca, provenientes da casa-de-vegetação e do campo, tratadas com IBA (0, 250, 500 e 1000 mgL⁻¹), coletadas na primavera de 2003.

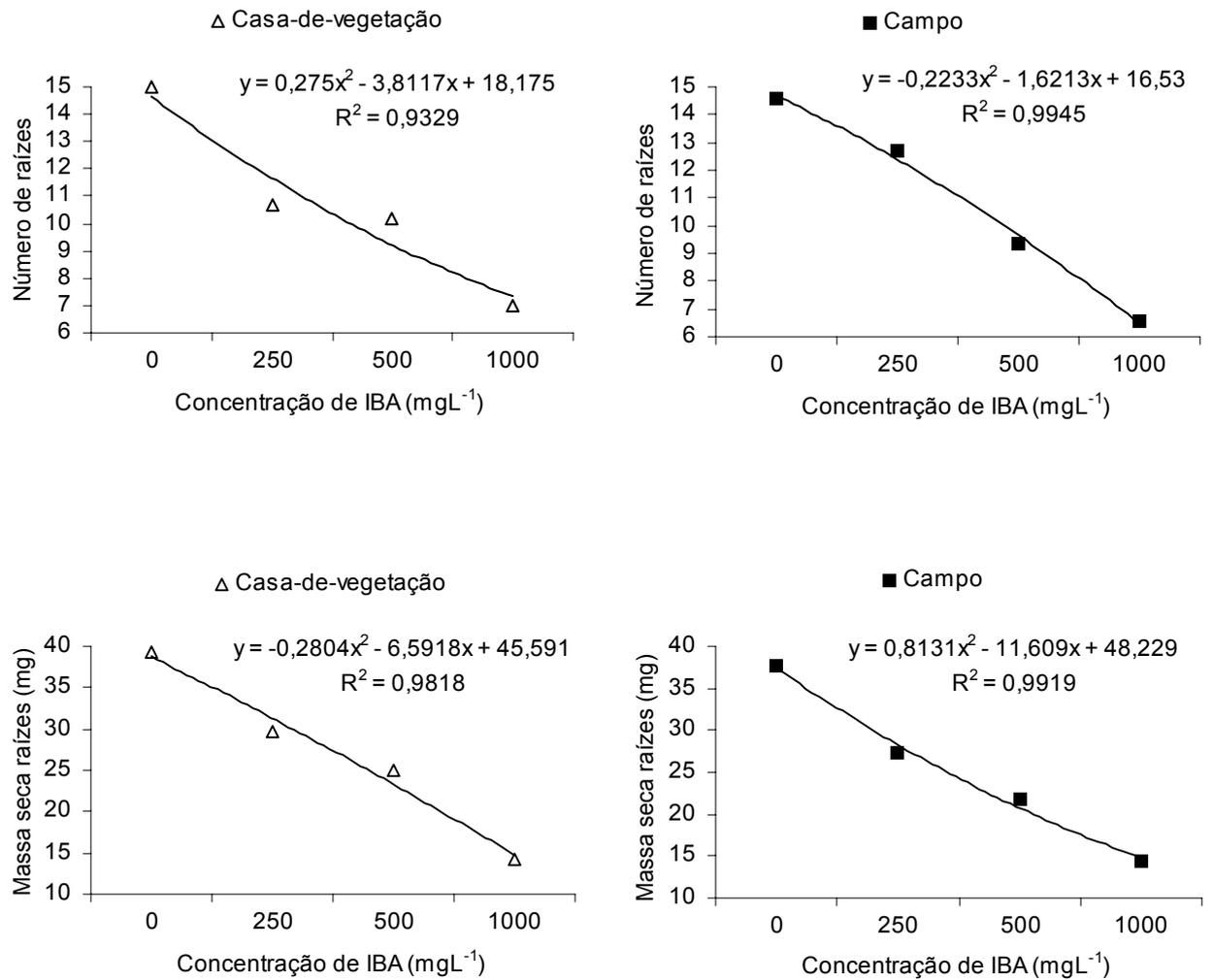


FIGURA 04 – Resultados das médias para o número e massa seca de raízes formadas por miniestaca de *P. taeda*, provenientes da casa-de-vegetação e do campo, tratadas com IBA (0, 250, 500 e 1000 mgL⁻¹), coletadas a primavera de 2003.

Resultados superiores de enraizamento e de massa seca de raízes formadas por miniestaca foram observados, de uma forma geral, com o controle e à medida que se diminui a concentração de IBA, evidenciando não ser a auxina endógena o fator limitante ao enraizamento adventício. Estes resultados concordam com a afirmação feita por FACHINELLO et al. (1995) de que o aumento da concentração de IBA aplicado em estacas provoca efeito estimulador para a formação de raízes até um limiar máximo, a partir do qual, qualquer acréscimo na concentração provoca efeito inibitório, uma vez que a resposta à aplicação de IBA irá depender da concentração endógena da auxina presente na estaca. Os resultados obtidos no presente trabalho estão de acordo com GREENWOOD e WEIR (1994) que notaram que a aplicação de auxina em estacas de *P. taeda* de cinco meses não promoveu o enraizamento adventício. Desta forma, sugeriram que a auxina não era o fator limitante na formação de raízes, mas que a presença de inibidores do enraizamento, a existência de poucos grupos de células responsivas a auxina ou até mesmo a ausência de sítios receptores específicos para a auxina poderiam estar limitando o enraizamento adventício.

GREENWOOD et al. (1980) também não notaram efeito significativo do IBA no enraizamento de estacas de *P. taeda*, provenientes de plantas matrizes de quatro anos coletadas na primavera, mesmo com a aplicação de uma alta concentração de auxina. Os autores compararam o efeito da aplicação de 10.000 mgL^{-1} IBA com o controle e verificaram a mesma porcentagem de enraizamento (8%) para ambos os tratamentos. Estes resultados estão de acordo com KIBBLER, JOHNSTON e WILLIAMS (2004b), que também não constataram aumento significativo no índice de enraizamento, com o aumento da concentração de auxina testada. Os autores testaram diferentes concentrações (1000, 2000 e 4000 mgL^{-1}) de IBA e de NAA no enraizamento de estacas caulinares de *Backhousia citriodora* de dois anos, coletadas na primavera. As maiores porcentagens de enraizamento foram obtidas com as mais baixas concentrações de IBA testadas (1000 e 2000 mgL^{-1}), apresentando respectivamente 70 e 80% de enraizamento, seguida de 20% com a mais alta concentração de IBA (4000 mgL^{-1}). Entretanto, com estacas de *P. echinata* foi verificado um aumento na porcentagem de enraizamento de 16 para 20%, com 0 e 10.000 mgL^{-1} IBA, respectivamente.

Baixas porcentagens de enraizamento foram constatadas no presente experimento, entretanto esses valores ainda são superiores aos obtidos por HAISSIG (1983) em um experimento realizado na primavera com estacas de *Pinus banksiana*. Neste, não ocorreu formação de raízes em estacas que não receberam tratamento auxínico, sendo observado

enraizamento (20%), somente quando as estacas foram tratadas com uma alta concentração de IBA (15.000 mgL^{-1}).

Os resultados obtidos para a variável massa seca de raízes formadas por miniestaca não concordam com HARTMANN et al. (2002), que afirmaram que a aplicação de auxina pode proporcionar além de maior índice de enraizamento, maior qualidade do sistema radicial, o que inclui maior massa seca de raízes formadas.

Os resultados constatados no presente trabalho também discordam com os apresentados por FRAMPTON et al. (1999), no qual observaram efeito positivo da auxina na massa seca de raízes formadas por estaca de *P. taeda* de duas famílias selecionadas, com um aumento médio de 26% para as estacas que receberam tratamento auxínico (10.300 mgL^{-1} IBA e 6.600 mgL^{-1} NAA), quando comparadas com o controle.

O teste de comparação de médias referente às concentrações de IBA testadas, para o comprimento das três maiores raízes, número de raízes formadas por miniestaca, porcentagem de miniestacas com calos e mortas (Tabelas 05 e 06) revelou, de uma forma geral, melhores resultados com a testemunha e à medida que se diminui a concentração de IBA.

TABELA 05 - Resultados da comparação das médias para porcentagens de miniestacas de *P. taeda* enraizadas, comprimento das três maiores raízes, número e massa seca de raízes formadas por miniestaca, tratadas com IBA (0, 250, 500 e 1000 mgL⁻¹), coletadas na primavera de 2003.

Tratamentos IBA (mgL ⁻¹)	Miniestacas enraizadas (%)	Comprimento das três maiores raízes (cm)	Número de raízes	Massa seca de raízes (mg)
0	15,63	8,17 a	14,78 a	38,52
250	13,75	7,60 ab	11,69 b	28,44
500	11,13	6,17 bc	9,78 b	23,34
1000	11,88	4,44 c	6,79 c	14,33

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os resultados da análise de variância estão apresentados no Anexo 11.

TABELA 06 - Resultados da comparação das médias para porcentagens de miniestacas de *P. taeda* com calos, vivas e mortas, tratadas com IBA (0, 250, 500 e 1000 mg L⁻¹), coletadas na primavera de 2003.

Tratamentos IBA (mgL ⁻¹)	Miniestacas com calos (%)	Miniestacas vivas (%)	Miniestacas mortas (%)
0	41,25 a	15,00	28,13 b
250	45,00 a	14,38	26,88 b
500	32,69 ab	18,94	37,38 b
1000	28,75 b	13,13	46,25 a

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os resultados da análise de variância estão apresentados no Anexo 12.

O teste de comparação de médias referente ao local de coleta das miniestacas, para porcentagens de miniestacas com calos e mortas (Tabela 08), revelou maior índice de formação de calos e menor mortalidade para as miniestacas coletadas do campo. Para a porcentagem de miniestacas enraizadas, comprimento das três maiores raízes, número médio de raízes e massa seca de raízes não foram constatados valores significativos para o local de coleta das miniestacas, sendo assim apresentados somente os resultados das médias obtidas (Tabela 07).

TABELA 07 - Resultados da comparação das médias para porcentagens de miniestacas de *P. taeda* enraizadas, comprimento das três maiores raízes, número e massa seca de raízes formadas por miniestaca, para local de coleta das miniestacas (casa-de-vegetação e campo), coletadas na primavera de 2003.

Tratamentos	Miniestacas enraizadas (%)	Comprimento das três maiores raízes (cm)	Número de raízes	Massa seca de raízes (mg)
Casa-de-vegetação	11,88	6,51	10,71	27,01
Campo	14,31	6,67	10,80	25,31

Os resultados da análise de variância estão apresentados no Anexo 11.

TABELA 08 - Resultados da comparação das médias para porcentagens de miniestacas de *P. taeda* com calos, vivas e mortas, para local de coleta das miniestacas (casa-de-vegetação e campo), coletadas na primavera de 2003.

Tratamentos	Miniestacas com calos (%)		Miniestacas vivas (%)		Miniestacas mortas (%)	
Casa-de-vegetação	33,75	b	15,00		39,38	a
Campo	40,06	a	15,69		29,94	b

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os resultados da análise de variância estão apresentados no Anexo 12.

4.1.3 Experimento instalado no verão de 2004

Os resultados da análise de variância estão apresentados nos Anexos 13 e 14. De acordo com os dados, observou-se que as variáveis analisadas apresentaram variâncias dos tratamentos homogêneas. A análise também revelou que a interação dos fatores concentração de IBA e local de coleta das miniestacas foi estatisticamente significativa para a variável número de miniestacas com calos, indicando para esta variável a dependência dos fatores testados. A variável número de miniestacas mortas apresentou valores significativos para os tratamentos de IBA testados. Desta forma foi realizado o teste de comparação de médias apenas para as variáveis porcentagens de miniestacas com calos e mortas, sendo apresentadas para as demais variáveis somente às médias obtidas.

Não ocorreu enraizamento com as miniestacas coletadas da casa-de-vegetação. Já para as miniestacas provenientes do campo houve uma baixa porcentagem de enraizamento, não sendo observados valores significativos para a interação dos fatores testados, sendo apresentados para as variáveis referentes à raiz os resultados das médias obtidas (Tabela 09).

O teste de comparação de médias, para a porcentagem de miniestacas com calos (Tabela 10), revelou um aumento na formação de calos com a testemunha e à medida que se diminui a concentração de IBA testada, tanto para as miniestacas coletadas da casa-de-vegetação como para as do campo. Para o local de coleta das miniestacas, não houve diferença estatisticamente significativa. Resultados semelhantes quanto à formação de calos foram constatados por HAMANN (1998) em estacas caulinares de *P. taeda* de três anos, sendo que após 90 dias da instalação do experimento foi verificada a formação de calo em 30% das estacas.

TABELA 09 - Resultados da comparação das médias para porcentagens de miniestacas de *P. taeda* enraizadas, comprimento das três maiores raízes, número e massa seca de raízes formadas por miniestaca, coletadas do campo e tratadas com IBA (0, 250, 500 e 1000 mgL⁻¹), coletadas no verão de 2004.

Tratamentos IBA (mgL ⁻¹)	Miniestacas enraizadas (%)	Comprimento das três maiores raízes (cm)	Número de raízes	Massa seca de raízes (mg)
0	2,50	0,40	1,50	1,55
250	1,25	0,10	0,20	0,48
500	0,00	0,00	0,00	0,00
1000	1,25	0,14	0,40	0,08

Os resultados da análise de variância estão apresentados no Anexo 13.

TABELA 10 - Resultados da comparação das médias para porcentagens de miniestacas de *P. taeda* com calos, vivas e mortas, provenientes da interação do local de coleta das miniestacas (casa-de-vegetação e campo) e das concentrações de IBA (0, 250, 500 e 1000 mgL⁻¹), coletadas no verão de 2004.

Tratamentos IBA (mgL ⁻¹)	Miniestacas com calos (%)		Miniestacas vivas (%)		Miniestacas mortas (%)	
	Casa vegetação	Campo	Casa vegetação	Campo	Casa vegetação	Campo
0	21,25 a A	22,50 a A	7,50	3,75	71,25	71,25
250	17,50 a A	12,50 ab A	12,50	8,75	70,00	77,50
500	7,50 b A	12,50 ab A	3,75	6,25	88,75	81,25
1000	3,75 b A	11,25 b A	5,00	8,75	91,25	78,75

Médias seguidas da mesma letra minúscula na vertical, para concentração de IBA e médias seguidas da mesma letra maiúscula na horizontal, para procedência das miniestacas não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os resultados da análise de variância estão apresentados no Anexo 14.

Para as variáveis porcentagem de miniestacas enraizadas, comprimento das três maiores raízes, número de raízes e massa seca de raízes formadas não foram observadas

valores significativos para os tratamentos de IBA testados, sendo apresentadas portanto somente as médias obtidas (Tabela 11).

O teste de comparação de médias, para a porcentagem de miniestacas mortas (Tabela 12), revelou de uma forma geral, alta porcentagem de mortalidade para todos os tratamentos. No entanto, com a utilização do IBA foi verificada maior porcentagem de mortalidade, porém não foi verificada diferença estatisticamente significativa entre a testemunha e a menor concentração de IBA, assim como também não houve diferença estatística entre os três últimos tratamentos testados.

TABELA 11 - Resultados da comparação das médias para porcentagem de miniestacas de *P. taeda* enraizadas, comprimento das três maiores raízes, número e massa seca de raízes formadas por miniestaca, submetidas a diferentes concentrações de IBA (0, 250, 500 e 1000 mgL⁻¹), coletadas no verão de 2004.

Tratamentos IBA (mgL ⁻¹)	Miniestacas enraizadas (%)	Comprimento das três maiores raízes (cm)	Número de raízes	Massa seca de raízes (mg)
0	1,25	0,20	0,75	0,78
250	0,63	0,05	0,10	0,24
500	0,00	0,00	0,00	0,00
1000	0,63	0,07	0,20	0,04

Os resultados da análise de variância estão apresentados no Anexo 13.

TABELA 12- Resultados da comparação das médias para porcentagens de miniestacas de *P. taeda* com calos, vivas e mortas, tratadas com IBA (0, 250, 500 e 1000 mg L⁻¹), coletadas no verão de 2004.

Tratamentos IBA (mgL ⁻¹)	Miniestacas com calos (%)	Miniestacas vivas (%)	Miniestacas mortas (%)
0	21,88	5,63	71,25 b
250	15,00	10,63	73,75 ab
500	10,63	5,00	85,00 a
1000	6,88	6,89	85,00 a

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os resultados da análise de variância estão apresentados no Anexo 14.

As altas porcentagens de mortalidade observadas possivelmente estejam relacionadas com o estágio de crescimento, balanços hormonais e grau de lignificação das miniestacas. Neste contexto, torna-se relevante considerar as afirmações propostas por HOFFMANN et al. (1994), de que a alta mortalidade decorre do baixo grau de lignificação dos tecidos da estaca, aliado a elevada temperatura da época do ano em que as brotações

foram coletadas. Principalmente devido ao fato das brotações terem sido coletadas no verão, período em que as plantas matrizes estavam sujeitas a temperaturas mais elevadas e por esta razão apresentavam-se mais susceptíveis ao estresse hídrico.

O efeito do estresse hídrico no enraizamento de estacas caulinares de *P. taeda* de três anos de idade foi estudado por MURTHY e GOLDFARB (2001), os quais constataram que as estacas coletadas no verão estavam mais susceptíveis ao estresse hídrico quando comparadas com as coletadas no inverno. Isto se deve ao fato de que as estacas coletadas no verão encontraram-se em crescimento vegetativo intenso e por isso apresentavam-se mais suscetíveis aos prejuízos causados pela falta de água do que estacas dormentes.

Com relação às condições ambientais do local onde se encontravam as plantas matrizes (casa-de-vegetação e campo), embora não tenha sido observada marcação extrema de temperatura, foram registradas as temperaturas mais elevadas. No entanto, o fato das miniestacas serem mais tenras pode ter ocasionado uma maior susceptibilidade ao estresse hídrico, mesmo sem grandes alterações nas condições ambientais dos minijardins clonais (Anexo 04 e 05). Segundo HARTMANN et al. (2002), as estacas mais tenras ou herbáceas requerem mais atenção quanto ao suprimento de água, a fim de prevenir sua dessecação.

Além do grau de lignificação das miniestacas, a temperatura dos minijardins clonais possivelmente esteja interferindo no conteúdo endógeno de auxinas e de co-fatores do enraizamento. Existe uma interação complexa entre a temperatura na qual a planta matriz se encontra, com os teores de auxinas e outros hormônios (MOE; ANDERSEN, 1988).

4.1.4 Experimento instalado no outono de 2004

Os resultados da análise de variância estão apresentadas no Anexo 15. De acordo com os dados, observou-se que as variáveis avaliadas apresentaram variâncias dos tratamentos homogêneas. A análise também revelou para as variáveis número de miniestacas com calos, vivas e mortas, diferença estatística para os tratamentos de IBA testados, assim como para o local de coleta das miniestacas (casa-de-vegetação e campo). Não ocorreu enraizamento das miniestacas.

O teste de comparação de médias, referente a concentração de IBA testada para porcentagem de miniestacas com calos, vivas e mortas (Tabela 13), revelou que o melhor resultado para a formação de calos foi observado com 500 mgL⁻¹ de IBA, entretanto este tratamento não diferiu estatisticamente da testemunha. Com relação à porcentagem de

miniestacas vivas, os melhores resultados foram obtidos com a testemunha, diferindo estatisticamente dos demais tratamentos testados. Também foi observada uma tendência de diminuição da porcentagem de miniestacas vivas à medida que se aumentou a concentração de IBA, no entanto estatisticamente não houve diferença entre as concentrações de IBA testadas.

De uma forma geral, elevadas porcentagens de mortalidade foram constatadas, sendo que as maiores porcentagens foram obtidas com os tratamentos auxínicos, no qual o tratamento com 1000 mgL⁻¹ de IBA apresentou a mais alta porcentagem (60%), mas não diferiu estatisticamente do tratamento com 250 mgL⁻¹ de IBA.

TABELA 13 - Resultados da comparação das médias para porcentagens de miniestacas de *P. taeda* com calos, vivas e mortas, tratadas com IBA (0, 250, 500 e 1000 mg L⁻¹), coletadas no outono de 2004.

Tratamentos IBA (mgL ⁻¹)	Miniestacas com calos (%)		Miniestacas vivas (%)		Miniestacas mortas (%)	
0	25,63	ab	36,88	a	36,88	c
250	18,75	bc	28,75	b	52,50	ab
500	28,23	a	24,38	b	46,88	b
1000	16,88	c	23,13	b	60,00	a

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os resultados da análise de variância estão apresentados no Anexo 15.

Os altos índices de mortalidade e a falta de enraizamento possivelmente estão relacionados com as condições fisiológicas da planta matriz, na qual foram coletadas as brotações. Neste sentido, FOSTER, STELZER e MCRAE (2000) afirmaram que as estacas de *P. taeda* coletadas no outono, podem apresentar o enraizamento adventício comprometido, uma vez que com a dormência das gemas no final do verão, as estacas estariam entrando em uma fase de reduzida atividade metabólica.

Um outro fator que pode ter agravado os altos índices de mortalidade observados, foi à diminuição da temperatura no final do outono e início do inverno de 2004, no ambiente de enraizamento (Anexo 03). O efeito negativo das mudanças no ambiente de enraizamento, já havia sido observado por FOSTER (1990), ao verificar uma diminuição na porcentagem de enraizamento de estacas caulinares de *P. taeda* de dois anos de idade. Entretanto, não foram mencionadas as taxas de mortalidade, sendo citada uma redução na porcentagem de enraizamento de 56,6% para 38,6%, a qual foi atribuída as mudanças ocorridas na casa-de-vegetação, dentre as quais se destacou a baixa temperatura.

Além das hipóteses já mencionadas, um outro fator que poderia explicar a falta de enraizamento é o fato das miniestacas coletadas no outono serem mais velhas (2,9 anos), quando comparadas por exemplo com as miniestacas coletadas no inverno (2 anos). Segundo WENDLING; XAVIER (2001), a maturação da planta matriz conduz a uma redução na habilidade de enraizamento, entretanto a idade exata na qual a diminuição ocorre pode variar entre espécies ou até mesmo entre clones da mesma espécie.

Os resultados do teste de comparação de médias para as variáveis que apresentaram valores significativos para o local de coleta das miniestacas estão apresentados na Tabela 14. De acordo com os dados, verificou-se que as miniestacas provenientes da casa-de-vegetação apresentaram as maiores porcentagens de miniestacas com calos e vivas, assim como a menor porcentagem de mortalidade, diferindo estatisticamente das miniestacas coletadas do campo.

TABELA 14 - Resultados da comparação das médias para porcentagens de miniestacas de *P. taeda* com calos, vivas e mortas, provenientes do local de coleta das miniestacas (casa-de-vegetação e campo), coletadas no outono de 2004.

Tratamentos	Miniestacas com calos (%)		Miniestacas vivas (%)		Miniestacas mortas (%)	
Casa-de-vegetação	29,37	a	35,94	a	34,38	b
Campo	15,63	b	20,63	b	63,75	a

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os resultados da análise de variância estão apresentados no Anexo 15.

4.2 EFEITO DA IDADE DAS MUDAS NO ENRAIZAMENTO DE MINIESTACAS DE *P. taeda*.

4.2.1 Experimento instalado no inverno de 2003

Os resultados da análise de variância estão apresentados nos Anexos 16 e 17. De acordo com os dados, observou-se que as variáveis analisadas apresentaram variâncias dos tratamentos homogêneas. A análise também revelou para as variáveis avaliadas, diferença estatisticamente significativa entre as diferentes idades de mudas testadas, com exceção do número de miniestacas mortas.

Os resultados do teste de comparação de médias, para a porcentagem de miniestacas enraizadas, comprimento das três maiores raízes, número e massa seca de raízes formadas por miniestaca, foram apresentados na Tabela 15. De acordo com os dados, verificou-se que as miniestacas coletadas de mudas mais novas (60 dias) apresentaram altas porcentagens de enraizamento (85%), bem como maior comprimento das três maiores raízes e maior número de raízes. Já as mudas de 90 dias apresentaram a maior massa seca de raízes, diferindo estatisticamente dos demais tratamentos testados. Estes resultados podem ser demonstrados na Figura 05, que evidenciam tendências para as variáveis referente ao enraizamento, de mudas de diferentes idades (60, 90, 120 e 150 dias), ajustadas pelas equações polinomiais de segunda ordem. De acordo com a curva observou-se claramente a tendência de aumento na porcentagem de enraizamento com a diminuição da idade das mudas.

Para porcentagem de miniestacas com calos, vivas e mortas (Tabela 16), o teste de comparação de médias revelou alta porcentagem de calos (76,25%) com mudas mais velhas (150 dias), diferindo estatisticamente dos demais tratamentos testados. Foi verificada uma redução na porcentagem de calos, com a diminuição da idade das mudas. Provavelmente pelo fato de que parte das miniestacas mais novas terem apresentado enraizamento indireto.

Para a variável, porcentagem de miniestacas vivas, os melhores resultados foram obtidos com mudas de 90, 120 e 150 dias, não havendo diferença estatisticamente significativa entre estes tratamentos. O índice de mortalidade observado foi bastante baixo, não atingindo 2% para nenhuma das idades de mudas testadas.

TABELA 15 - Resultados da comparação das médias para porcentagens de miniestacas de *P. taeda* enraizadas, comprimento das três maiores raízes, número e massa seca de raízes formadas por miniestaca, de diferentes idades, coletadas no inverno de 2003.

Tratamentos	Miniestacas enraizadas (%)		Comprimento das três maiores raízes (cm)		Número de raízes		Massa seca de raízes (mg)	
60 dias	85,00	a	6,92	a	7,39	a	25,09	b
90 dias	33,75	b	5,83	a	6,19	a	6,30	c
120 dias	17,50	c	2,81	b	2,30	b	8,27	c
150 dias	8,75	d	1,16	b	2,20	b	30,00	a

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os resultados da análise de variância estão apresentados no Anexo 16.

TABELA 16 - Resultados da comparação das médias para porcentagens de miniestacas de *P. taeda* com calos, vivas e mortas, de diferentes idades, coletadas no inverno de 2003.

Tratamentos	Miniestacas com calos (%)		Miniestacas vivas (%)		Miniestacas mortas (%)	
60 dias	10,00	d	3,75	b	1,25	
90 dias	45,00	c	21,25	a	0,00	
120 dias	56,25	b	25,00	a	1,25	
150 dias	76,25	a	15,00	a	0,00	

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os resultados da análise de variância estão apresentados no Anexo 17.

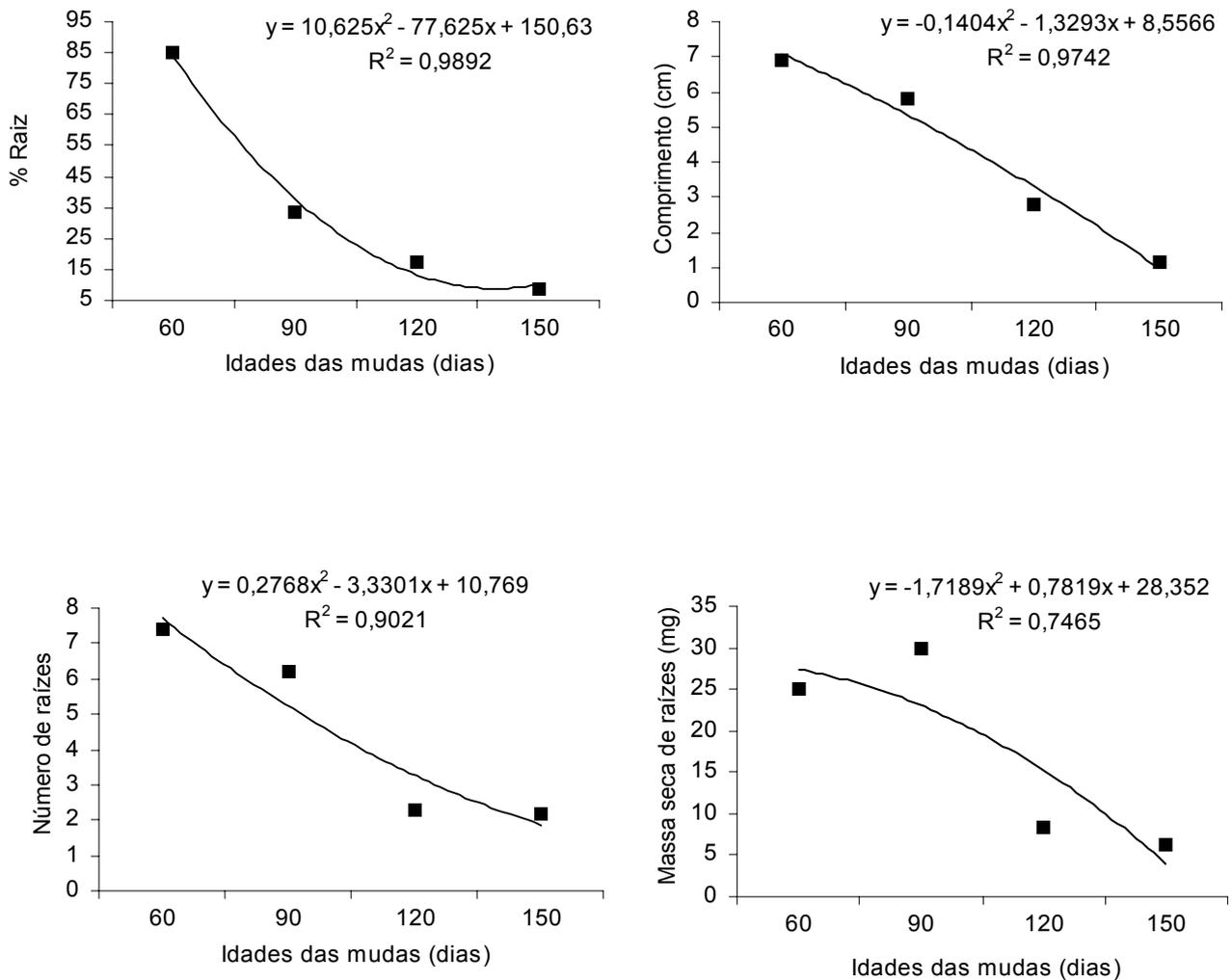


FIGURA 05 – Resultados das médias para porcentagens de miniestacas de *P. taeda* enraizadas, comprimento das três maiores raízes, número e massa seca de raízes formadas por miniestaca, de diferentes idades, coletadas no inverno de 2003.

O efeito positivo da juvenilidade da planta matriz de onde serão coletadas as brotações para a confecção da estaca, principalmente em espécies lenhosas, já havia sido relatado por BONGA (1982) e ZOBEL; TALBERT (1984). Sendo que diversos fatores podem estar relacionados com a juvenilidade e estar influenciando os resultados apresentados para as mudas de diferentes idades, dentre os quais está o balanço adequado entre promotores e inibidores do enraizamento.

Neste contexto, GREENWOOD e WEIR, (1994) afirmaram que a diminuição na porcentagem de enraizamento com o aumento da idade das mudas, provavelmente não esteja relacionada com a ausência de auxina endógena, mas pode ser consequência de barreiras químicas, como a presença de inibidores e ou a ausência de co-fatores do enraizamento, que podem estar prejudicando o processo de enraizamento em estacas provenientes de mudas mais velhas.

Segundo FACHINELLO et al. (1995), o fato de mudas mais velhas apresentarem piores respostas ao enraizamento quando comparadas com as mais novas, deve estar relacionado com o aumento no conteúdo de inibidores e com a diminuição no conteúdo de co-fatores do enraizamento. Neste sentido, DIAZ-SALA et al. (1996) verificaram que o ácido N-1 naftilfitalâmico (NPA) inibiu, nos três primeiros dias após a instalação do experimento, o transporte de auxina em estacas caulinares de *P. taeda*, impedindo assim o enraizamento adventício.

As variáveis avaliadas para a raiz permitiram com que o tratamento com mudas mais jovens possa ter sido considerado o melhor tratamento testado. Segundo ROWE et al. (2002) a qualidade do sistema radicial pode ser definida por variáveis como o número, comprimento e massa seca da raiz formada por estaca, assim como pela área total da raiz. Neste sentido, MCKEAND e ALLEN (1984) afirmaram que o estabelecimento da propagação vegetativa de *P. taeda* para fins comerciais depende da qualidade do sistema radicial, pois este terá papel preponderante no futuro crescimento da planta em campo.

Resultados semelhantes aos obtidos no presente trabalho com mudas de 60 dias, foram constatados por MURTHY e GOLDFARB (2001) com estacas de *P. taeda* originadas de plantas matrizes rejuvenescidas por podas sucessivas, as quais apresentaram 85% de enraizamento quando coletadas no inverno, porém foi constatado maior comprimento médio de raízes (43 cm) e menor número médio de raízes formadas por estaca (2,5). HAMANN (1998) também obteve resultados semelhantes aos do presente trabalho com mudas de oito meses, em um experimento realizado com estaquia de *P. taeda*, no qual foi comparado o enraizamento com plantas matrizes de três anos. Após três meses da instalação do

experimento, observou-se que 90% das mudas de oito meses haviam enraizado e que não houve formação de raízes com as plantas de três anos.

4.2.2 Experimento instalado na primavera de 2003

Os resultados da análise de variância estão apresentados nos Anexos 18 e 19. De acordo com os dados, observou-se que as variáveis analisadas apresentaram variâncias dos tratamentos homogêneas. A análise também revelou para as variáveis avaliadas diferença estatisticamente significativa entre as idades de mudas testadas, com exceção do comprimento das três maiores raízes formadas por miniestaca.

O teste de comparação de médias, para a porcentagem de miniestacas enraizadas, número e massa seca de raízes formadas por miniestaca (Tabela 17), revelou uma diminuição na porcentagem de enraizamento à medida que se aumentou a idade das mudas, entretanto não houve diferença estatisticamente significativa entre mudas de 60, 90 e 120 dias. Com relação a variável número de raízes formadas por miniestaca, os melhores resultados também foram verificados com mudas de 60, 90 e 120 dias. Já para massa seca de raízes formadas por miniestaca, o tratamento com mudas mais velhas (150 dias) foi o que apresentou resultados superiores, diferindo estatisticamente dos demais tratamentos testados. Estes resultados podem ser demonstrados na Figura 06, que evidenciam tendências para as variáveis referentes ao enraizamento de mudas de diferentes idades (60, 90, 120 e 150 dias), ajustadas pelas equações polinomiais de segunda e terceira ordem.

O teste de comparação de médias para porcentagem de miniestacas com calos, vivas e mortas (Tabela 18), revelou de uma forma geral, alta porcentagem de formação de calos para as diferentes idades de mudas testadas. Sendo que as maiores porcentagens foram obtidas com mudas de 120 dias, porém não houve diferença estatisticamente significativa com mudas de 60 e 150 dias. Os melhores resultados para a variável porcentagem de miniestacas vivas, foram verificados com mudas de 150 dias, diferindo estatisticamente dos demais tratamentos testados. Baixos índices de mortalidade também foram verificados na primavera, sendo que a menor porcentagem foi observada com mudas mais jovens (60 dias).

TABELA 17 - Resultados da comparação das médias para porcentagens de miniestacas de *P. taeda* enraizadas, comprimento das três maiores raízes, número e massa seca de raízes formadas por miniestaca, de diferentes idades, coletadas na primavera de 2003.

Tratamentos	Miniestacas enraizadas (%)	Comprimento das três maiores raízes (cm)	Número de raízes	Massa seca de raízes (mg)
60 dias	47,50 a	6,71	11,64 a	29,75 b
90 dias	40,00 a	8,22	11,76 a	30,69 b
120 dias	36,25 a	5,62	12,70 a	28,09 b
150 dias	17,50 b	6,03	9,00 b	35,48 a

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os resultados da análise de variância estão apresentados no Anexo 18.

TABELA 18 - Resultados da comparação das médias para porcentagens de miniestacas de *P. taeda* com calos, vivas e mortas de diferentes idades, coletadas na primavera de 2003.

Tratamentos	Miniestacas com calos (%)	Miniestacas vivas (%)	Miniestacas mortas (%)
60 dias	46,25 ab	5,00 c	1,25 b
90 dias	37,50 b	12,50 b	10,00 ab
120 dias	47,50 a	6,25 bc	10,00 ab
150 dias	43,75 ab	27,50 a	11,25 a

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os resultados da análise de variância estão apresentados no Anexo 19.

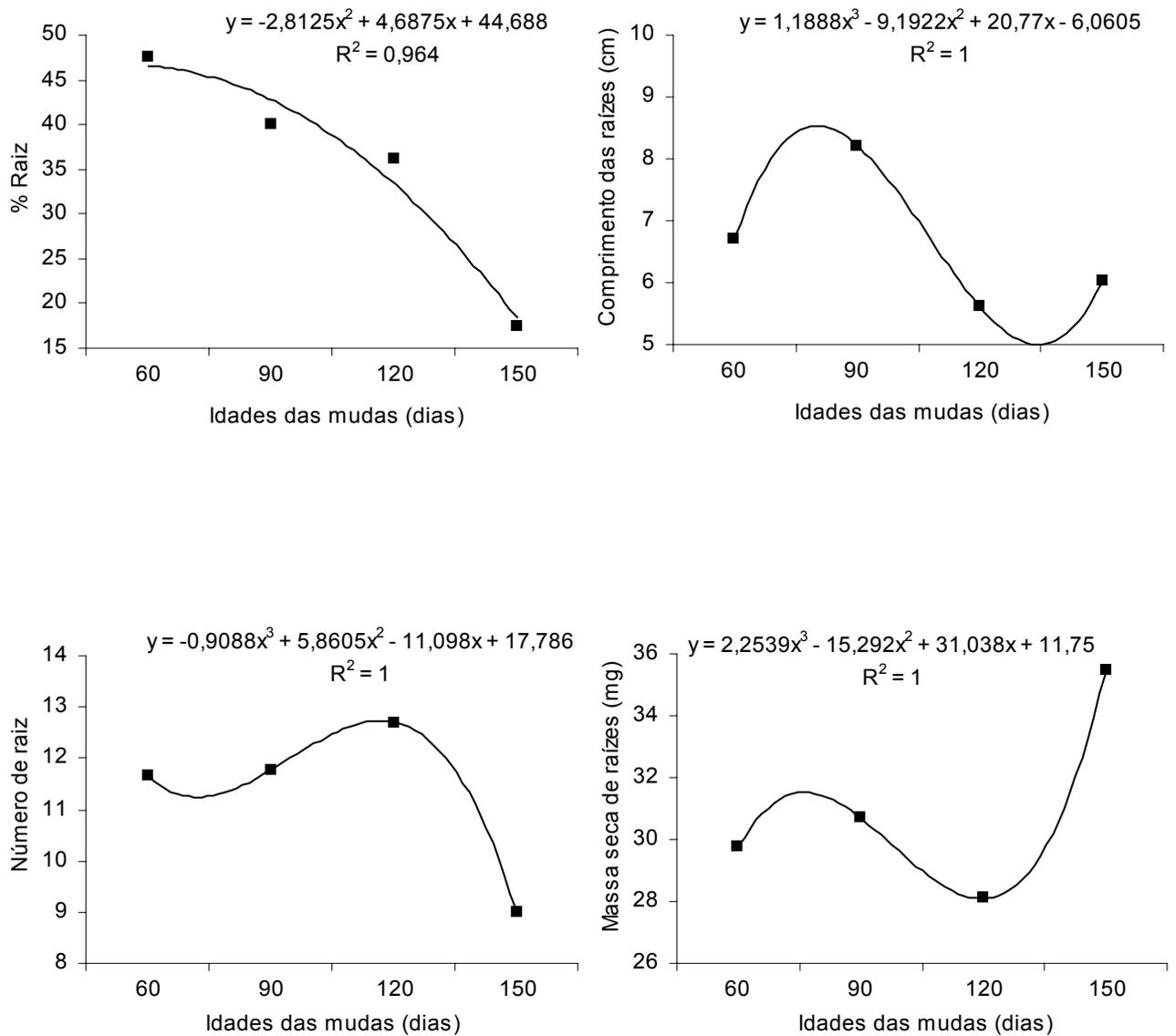


FIGURA 06 – Resultados da comparação das médias para porcentagens de miniestacas de *P. taeda* enraizadas, comprimento das três maiores raízes, número e massa seca de raízes formadas por miniestaca, de diferentes idades, coletadas na primavera de 2003.

Os dados sugeriram que, embora a maior massa seca de raízes tenha sido observada com mudas de 150 dias, a superioridade das mudas mais jovens, quanto à porcentagem de enraizamento e o número de raízes formadas por miniestaca permitem com que o tratamento com mudas mais jovens possam ser considerados os melhores tratamentos testados. Neste sentido, em um experimento realizado por GOLDFARB et al. (1998) com estaquia de *P. taeda*, foi correlacionado o efeito do número médio de raízes formadas por estaca com a sobrevivência e crescimento no campo, sendo verificada correlação positiva entre os dois fatores, de forma que todas as estacas que apresentaram seis ou mais raízes sobreviveram quando plantadas em campo.

A diminuição na porcentagem de enraizamento e no número de raízes formadas por miniestaca, verificadas com o aumento da idade das mudas, pode estar relacionada com a redução no nível endógeno de auxina na base da estaca, assim como pelo balanço inadequado entre fitorreguladores. Segundo TORREY (1996) o balanço hormonal entre as principais classes de fitorreguladores e uma interação adequada entre os mesmos deve estar ocorrendo de forma satisfatória, endogenamente na base da estaca, facilitando assim o processo de iniciação radicial. Porém, outros fatores endógenos como a ausência de co-fatores e ou a presença de inibidores podem estar dificultando o enraizamento adventício (FORD et al., 2002). Pois os co-fatores atuam como promotores do enraizamento, devido à interação dos mesmos com as auxinas endógenas, inibindo a destruição do IAA pela inativação do sistema IAA-oxidase (IAA-O). Neste caso na ausência de co-fatores, o sistema enzimático IAA-O pode estar atuando na inativação da auxina endógena (HARTMANN et al., 2002).

Mesmo que já seja amplamente reconhecido que o *P. taeda* é uma das espécies de difícil enraizamento (WISE; CALDWELL; 1994), torna-se relevante verificar os resultados obtidos por HAISSIG (1983) com mudas de *Pinus banksiana* de 90 dias, no qual constatou-se resultado superior de enraizamento (84%) quando comparados com os do presente trabalho, entretanto foram obtidos resultados inferiores quanto ao número de raízes (3,5)

Os resultados obtidos no presente trabalho discordam dos verificados por HAISSIG (1983), com estacas de *Pinus banksiana* coletadas na primavera, no qual não foi verificada diminuição na porcentagem de enraizamento com o aumento da idade das mudas, pois neste caso o enraizamento foi mantido em 80, 74 e 84% com mudas de 60, 89 e 90 dias, respectivamente.

Na análise da variável massa seca de raízes formadas por miniestaca, as mudas mais velhas (150 dias) apresentaram resultados superiores, possivelmente devido ao maior armazenamento de material fotossintético presente nestas estacas, pois as mudas foram

mantidas em casa-de-vegetação por um período de tempo maior que as mudas mais novas, podendo assim armazenar mais nutrientes necessários para o desenvolvimento radicial, uma vez que a taxa fotossintética neste momento é baixa. Segundo VEIERSKOV (1988), os carboidratos servem como fonte de energia necessária para a formação de novos tecidos e as reservas mais abundantes destes compostos correlaciona-se com maior sobrevivência das estacas.

Resultados semelhantes aos do presente trabalho, quanto à mortalidade também foram encontrados por ROWE, BLAZICH e WEIR (1999), com estacas caulinares de *P. taeda* de duas famílias selecionadas coletadas na primavera, sendo verificado 6 e 18% de mortalidade para cada uma das famílias testadas. KIBBLER, JOHNSTON e WILLIAMS (2004a) também observaram baixos índices de mortalidade (20%) com estacas juvenis de *Backhousia citriodora*, após três meses da instalação do experimento.

4.2.3 Experimento instalado no verão de 2004

Os resultados da análise de variância estão apresentados nos Anexos 20 e 21. De acordo com os dados, verificou-se que as variáveis analisadas apresentaram variâncias dos tratamentos homogêneas. A análise também revelou diferença estatisticamente significativa entre as idades de mudas testadas, para as variáveis avaliadas, com exceção do comprimento das três maiores raízes formadas por miniestaca e do número de miniestacas mortas.

O teste de comparação de médias, para porcentagem de miniestacas enraizadas, número médio de raízes e massa seca de raízes (Tabela 19), revelou que as maiores porcentagens de enraizamento foram observadas com mudas mais novas (60 dias). Para o número médio de raízes e massa seca de raízes formadas por miniestaca, os tratamentos com mudas de 60, 90 e 120 dias foram os que apresentaram os melhores resultados, não havendo diferença estatisticamente significativa entre eles. Mesmo que não tenha sido verificada diferença estatística para a variável comprimento das três maiores raízes, os melhores resultados também foram obtidos à medida que se diminui a idade das mudas. Estes resultados podem ser demonstrados na Figura 07, que evidenciam tendências para as variáveis referentes ao enraizamento de mudas de diferentes idades (60, 90, 120 e 150 dias), ajustadas pelas equações polinomiais de segunda ordem.

A análise das porcentagens de miniestacas com calos e vivas (Tabela 20), revelou que os melhores resultados quanto à formação de calos foram verificados com mudas de 150 dias e quanto à porcentagem de miniestacas vivas, com mudas de 120 e 150 dias, diferindo estatisticamente dos demais tratamentos testados. Esse comportamento ocorreu possivelmente devido ao fato das miniestacas mais novas terem formado raízes. Neste sentido HAMANN (1998) verificou, após três meses da instalação do experimento, a formação de 100% de calo em estacas caulinares de *P. taeda*, entretanto em sua avaliação considerou também as estacas que além de calo apresentaram a formação de raízes adventícias.

TABELA 19 - Resultados da comparação das médias para porcentagens de miniestacas de *P. taeda* enraizadas, comprimento das três maiores raízes, número e massa seca de raízes formadas por miniestaca, de diferentes idades, coletadas no verão de 2004.

Tratamentos	Miniestacas enraizadas (%)		Comprimento das três maiores raízes (cm)	Número de raízes		Massa seca de raízes (mg)	
60 dias	62,50	a	3,09	1,97	a	8,53	a
90 dias	32,50	b	3,06	2,02	a	9,66	a
120 dias	26,25	b	2,34	1,94	a	9,77	a
150 dias	8,75	c	1,34	0,97	b	3,58	b

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os resultados da análise de variância estão apresentados no Anexo 20.

TABELA 20 - Resultados da comparação das médias para porcentagens de miniestacas de *P. taeda* com calos, vivas e mortas, de diferentes idades, coletadas no verão de 2004.

Tratamentos	Miniestacas com calos (%)		Miniestacas vivas (%)		Miniestacas mortas (%)	
60 dias	27,50	c	10,00	b	0,00	
90 dias	52,50	b	12,50	b	2,50	
120 dias	52,50	b	20,00	a	1,25	
150 dias	67,50	a	21,25	a	2,50	

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os resultados da análise de variância estão apresentados no Anexo 21.

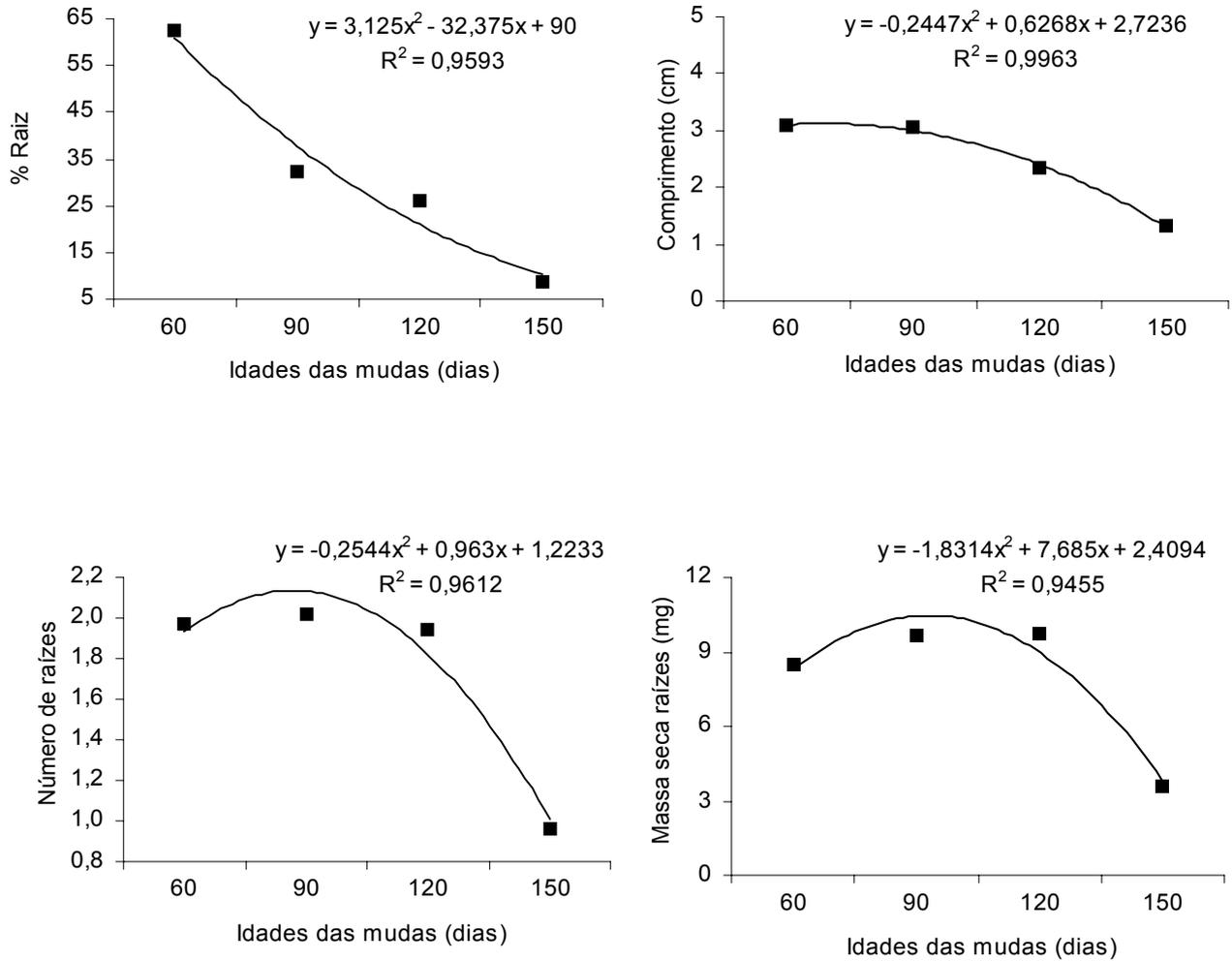


FIGURA 07 – Resultados da comparação das médias para porcentagens de miniestacas de *P. taeda* enraizadas, comprimento das três maiores raízes, número e massa seca de raízes formadas por miniestaca, de diferentes idades, coletadas no verão de 2004.

Os melhores resultados constatados com mudas de 60 dias, quanto à porcentagem de enraizamento possivelmente estejam relacionados com um balanço adequado entre promotores de enraizamento e ausência de barreiras químicas que poderiam estar interferindo o processo de iniciação radicial.

Os resultados de enraizamento obtidos no presente trabalho estão de acordo com os verificados por MURTHY e GOLDFARB (2001), que notaram em um experimento realizado com estacas caulinares de *P. taeda* de três anos rejuvenescidas com podas sucessivas, uma porcentagem similar de enraizamento (60%), quando as estacas foram coletadas no verão. Resultados semelhantes também foram constatados com o número médio de raízes (1,7). No entanto, os autores verificaram resultados superiores quanto ao comprimento médio de raízes formadas por estaca (11 cm).

Recentemente, ROWE et al. (2002) testaram o enraizamento de estacas de *P. taeda*, originadas de plantas matrizes de quatro sub-famílias selecionadas coletadas no verão, observando uma menor média na porcentagem de enraizamento (34,7%). Este comportamento também foi evidenciado em um experimento realizado com estacas de *Backhousia citriodora* coletadas no verão, no qual foi verificada menor porcentagem de enraizamento (40%) (KIBBLER; JOHNSTON; WILLIAMS, 2004a).

Os resultados do presente trabalho, com relação à porcentagem de calos estão de acordo com os obtidos por FLYGH et al. (1993), que afirmaram que em estacas de *Pinus*, a formação de calo usualmente precede a organização do meristema radicial. HAMANN (1998) constatou após três meses da instalação do experimento uma queda na formação de calos de 100 para 30% quando utilizou estacas de *P. taeda* provenientes, respectivamente de mudas mais novas (oito meses) e de mudas mais velhas (três anos).

4.2.4 Experimento instalado no outono de 2004

Os resultados da análise de variância estão apresentados nos Anexos 22 e 23. De acordo com os dados, verificou-se que as variáveis analisadas apresentaram variâncias dos tratamentos homogêneas. A análise também revelou diferença estatisticamente significativa entre as idades de mudas testadas, para as variáveis número de miniestacas enraizadas, com calos e vivas.

O teste de comparação de medias, para porcentagem de miniestacas enraizadas (Tabela 21), evidenciou baixa porcentagem de enraizamento, sendo que com mudas de 120

e 150 dias não houve formação de raízes e com os demais tratamentos o enraizamento não chegou a atingir 10%. Mas mesmo com baixos índices de enraizamento, houve uma tendência de aumento na formação de raízes, no comprimento médio das três maiores raízes, no número médio de raízes e massa seca de raízes formadas por miniestacas com a diminuição da idade das mudas. Estas tendências podem ser evidenciadas na Figura 08, ajustado pelas equações polinomiais de segunda ordem.

Para porcentagem de miniestacas com calos e vivas, o teste de comparação de médias (Tabela 22) revelou alta porcentagem de formação de calos para as miniestacas coletadas de mudas mais novas (60 e 90 dias), diferindo estatisticamente dos demais tratamentos testados. Com relação a variável porcentagem de miniestacas vivas, observa-se um alto índice principalmente para mudas de 120 dias, apresentando diferença estatística com os demais tratamentos testados.

TABELA 21 - Resultados da comparação das médias para porcentagens de miniestacas de *P. taeda* enraizadas, comprimento das três maiores raízes, número e massa seca de raízes formadas por miniestaca, de diferentes idades, coletadas no outono de 2004.

Tratamentos	Miniestacas enraizadas (%)		Comprimento das três maiores raízes (cm)	Número de raízes	Massa seca de raízes (mg)
60 dias	8,75	a	1,05	1,00	2,16
90 dias	2,50	ab	0,40	0,60	1,56
120 dias	0,00	b	0,00	0,40	0,72
150 dias	0,00	b	0,00	0,20	0,5

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os resultados da análise de variância estão apresentados no Anexo 22.

TABELA 22 - Resultados da comparação das médias para porcentagens de miniestacas de *P. taeda* com calos, vivas e mortas, de diferentes idades, coletadas no outono de 2004.

Tratamentos	Miniestacas com calos (%)		Miniestacas vivas (%)		Miniestacas mortas (%)
60 dias	62,50	a	28,75	c	0,00
90 dias	62,50	a	35,00	bc	0,00
120 dias	23,75	c	61,25	a	15,00
150 dias	48,75	b	47,50	b	3,75

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os resultados da análise de variância estão apresentados no Anexo 23.

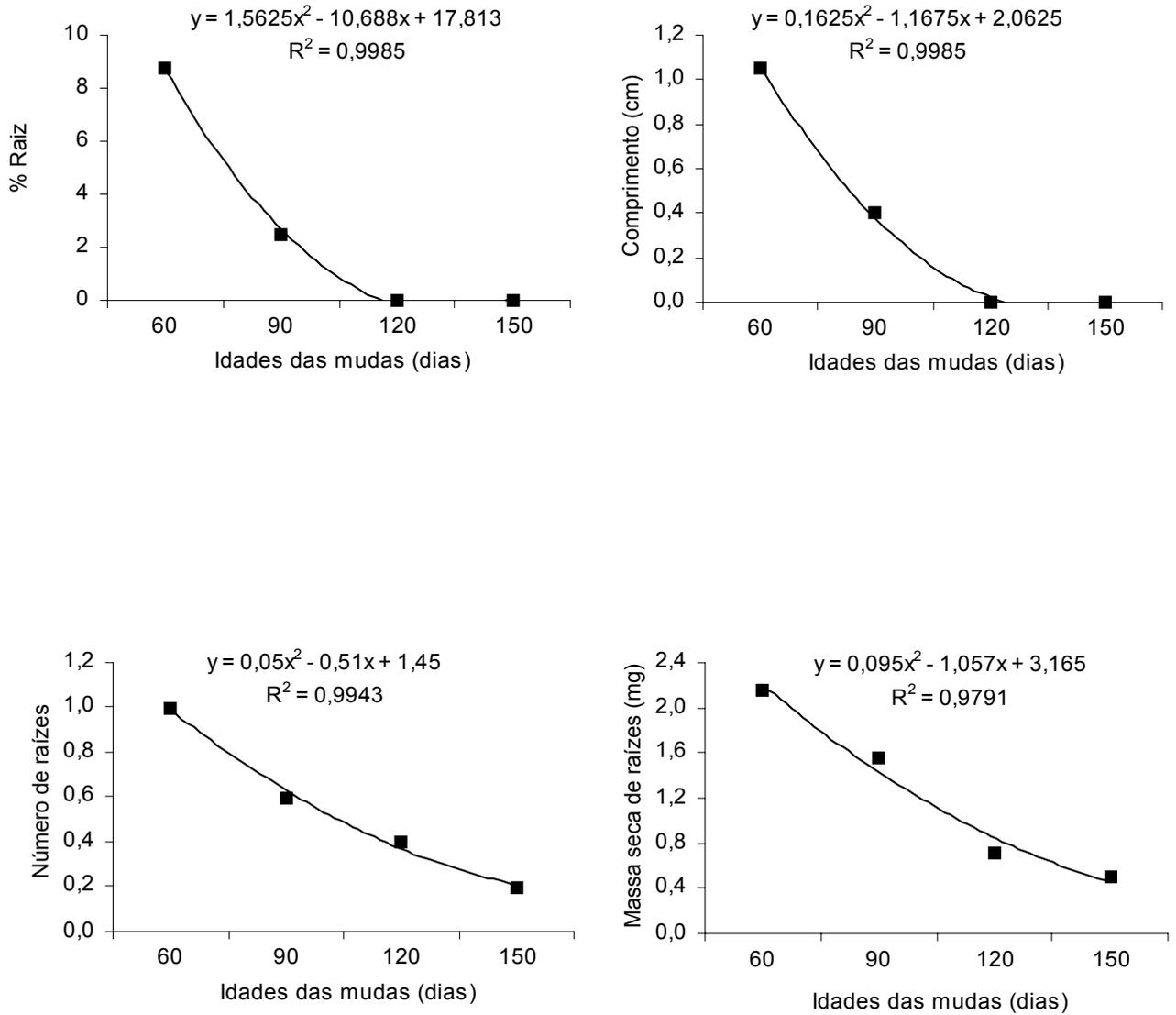


FIGURA 08 – Resultados da comparação das médias para porcentagens de miniestacas de *P. taeda* enraizadas, comprimento das três maiores raízes, número e massa seca de raízes formadas por miniestaca, de diferentes idades, coletadas no outono de 2004.

Resultados semelhantes aos do presente trabalho foram obtidos por KIBBLER, JOHNSTON e WILLIAMS (2004a), em um experimento realizado com estacas caulinares de *Backhousia citriodora* coletadas no outono. No qual foi observada baixa porcentagem de enraizamento (10%) quando as estacas foram tratadas com IBA (2000 mgL⁻¹), não sendo constatada formação de raízes com a testemunha, com as demais concentrações de IBA testadas (1000 e 2000 mgL⁻¹) e com os tratamentos com associação de IAA, NAA e IBA. Embora KIBBLER, JOHNSTON e WILLIAMS (2004b) tenham observado baixa porcentagem de enraizamento (35%) com estacas caulinares de *Backhousia citriodora* coletadas no outono, esses valores são superiores aos encontrados no presente trabalho para todas as idades de mudas testadas.

Segundo WILSON (1994) vários são os fatores que podem estar limitando o enraizamento adventício, sendo improvável que espécies de difícil enraizamento apresentem uma única causa responsável pelo baixo ou ausência de enraizamento. Uma das possíveis causas é a diminuição da atividade metabólica das miniestacas coletadas no outono, a qual já foi mencionada no primeiro experimento que avaliou a concentração de IBA, instalado no outono (HARTMANN et al., 2002).

4.3 COMPARAÇÃO ENTRE AS QUATRO ESTAÇÕES DO ANO

Com base nos resultados apresentados nos experimentos instalados nas quatro estações do ano, observou-se diferenças nas variáveis avaliadas de acordo com a época de instalação do experimento. Sendo apresentados gráficos da porcentagem de enraizamento nas quatro estações do ano, para miniestacas coletadas da casa-de-vegetação (Anexo 06), do campo (Anexo 07) e para miniestacas de mudas de diferentes idades (Anexo 08).

Para o experimento que avaliou o efeito do IBA e do tipo de minijardim clonal (casa-de-vegetação ou campo), foi verificada tendência de aumento na porcentagem de enraizamento, quando as miniestacas foram coletadas no inverno e na primavera. Com a instalação do experimento no verão, foi observada uma diminuição bastante pronunciada na porcentagem de enraizamento de miniestacas coletadas do campo e não foi constatado enraizamento com miniestacas da casa-de-vegetação. No outono não houve enraizamento (Anexo 06 e 07). ROWE, BLAZICH e WEIR (1999) também constataram que no inverno o enraizamento das estacas de *P. taeda* foi maior (61%) do que no verão (10%).

No experimento que avaliou o efeito da idade das mudas no enraizamento de miniestacas de *P. taeda* foi constatado que no inverno houve maior enraizamento, seguido do verão, primavera e outono (Anexo 08). Resultados semelhantes foram obtidos por MURTHY e GOLDFARB (2001), no qual foi verificada maior porcentagem de enraizamento com estacas de *P. taeda*, quando o experimento foi instalado no inverno (85%) do que no verão (60%). Segundo os autores, a diferença de enraizamento com base na estação de coleta das estacas reflete as modificações fisiológicas que ocorrem na planta matriz. Dentre estas modificações está a variação no nível de auxina endógeno (KIBBLER et al., 2004b). Neste contexto, DAVIES (1984) já havia sugerido que algumas espécies somente tornam-se sensíveis às auxinas, durante períodos específicos do ano.

Analisando as porcentagens de enraizamento dos experimentos instalados nas quatro estações do ano, verifica-se que o inverno foi uma época adequada para o enraizamento das miniestacas de *P. taeda*. Provavelmente isto se deva pelo fato de que as miniestacas coletadas no inverno passaram por um período de dormência e por isso apresentam maior reserva de carboidratos, capaz de suprir a miniestaca, o desenvolvimento da raiz e das brotações até que a nova planta se forme (HARTMANN et al., 2002).

Observa-se que, de uma forma geral, no outono houve menor enraizamento quando comparado com as demais épocas estudadas. Esta redução pode ser explicada pelo fato de que as miniestacas coletadas no outono foram expostas a um período de crescimento vegetativo intenso, ocasionado pelas estações que antecedem ao outono (verão e primavera) e portanto estão entrando em uma fase de reduzida atividade metabólica, o que conseqüentemente resulta na redução da formação de raízes adventícias.

Esta diminuição na porcentagem de enraizamento no outono foi constatada também por FOSTER, STELZER e MCRAE (2000) com estacas de *P. taeda*, sendo observada uma média de 50% de enraizamento para estacas coletadas na primavera e de 20%, para as estacas coletadas no outono.

Comparando as médias das porcentagens de enraizamento no verão, observam-se baixas porcentagens de enraizamento para o experimento que avaliou a concentração de IBA (Anexo 06 e 07), porém para o experimento que avaliou a idade das mudas o mesmo não ocorreu (anexo 08). Possivelmente a baixa porcentagem de enraizamento resulta da alta mortalidade verificada, como conseqüência da elevada temperatura da época em que o experimento foi instalado. Para as miniestacas do segundo experimento, provavelmente isto não ocorreu pelo fato das miniestacas enraizarem antes e sofrerem menos estresse causada pela elevada temperatura da época em que o material foi coletado.

5 CONCLUSÕES

Fundamentando-se nos resultados obtidos no presente trabalho, conclui-se que:

- A aplicação de ácido indolbutírico (IBA) apresenta pouca influência no enraizamento adventício de miniestacas de *P. taeda*;
- Miniestacas coletadas do minijardim clonal da casa-de-vegetação, que não receberam tratamento auxínico ou que foram tratadas com 250 mgL⁻¹ IBA apresentam tratamentos mais efetivos no enraizamento de miniestacas de *P. taeda*, coletadas no inverno e na primavera. Já para as miniestacas coletadas no inverno do minijardim clonal de campo, o tratamento com 500 e 1000 mgL⁻¹ IBA foram os mais promissores na indução do enraizamento adventício.
- A idade das mudas apresenta influência na promoção do sistema radicular de miniestacas de *P. taeda*, de forma que o aumento no índice de enraizamento ocorre com a diminuição da idade das mudas. Desta forma, o *P. taeda* pode ser considerado uma espécie de difícil enraizamento, quando não se utiliza material juvenil.
- Miniestacas de *P. taeda* apresentam heterogeneidade de resposta quanto ao enraizamento, nas quatro estações do ano. Sendo o inverno a época mais favorável para coleta das miniestacas provenientes de mudas juvenis, seguida do verão, primavera e outono. O inverno e a primavera foram às épocas mais propícias para a coleta das miniestacas provenientes de plantas matrizes de dois a 2,9 anos de idade.

REFERÊNCIAS *

ALFENAS, A. C.; ZAUZA, E. A. V.; MAFIA, R. G.; ASSIS, T. F. **Clonagem e doenças do Eucalipto**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2004. 442 p.

AMERSON, H. V. et al. Loblolly pine tissue culture: laboratory, greenhouse and field studies. In: HENKE, R. R. et al. **Tissue culture in forestry and agriculture**. New York: Plenum Press, 1985. p. 271-288.

ARTECA, R. N. **Plant growth substances: principles and applications**. New York: Chapman e Hall, 1996. 332 p.

ASSIS, T. F. Propagação vegetativa de *Eucalyptus* por microestaquia. In.: IUFRO Conference on Silviculture and improvement of Eucalypt, 1997, Salvador. **Proceedings...** Colombo: ABCTP/ Embrapa-CNPq, 1997, p. 300-304.

ASSIS, T. F. Evolution of technology for cloning *Eucalyptus* in large scale. In.: SIMPÓSIO INTERNACIONAL IUFRO, 2001, Valdivia, **Anais...** Valdivia, 2001. 16p. (CD-Rom).

BERTOLOTI, G.; GONÇALVES, A. N. **Enraizamento de estacas: especificações técnicas para construção do módulo de propagação**. Piracicaba: IPEF, 1980. 7p. (Circular técnica, 94).

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: Discorides Press, 1987. p. 132-149 (Advances in Plant Sciences Series, 2).

BONGA, J. M. Vegetative propagation in relation to juvenility, maturity and rejuvenation. In: BONGA, J. M.; DURZAN, D. J. **Tissue culture in forestry**. Dordrecht: Martinus Nijhoff, 1982, p. 387-412.

BROWNE, R. D.; DAVIDSON, C. G.; ENNS, S. M. Improvements in asexual multiplication procedures for jack pine (*Pinus banksiana*). **New Forests**, Dordrech, v. 19, n. 3, p. 259-278, 2000.

DAVIES, F. T. Shoot RNA, cambial activity and indolebutyric acid effectivity in seasonal rooting of juvenile and mature *Ficus pumila* cuttings. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 62, p. 571-575, 1984.

* Normas:
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ. Sistema de Bibliotecas. **Normas para apresentação de trabalhos**. Curitiba, 2000. pt. 6: Referências.

DIAZ-SALA, C.; HUTCHISON, K. W.; GOLDFARB, B.; GREENWOOD, M. S. Maturation-related loss in rooting competence by loblolly pine stem cuttings: The role of auxin transport, metabolism and tissue sensitivity. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 97, n. 3, p. 481-490, 1996.

FACHINELLO, J. C.; HOFFMANN, A.; NACHTIGAL, J. C.; KERSTEN, E.; FORTES, G. R. L. **Propagação de plantas frutíferas de clima temperado**. 2 ed. Pelotas: Editora e gráfica universitária, 1995. 178 p.

FLYGH, G. R.; GROONROOS, L.; GULIN, L.; VON ARNOLD S. Early and late root formation in epicotyl cuttings of *Pinus sylvestris* after auxin treatment. **Tree Physiology**, Victoria, v. 12, n.1, p. 81-92, 1993.

FORD, Y-Y; BONHAM, E. C.; CAMERON, R. W. F.; BLAKE, P. S.; JUDD, H. L.; HARRISON-MURRAY, R. S. Adventitious rooting: examining the role of auxin in an easy-and a difficult-to-root plant. **Plant Growth Regulation**, Dordrecht, v. 36, n. 2, p. 149-159, 2002.

FOSTER, G. S. Genetic control of rooting ability of stem cutting from loblolly pine. **Canadian Journal Forestry Research**, Ottawa, v. 20, n. 9, p. 1361-1368, 1990.

FOSTER, G. S.; STELZER, H. E.; MCRAE, J. B. Loblolly pine cutting morphological traits: effects on rooting and field performance. **New Forests**, Dordrecht, v. 19, n. 3, p. 291-306, 2000.

FRAMPTON, L. J.; HODGES, J. F. Nursery rooting of cuttings from seedlings of slash and loblolly pine. **Southern Journal Applied Forestry**, Bethesda, v. 13, p.127-132, 1989.

FRAMPTON, L. J.; GOLDFARB, B.; SURLES, S. E.; LAMBETH, C. C. Nursery rooting and growth of loblolly pine cuttings: effects of rooting solution and full-sib family. **Southern Journal Applied Forestry**, Bethesda, v. 23, n. 2, p.108-115, 1999.

GOLDFARB, B.; SURLES, E. S.; THETFORD, M.; BLAZICH, F. A. Effects of root morphology on nursery and first-year field growth of rooted cutting of loblolly pine. **Southern Journal Applied Forestry**, Bethesda, v. 22, n. 4, p.231-234, 1998.

GRATTAPAGLIA, D.; MACHADO, M. A. Micropropagação. In: TORRES, A; CALDAS, L.S. **Técnicas e aplicações da cultura de tecidos de plantas**. Brasília: ABCTP/EMBRAPA-CNPq, 1998, p. 133-260.

GREENWOOD, M. S.; MARINO, T. M.; MEIER, R. D.; SHAHAN, K. W. The role of mist and chemical treatments in rooting loblolly and shortleaf pine cuttings. **Forest Science**, Bethesda, v. 26, n. 4, p. 651-655, 1980.

GREENWOOD, M. S. Rejuvenation of forest trees. **Plant Growth Regulation**, Dordrecht, v. 6, n. 1/2, p. 1-12, 1987.

GREENWOOD, M. S.; FOSTER, G. S.; AMERSON, H. V. Vegetative propagation of southern pines. In.: DURYEY, M. L.; DOUGHERTY, P. M. **Forest regeneration manual**. Dordrecht: Kluwer Academic, p. 75-86, 1991.

GREENWOOD, M. S.; WEIR, R. J. Genetic variation in rooting ability of loblolly pine cuttings: effects of auxin and family on rooting by hypocotyls cuttings. **Tree Physiology**, Victoria, v. 15, n. 1, p. 41-45, 1994.

GREENWOOD, M. S. Juvenility and maturation in conifers: current concepts. **Tree Physiology**, Victoria, v. 15, n. 7/8, p. 433-438, 1995.

GREENWOOD, M. S.; CUI, X.; XU, F. Response to auxin changes during maturation-related loss of adventitious rooting competence in loblolly pine (*Pinus taeda*) stem cuttings. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 111, p. 373-380, 2001.

HAISSIG, B. E. N-phenyl indolyl-3-butyramide and phenyl indole-3-thiolobutyrate enhance adventitious root primordium development. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 57, n. 4, p. 435-440, 1983.

HAISSIG, B. E. Reduced irradiance and applied auxin influence carbohydrate relations in *Pinus banksiana* cuttings during propagation. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 78, n. 3, p. 455-461, 1990.

HAMANN, A. **Effects of hedging on maturation in loblolly pine: rooting capacity and root formation**. New York, 1995. 23 f. Dissertação (Master of Science Degree State University of New York) – College of Environmental Science and Forestry, Syracuse, New York.

HAMANN, A. Adventitious root formation in cuttings of loblolly pine (*Pinus taeda* L.): developmental sequence and effects of maturation. **Tree Physiology**, Victoria, v. 12, n. 3, p. 175-180, 1998.

HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E.; DAVIS JÚNIOR, F. T.; GENEVE, R. L. **Plant propagation: principles and practices**. 7 ed. New Jersey: Prentice Hall, 2002. 880 p.

HOFFMANN, A.; NACHTIGAL, J. C.; ROSSAL, P. A. L.; CASTRO, A. M.; FACHINELLO, J. C.; PAULETTO, E. A. Influência do substrato sobre o enraizamento de estacas semilenhosas de figueira e araçazeiro. **Revista brasileira de fruticultura**, Cruz das Almas, v. 16, n. 1, p. 302-307, 1994.

HOPKINS, W. G. **Introduction to plant physiology**. 2 ed. New York: John Wiley e Sons, 1999. 512 p.

HORGAN, K.; SKUDDER, D.; HOLDEN, G. In: IUFRO 97 GENETICS OF RADIATA PINE, 203, 1997, Rotorua. **Proceedings...** New Zealand Forest Research Institute, 1997. p. 273-280.

HOWARD, B. H. Relations between shoot growth and rooting of cuttings in three contrasting species of ornamental shrub. **Journal of Horticulture Science**, Ashford, v. 71, p. 591-605, 1996.

KIBBLER, H.; JOHNSTON, M. E. WILLIAMS, R. R. Adventitious root formation in cuttings of *Backhousia citriodora* F. Muell 1 Plant genotype, juvenility and characteristics of cuttings. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 102, n. 1, p. 133 – 143, 2004a.

KIBBLER, H.; JOHNSTON, M. E. WILLIAMS, R. R. Adventitious root formation in cuttings of *Backhousia citriodora* F. Muell 2 Seasonal influences of temperature, rainfall, flowering and auxins on the stock plant. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 102, n. 3, p. 343-358, 2004b.

MCKEAND, S. E.; ALLEN, H. L. Nutritional and root development factors affecting growth of tissue culture plantlets of loblolly pine. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 61, n. 3, p. 523-528, 1984.

MOE, R. ANDERSON, A. S. Stock plant environment and subsequent adventitious rooting. In.: DAVIS, T. D.; HAISSIG, B. E.; SANKHLA, H. **Adventitious root formation in cuttings**. Portland: Dioscorides Press, 1988. v. 9, p. 214-234.

MOHR, H.; SCHOPFER, P. **Plant Physiology**. Berlin: Springer-Verlag, 1995. 629 p.

MURTHY, R. GOLDFARB, B. Effect of handling and water stress on water status and rooting of loblolly pine stem cuttings. **New Forests**, Dordrecht, v. 21, n. 3, p. 217-230, 2001.

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

PARANÁ, Secretaria Estadual de Desenvolvimento Urbano. Municípios do Estado. **Paraná Cidades**. Disponível em: <http://www.paranacidade.org.br/municipios>. Acesso em: 21 out 2004.

ROCHA, P.; NIELLA, F. Research and development of vegetative propagation techniques for *Pinus* spp. In the northeast region of Argentina. In.: SOUTHERN FOREST TREE IMPROVEMENT CONFERENCE, 26, 2001, Athens. **Proceedings...** Athens, GA, 2001.

ROWE, D. B.; BLAZICH, F. A.; WEIR, R. J. Mineral nutrient and carbohydrate status of loblolly pine during mist propagation as influenced by stock plant nitrogen fertility. **Hortscience**, Alexandria, v. 34, n. 7, 1999, p. 1279-1285.

ROWE, D. B.; BLAZICH, F. A.; GOLDFARB, B. WISE, F. C. Nitrogen nutritional of hedged stock plants of loblolly pine. II. Influence of carbohydrate and nitrogen status on adventitious rooting of stem cuttings. **New Forests**, Dordrecht, v. 24, n. 1, p. 53-65, 2002.

SALISBURY, F. B.; ROSS, C. W. **Plant Physiology**. 4 ed. Califórnia: Wadsworth, 1992. 682 p.

SCHULTZ, R. I. Genetics and tree improvement. In: _____. **Loblolly pine: the ecology and culture of loblolly pine (*Pinus taeda* L.)**. New Orleans: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, 1997. p. 1-50.

SMITH, D. R.; THORPE, T. A. Root initiation in cuttings of *Pinus radiata* seedlings. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 26, n. 91, 1975. p.184-192.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

TOMASELLI, I. Oferta de *Pinus* no Brasil. **Revista da Madeira**, Curitiba, p. 6- 8, 2002 (edição especial).

TORREY, J. G. Endogenous and exogenous influences on the regulation of lateral root formation. In: JACSON, M. B. **New root formation in plants and cuttings**. Dordrecht: Martinus Nijhoff, 1996. p. 31-66.

VALDÉS, A. E.; CENTENO, M. L.; ESPINEL, S.; FERNÁNDEZ, B. Could plant hormones be the basis of maturation indices in *Pinus radiata*? **Plant Physiology and Biochemistry**, New Delhi, v. 40, p. 211-216, 2002.

VALDÉS, A. E.; FERNÁNDEZ, B.; CENTENO, M. L. Hormonal changes throughout maturation and ageing in *Pinus pinea* **Plant Physiology and Biochemistry**, New Delhi, v. 42, p. 335-340, 2004.

VEIERSKOV, V. B. Relations between carbohydrates and adventitious root formation. In: DAVIS, T. D.; HAISSIG, B. E.; SANKLHA, N. **Adventitious root formation in cuttings**. Portland: Discorides Press, 1988. p. 70-78.

WAGNER, A. M.; FISHER, J. T.; FANCHER, G. A. Vegetative propagation of 10-year-old Blue Spruce by stem cuttings. In: FOREST NURSERY ASSOCIATION MEETING, 1989, Bismarck. **Proceedings...**, COEUR D'ALENE: Intermountain Forest Nursery Association, 1989. p. 70-75.

WENDLING, I.; XAVIER, A. Gradiente de maturação e rejuvenescimento aplicado em espécies florestais. **Floresta e ambiente**, Viçosa, v. 8, n. 1, p. 187-194, 2001.

WISE, F. C.; CALDWELL, T. D. Macropropagation of conifers by stem cuttings. In: FOSTER, G. S.; DINER, A. M. **Applications of vegetative propagation in forestry**. New Orleans: USDA Forest Service, p. 51-73, 1994.

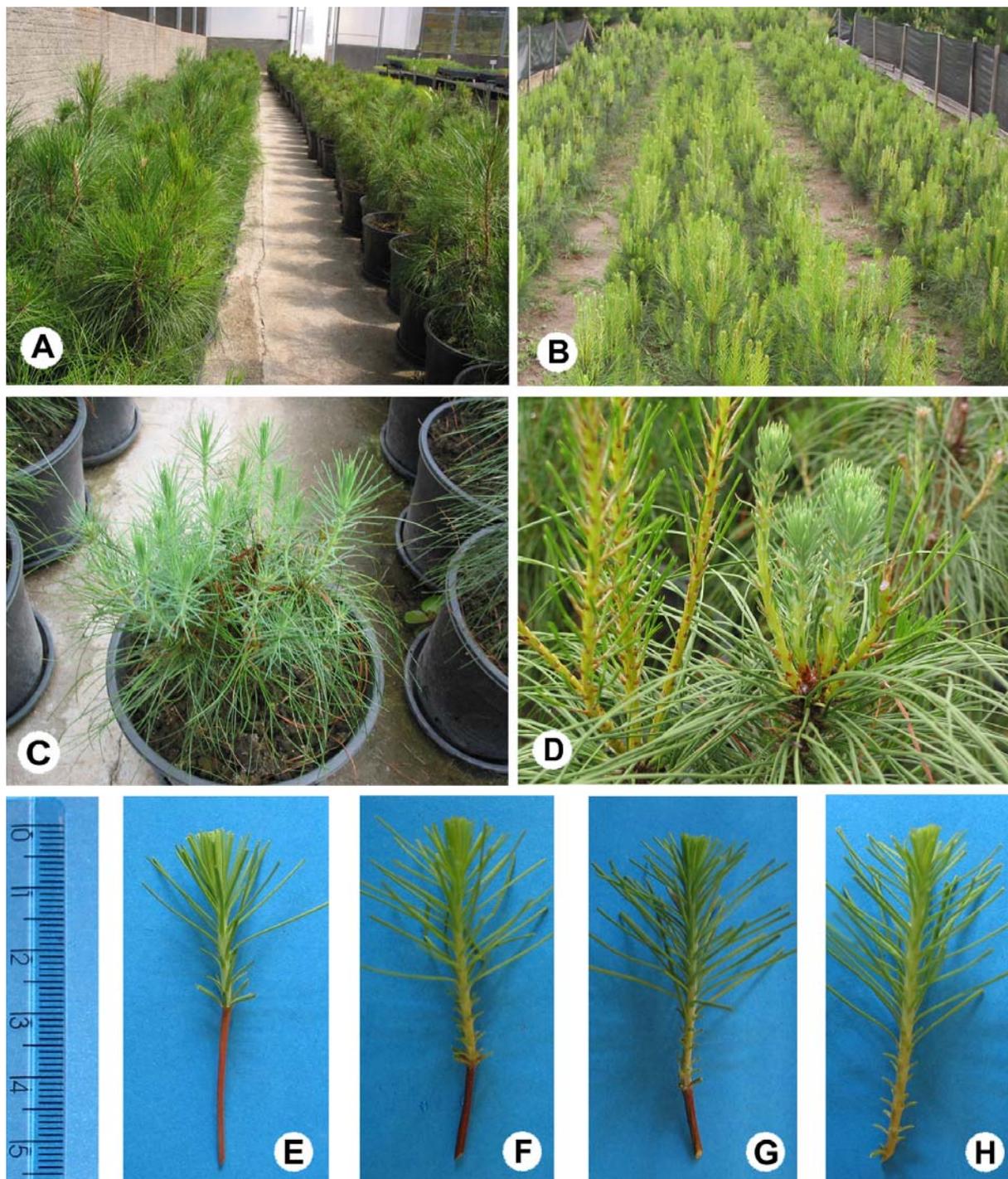
WILSON, P. J. The concept of limiting rooting morphogen in woody stem cuttings. **Journal of Horticultural Science**, Ashford, v. 69, n. 4, p. 591-600, 1994.

XAVIER, A. **Silvicultura clonal**: princípios e técnicas de propagação vegetativa. Viçosa: UFV, 2002. 64 p.

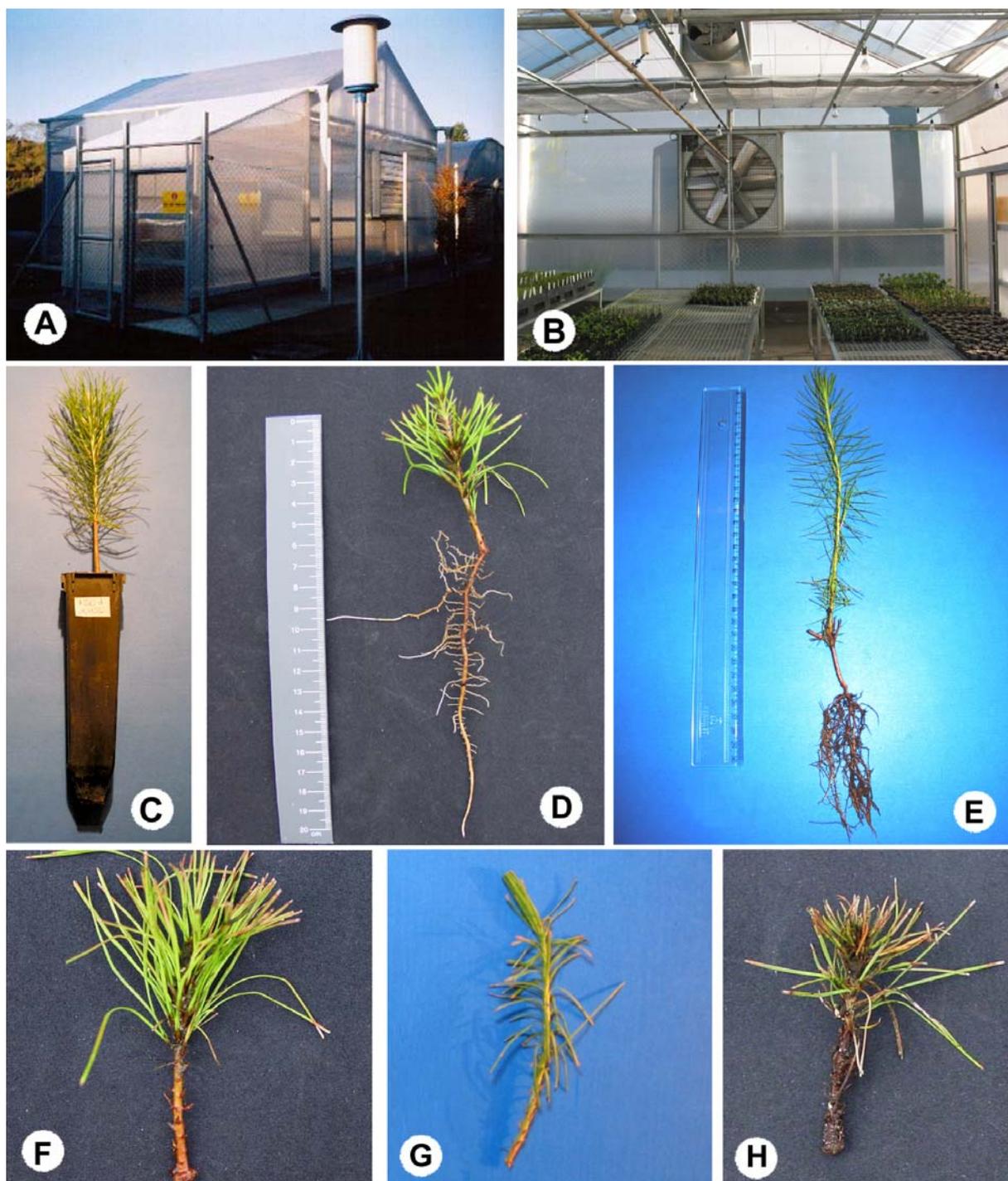
ZOBEL, B. J.; TALBERT, J. T. **Applied forest tree improvement**. North Carolina. Wiley and Sons, 1984. 505 p.

ZOBEL, B. J. Vegetative propagation in production forestry. **Journal of Forestry**, Bethesda, p. 29-33, v.90, n.4, 1992.

ANEXOS

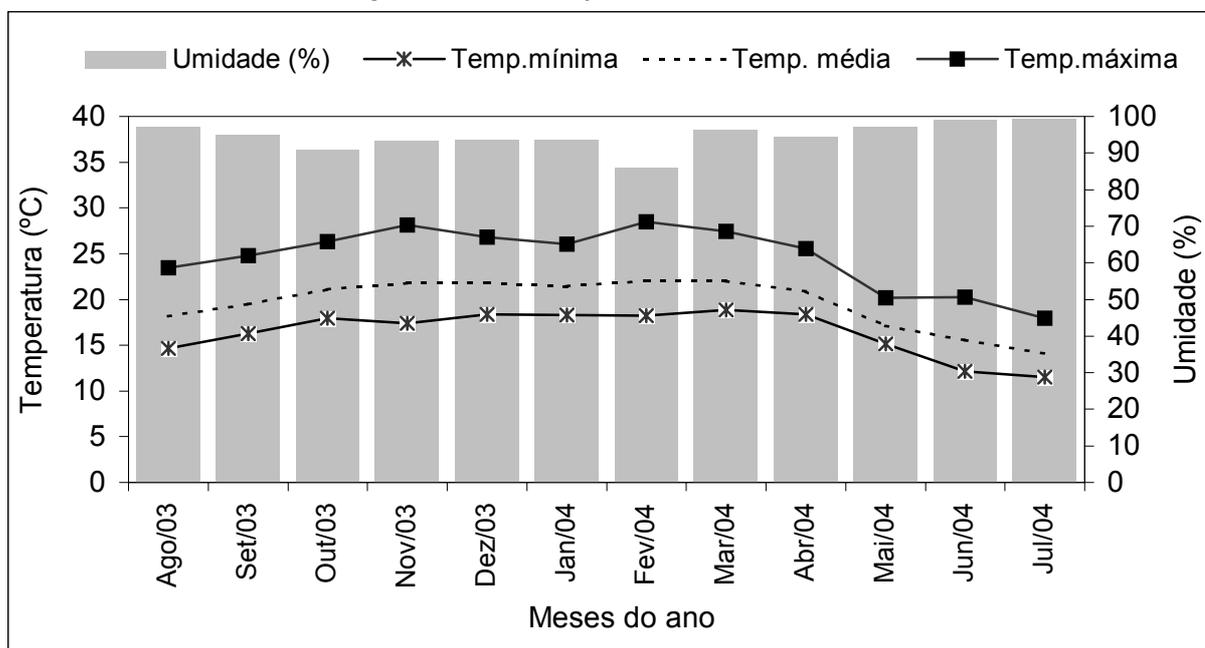


ANEXO 01 – Miniestaquia de *P. taeda*, realizada na primavera de 2003: A- Minijardim clonal de casa-de-vegetação; B- Minijardim clonal de campo; C- Detalhe da minicepa em vaso do minijardim clonal de casa-de-vegetação; D- Detalhe da minicepa do minijardim clonal de campo; E- Miniestaca de 60 dias; F- Miniestaca de 90 dias; G- Miniestaca de 120 dias; H- Miniestaca de 150 dias.

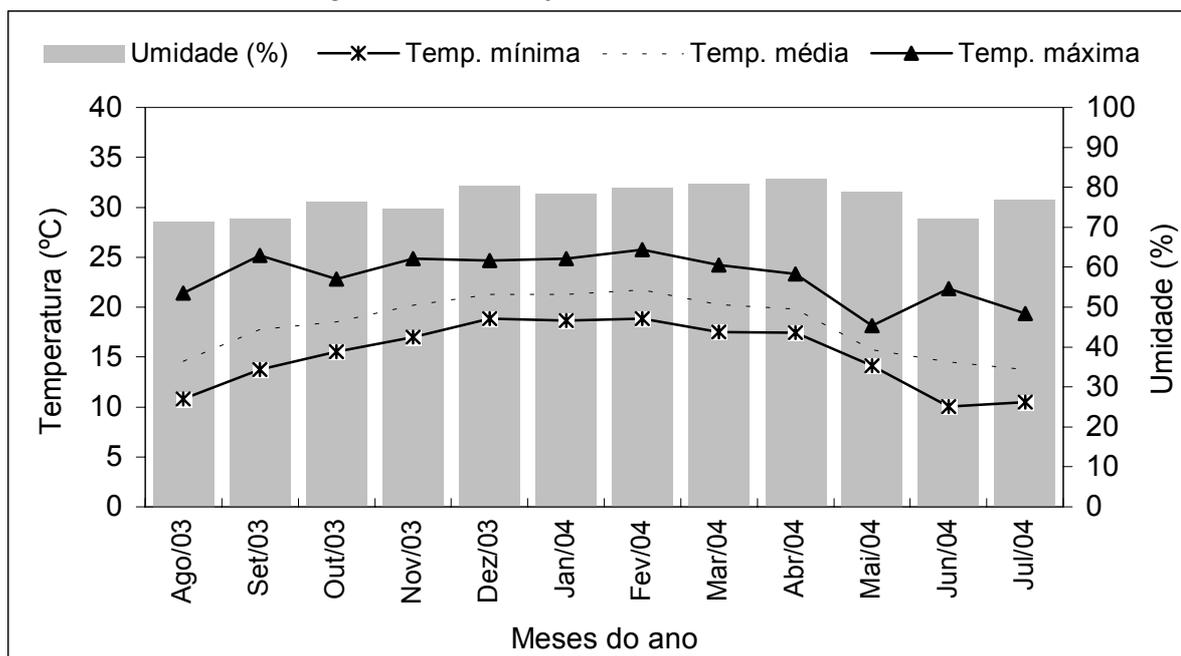


ANEXO 02 – A- Casa-de-vegetação do Setor de Ciências Biológicas da UFPR (CTINFRA-FINEP); B- Miniestacas de *P. taeda*, mantidas em casa-de-vegetação; C- Miniestaca de *P. taeda*, em tubete de polipropileno; D- Aspecto do sistema radicial de miniestaca de *P. taeda* de 2,3 anos de idade; E- Aspecto do sistema radicial de miniestaca de *P. taeda* de 60 dias; F- Detalhe da formação de calo em miniestaca de *P. taeda*; G- Detalhe de miniestaca de *P. taeda* viva; H- Detalhe de miniestaca de *P. taeda* morta.

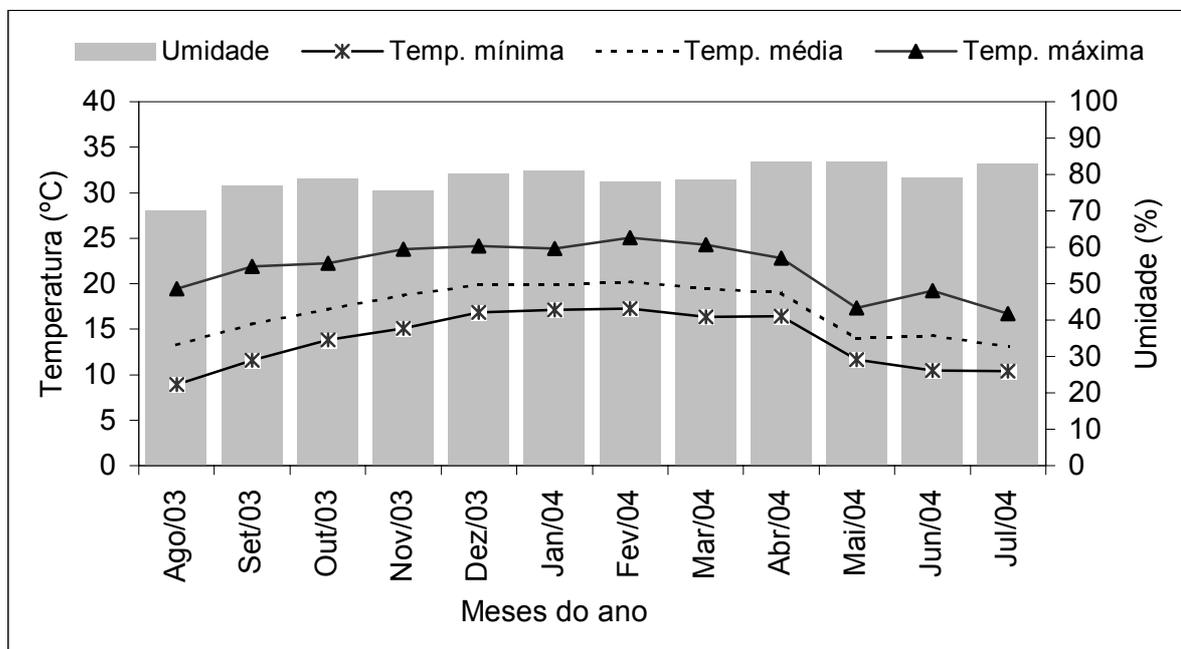
ANEXO 03 – Umidade média e temperaturas médias da mínima, média e da máxima mensal da casa-de-vegetação do Departamento de Ciências Biológicas da UFPR, de agosto de 2003 a julho de 2004.



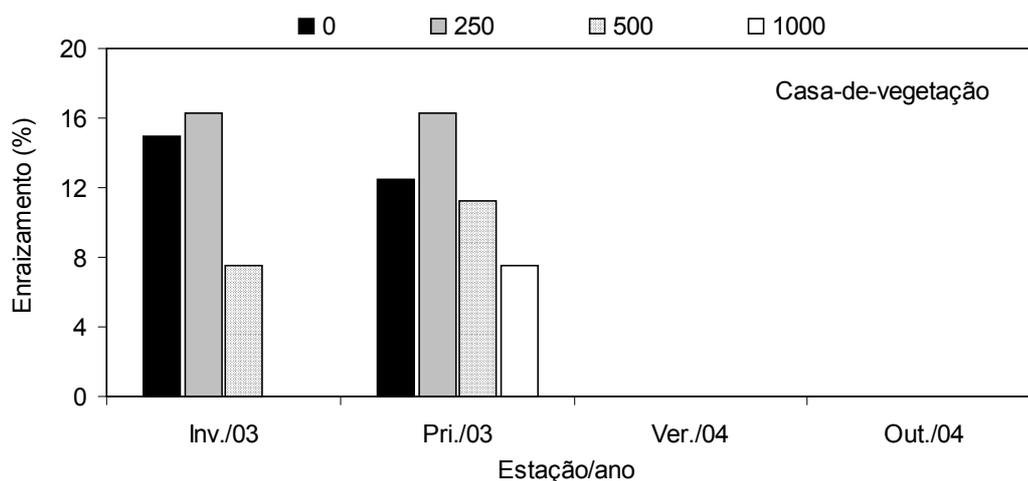
ANEXO 04 – Umidade média e temperaturas médias da mínima, média e da máxima mensal da casa-de-vegetação do Departamento de Ciências Florestais da UFPR, de agosto de 2003 a julho de 2004.



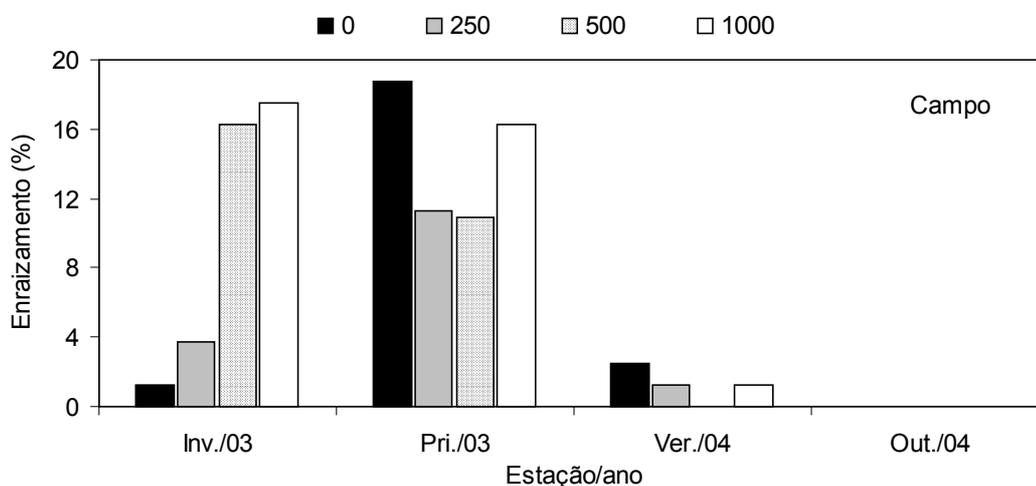
ANEXO 05 – Umidade média e temperaturas médias da mínima, média e da máxima mensal do campo do Departamento de Ciências Florestais da UFPR, de agosto de 2003 a julho de 2004 *.



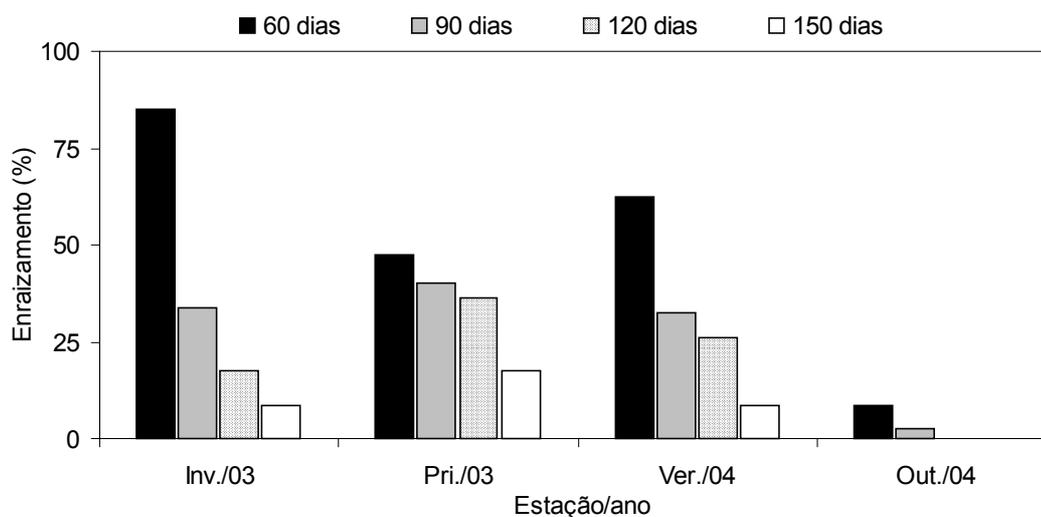
* Dados fornecidos pelo Serviço Meteorológico do Paraná (SIMEPAR), estação 25264916, localizada em Curitiba – PR



ANEXO 06 – Resultado da porcentagem de miniestacas de *P. taeda* enraizadas, provenientes da casa-de-vegetação e tratadas com 0, 250, 500 e 1000 mgL⁻¹ de IBA, coletadas nas quatro estações do ano.



ANEXO 07 – Resultado da porcentagem de miniestacas de *P. taeda* enraizadas, provenientes do campo e tratadas com 0, 250, 500 e 1000 mgL⁻¹ de IBA, coletadas nas quatro estações do ano.



ANEXO 08 – Resultado da porcentagem de miniestacas de *P. taeda* enraizadas, de diferentes idades, coletadas nas quatro estações do ano.

ANEXO 09 - Resultados da análise de variância para o número de miniestacas de *P. taeda* enraizadas, comprimento das três maiores raízes, número e massa seca de raízes formadas por miniestaca para diferentes concentrações de IBA (0, 250, 500 e 1000 mgL⁻¹) e para miniestacas provenientes da casa-de-vegetação e do campo, coletadas no inverno de 2003.

Fator de variação	Graus de liberdade	QUADRADO MÉDIO			
		Número de miniestacas enraizadas ¹	Comprimento das três maiores raízes (cm)	Número de raízes ¹	Massa seca de raízes (mg)
IBA	3	0,001 ^{ns}	1,444*	0,005**	40,996**
Local	1	0,000 ^{ns}	3,516**	0,004*	80,202**
IBA x Local	3	0,023**	53,313**	0,114**	1017,507**
Erro	32	0,001	0,446	0,001	1,403
Total	39				
Coeficiente de variação (%)		3,0	2,7	15,2	2,8
Teste de Bartlett (χ^2)		5,883 ^{ns}	2,483 ^{ns}	9,615 ^{ns}	13,493 ^{ns}

** significativo a 1% de probabilidade

* significativo a 5% de probabilidade

^{ns} não significativo a 5% de probabilidade

¹ Dados transformados por log x +10

ANEXO 10 - Resultados da análise de variância para o número de miniestacas de *P. taeda* com calos, vivas e mortas para diferentes concentrações de IBA (0, 250, 500 e 1000 mgL⁻¹) e para miniestacas provenientes da casa-de-vegetação e do campo, coletadas no inverno de 2003.

Fator de variação	Graus de liberdade	QUADRADO MÉDIO		
		Número de miniestacas com calos	Número de miniestacas vivas ¹	Número de miniestacas mortas ¹
IBA	3	10,492**	0,007**	0,003**
Local	1	42,025**	0,017**	0,009 ^{ns}
IBA x Local	3	21,625**	0,006**	0,012**
Erro	32	2,013	0,001	0,001
Total	39			
Coeficiente de variação (%)		23,5	2,7	10,1
Teste de Bartlett (χ^2)		6,904 ^{ns}	5,712 ^{ns}	6,315 ^{ns}

** significativo a 1% de probabilidade

* significativo a 5% de probabilidade

^{ns} não significativo a 5% de probabilidade

¹ Dados transformados por log x +10

ANEXO 11 - Resultados da análise de variância para o número de miniestacas de *P. taeda* enraizadas, comprimento das três maiores raízes, número e massa seca de raízes formadas por miniestaca para diferentes concentrações de IBA (0, 250, 500 e 1000 mgL⁻¹) e para miniestacas provenientes da casa-de-vegetação e do campo, coletadas na primavera de 2003.

Fator de variação	Graus de liberdade	QUADRADO MÉDIO			
		Número de miniestacas enraizadas ¹	Comprimento das três maiores raízes (cm)	Número de raízes	Massa seca de raízes (mg)
IBA	3	0,022 ^{ns}	24,025 ^{**}	111,807 ^{**}	796,091 ^{**}
Local	1	0,100 ^{**}	0,142 ^{ns}	0,204 ^{ns}	1,303 ^{ns}
IBA x Local	3	0,067 ^{**}	0,882 ^{ns}	4,009 ^{ns}	32,314 ^{**}
Erro	32	0,013	1,649	2,901	5,658
Total	39				
Coeficiente de variação (%)		23,3	19,3	15,8	9,4
Teste de Bartlett (χ^2)		8,002 ^{ns}	1,762 ^{ns}	3,404 ^{ns}	10,935 ^{ns}

** significativo a 1% de probabilidade

* significativo a 5% de probabilidade

^{ns} não significativo a 5% de probabilidade

¹ Dados transformados por (log x + 1)

ANEXO 12 - Resultados da análise de variância para o número de miniestacas de *P. taeda* com calos, vivas e mortas para diferentes concentrações de IBA (0, 250, 500 e 1000 mgL⁻¹) e para miniestacas provenientes da casa-de-vegetação e do campo, coletadas na primavera de 2003.

Fator de variação	Graus de liberdade	QUADRADO MÉDIO		
		Número de miniestacas com calos	Número de miniestacas vivas ¹	Número de miniestacas mortas
IBA	3	7892 ^{**}	0,013 ^{ns}	20067 ^{**}
Local	1	27225 ^{**}	0,002 ^{ns}	32400 ^{**}
IBA x Local	3	3892 ^{ns}	0,003 ^{ns}	3400 ^{ns}
Erro	32	1.638	0,010	1.400
Total	39			
Coeficiente de variação (%)		21,9	19,4	22,2
Teste de Bartlett (χ^2)		5,971 ^{ns}	7,280 ^{ns}	3,208 ^{ns}

** significativo a 1% de probabilidade

* significativo a 5% de probabilidade

^{ns} não significativo a 5% de probabilidade

¹ Dados transformados por (log x + 1)

ANEXO 13 - Resultados da análise de variância para o número de miniestacas de *P. taeda* enraizadas, comprimento das três maiores raízes, número e massa seca de raízes formadas por miniestaca para diferentes concentrações de IBA (0, 250, 500 e 1000 mgL⁻¹) e para miniestacas provenientes da casa-de-vegetação e do campo, coletadas no verão de 2004.

Fator de variação	Graus de liberdade	QUADRADO MÉDIO			
		Número de miniestacas enraizadas ¹	Comprimento das três maiores raízes (cm) ¹	Número de raízes ¹	Massa seca de raízes (mg) ¹
IBA	3	0,000 ^{ns}	0,000 ^{ns}	0,000 ^{ns}	0,000 ^{ns}
Local	1	0,000 ^{ns}	0,000 ^{ns}	0,000 ^{ns}	0,001 ^{ns}
IBA x Local	3	0,000 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,001 ^{ns}
Erro	32	0,001	0,001	0,001	0,001
Total	39				
Coeficiente de variação (%)		2,8	3,1	3,1	3,3
Teste de Bartlett (χ^2)		3,293 ^{ns}	0,827 ^{ns}	1,926 ^{ns}	7,263 ^{ns}

** significativo a 1% de probabilidade

* significativo a 5% de probabilidade

^{ns} não significativo a 5% de probabilidade

¹ Dados transformados por (log x + 10)

ANEXO 14 - Resultados da análise de variância para o número de miniestacas de *P. taeda* com calos, vivas e mortas, para diferentes concentrações de IBA (0, 250, 500 e 1000 mgL⁻¹) e para miniestacas provenientes da casa-de-vegetação e do campo, coletadas no verão de 2004.

Fator de variação	Graus de liberdade	QUADRADO MÉDIO		
		Número de miniestacas com calos ¹	Número de miniestacas vivas ¹	Número de miniestacas mortas
IBA	3	0,012**	0,003 ^{ns}	13,600**
Local	1	0,001 ^{ns}	0,000 ^{ns}	2,500 ^{ns}
IBA x Local	3	0,003*	0,002 ^{ns}	4,900 ^{ns}
Erro	32	0,001	0,003	2,738
Total	39			
Coeficiente de variação (%)		2,7	4,8	13,1
Teste de Bartlett (χ^2)		1,094 ^{ns}	6,846 ^{ns}	1,437 ^{ns}

** significativo a 1% de probabilidade

* significativo a 5% de probabilidade

^{ns} não significativo a 5% de probabilidade

¹ Dados transformados por (log x + 10)

ANEXO 15 - Resultados da análise de variância para o número de miniestacas de *P. taeda* com calos, vivas e mortas, para diferentes concentrações de IBA (0, 250, 500 e 1000 mgL⁻¹) e para miniestacas provenientes da casa-de-vegetação e do campo, coletadas no outono de 2004.

Fator de variação	Graus de liberdade	QUADRADO MÉDIO		
		Número de miniestacas com calos	Número de miniestacas vivas	Número de miniestacas mortas
IBA	3	7,425**	9,892**	24,300**
Local	1	46,225**	60,025**	220,900**
IBA x Local	3	2,425 ^{ns}	1,558 ^{ns}	0,567 ^{ns}
Erro	32	0,875	0,925	0,987
Total	39			
Coeficiente de variação (%)		26,2	21,3	12,7
Teste de Bartlett (x^2)		2,835 ^{ns}	2,083 ^{ns}	1,409 ^{ns}

** significativo a 1% de probabilidade

* significativo a 5% de probabilidade

^{ns} não significativo a 5% de probabilidade

ANEXO 16 - Resultados da análise de variância para o número de miniestacas de *P. taeda* enraizadas, comprimento das três maiores raízes, número e massa seca de raízes formadas por miniestaca de diferentes idades, coletadas no inverno de 2003.

Fator de variação	Graus de liberdade	QUADRADO MÉDIO			
		Número de miniestacas enraizadas	Comprimento das três maiores raízes (cm)	Número de raízes	Massa seca de raízes (mg)
Repetição	4	0,550 ^{ns}	0,732 ^{ns}	0,771 ^{ns}	2,382 ^{ns}
Tratamento	3	148,933 ^{**}	33,380 ^{**}	29,359 ^{**}	670,54 ^{**}
Erro	12	0,350	0,666	0,675	1,338
Total	19				
Coeficiente de variação (%)		10,200	20,020	18,930	6,800
Teste de Bartlett (x^2)		1,099 ^{ns}	6,046 ^{ns}	7,196 ^{ns}	5,947 ^{ns}

** significativo a 1% de probabilidade

* significativo a 5% de probabilidade

^{ns} não significativo a 5% de probabilidade

ANEXO 17 - Resultados da análise de variância para o número de miniestacas de *P. taeda* com calos, vivas e mortas de diferentes idades, coletadas no inverno de 2003.

Fator de variação	Graus de liberdade	QUADRADO MÉDIO		
		Número de miniestacas com calos	Número de miniestacas vivas ¹	Número de miniestacas mortas ¹
Repetição	4	1,000 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,001 ^{ns}
Tratamento	3	99,733 ^{**}	0,015 ^{**}	0,000 ^{ns}
Erro	12	0,900	0,001	0,001
Total	19			
Coeficiente de variação (%)		12,650	3,190	2,610
Teste de Bartlett (x^2)		2,602 ^{ns}	2,640 ^{ns}	2,309 ^{ns}

** significativo a 1% de probabilidade

* significativo a 5% de probabilidade

^{ns} não significativo a 5% de probabilidade

¹ Dados transformados por $\log x + 10$

ANEXO 18 - Resultados da análise de variância para o número de miniestacas de *P. taeda* enraizadas, comprimento das três maiores raízes, número e massa seca de raízes formadas por miniestaca de diferentes idades, coletadas na primavera de 2003.

Fator de variação	Graus de liberdade	QUADRADO MÉDIO			
		Número de miniestacas enraizadas ¹	Comprimento das três maiores raízes (cm)	Número de raízes	Massa seca de raízes (mg)
Repetição	4	0,519 ^{ns}	0,554 ^{ns}	3,692 ^{ns}	3,222 ^{ns}
Tratamento	3	21,000**	3,822 ^{ns}	13,565**	50,331**
Erro	12	0,719	1,296	1,157	2,169
Total	19				
Coeficiente de variação (%)		14,870	16,440	9,660	4,750
Teste de Bartlett (x^2)		6,965 ^{ns}	3,075 ^{ns}	2,394 ^{ns}	2,593 ^{ns}

** significativo a 1% de probabilidade

* significativo a 5% de probabilidade

^{ns} não significativo a 5% de probabilidade

¹ Dados transformados por $\log x + 1$

ANEXO 19 - Resultados da análise de variância para o número de miniestacas de *P. taeda* com calos, vivas e mortas de diferentes idades, coletadas na primavera de 2003.

Fator de variação	Graus de liberdade	QUADRADO MÉDIO		
		Número de miniestacas com calos	Número de miniestacas vivas ¹	Número de miniestacas mortas
Repetição	4	1,625 ^{ns}	0,025 ^{ns}	0,001 ^{ns}
Tratamento	3	2,533*	0,254**	0,005**
Erro	12	0,658	0,012	0,001
Total	19			
Coeficiente de variação (%)		11,590	25,480	2,570
Teste de Bartlett (x^2)		1,884 ^{ns}	5,562 ^{ns}	1,479 ^{ns}

** significativo a 1% de probabilidade

* significativo a 5% de probabilidade

^{ns} não significativo a 5% de probabilidade

¹ Dados transformados por $\log x + 10$

ANEXO 20 - Resultados da análise de variância para o número de miniestacas de *P. taeda* enraizadas, comprimento das três maiores raízes, número e massa seca de raízes formadas por miniestaca de diferentes idades, coletadas no verão de 2004.

Fator de variação	Graus de liberdade	QUADRADO MÉDIO			
		Número de miniestacas enraizadas	Comprimento das três maiores raízes (cm)	Número de raízes	Massa seca de raízes (mg)
Repetição	4	2,55 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,010 ^{ns}	1,474 ^{ns}
Tratamento	3	64,133**	0,004 ^{ns}	0,042**	44,069**
Erro	12	0,883	0,001	0,006	1,495
Total	19				
Coeficiente de variação (%)		18,070	3,500	18,860	15,400
Teste de Bartlett (χ^2)		2,116 ^{ns}	1,987 ^{ns}	6,965 ^{ns}	0,563 ^{ns}

** significativo a 1% de probabilidade

* significativo a 5% de probabilidade

^{ns} não significativo a 5% de probabilidade

ANEXO 21 - Resultados da análise de variância para o número de miniestacas de *P. taeda* com calos, vivas e mortas de diferentes idades, coletadas no verão de 2004.

Fator de variação	Graus de liberdade	QUADRADO MÉDIO		
		Número de miniestacas com calos	Número de miniestacas vivas	Número de miniestacas mortas ¹
Repetição	4	1,875 ^{ns}	0,800 ^{ns}	0,001 ^{ns}
Tratamento	3	35,200**	3,917**	0,000 ^{ns}
Erro	12	1,075	0,333	0,000
Total	19			
Coeficiente de variação (%)		12,960	22,640	1,650
Teste de Bartlett (χ^2)		1,653 ^{ns}	0,955 ^{ns}	1,062 ^{ns}

** significativo a 1% de probabilidade

* significativo a 5% de probabilidade

^{ns} não significativo a 5% de probabilidade

¹ Dados transformados por $\log x + 10$

ANEXO 22 - Resultados da análise de variância para o número de miniestacas de *P. taeda* enraizadas, comprimento das três maiores raízes, número e massa seca de raízes formadas por miniestaca de diferentes idades, coletadas no outono de 2004.

Fator de variação	Graus de liberdade	QUADRADO MÉDIO			
		Número de miniestacas enraizadas	Comprimento das três maiores raízes (cm)	Número de raízes	Massa seca de raízes (mg)
Repetição	4	0,000 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,000 ^{ns}	0,000 ^{ns}
Tratamento	3	0,005*	0,001 ^{ns}	0,002 ^{ns}	0,001 ^{ns}
Erro	12	0,001	0,001	0,001	0,001
Total	19				
Coeficiente de variação (%)		3,2	3,0	2,8	4,0
Teste de Bartlett (χ^2)		0,673 ^{ns}	0,56 ^{ns}	2,518 ^{ns}	

** significativo a 1% de probabilidade

* significativo a 5% de probabilidade

^{ns} não significativo a 5% de probabilidade

ANEXO 23 - Resultados da análise de variância para o número de miniestacas de *P. taeda* com calos, vivas e mortas de diferentes idades, coletadas no outono de 2004.

Fator de variação	Graus de liberdade	QUADRADO MÉDIO		
		Número de miniestacas com calos	Número de miniestacas vivas	Número de miniestacas mortas
Repetição	4	1,575 ^{ns}	1,425 ^{ns}	0,001 ^{ns}
Tratamento	3	32,600**	39,867**	0,000 ^{ns}
Erro	12	0,808	1,158	0,000
Total	19			
Coeficiente de variação (%)		11,1	15,0	1,7
Teste de Bartlett (χ^2)		0,632 ^{ns}	0,089 ^{ns}	1,006 ^{ns}

** significativo a 1% de probabilidade

* significativo a 5% de probabilidade

^{ns} não significativo a 5% de probabilidade

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)