

MICHELE FERNANDA BORTOLINI

**USO DE ÁCIDO INDOL BUTÍRICO NA ESTAQUIA DE**  
***Tibouchina sellowiana* (Cham.) Cogn.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Ciências.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Katia Christina Zuffellato-Ribas

Co-orientadores: Prof. Dr. Henrique Soares Koehler  
Dr. Antonio Aparecido Carpanezi

CURITIBA

2006

## **DEDICO**

A minha família que sempre apóia meus sonhos, e que mesmo longe se faz presente com muito amor e carinho, não medindo esforços para me ajudar.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, que sempre guia e ilumina meus passos.

À Professora Dra. Katia Christina Zuffellato-Ribas, minha orientadora e acima de tudo minha amiga, que me conduziu no caminho da ciência e me permitiu mais essa vitória.

Aos meus co-orientadores Professor Dr. Henrique Soares Koehler e Dr. Antonio Aparecido Carpanezzi, pelo auxílio e acompanhamento durante a realização deste trabalho.

À professora Cleusa Bona e a Juliana Lischka Sampaio Mayer, do Laboratório de Anatomia Estrutural, ao professor Cícero Deschamps e a Marisa de Cacia Oliveira, do Laboratório de Ecofisiologia, pela ajuda na parte anatômica e bioquímica do trabalho.

À Embrapa Florestas, em nome dos amigos Vero, Amílcar, Paulino e Sr. Wilson, funcionários da mesma, pela dedicação no auxílio nas coletas e instalações dos experimentos.

Ao CNPq, pelo apoio financeiro concedido.

A todas as Zuffelletes que ajudaram nos afazeres da casa-de-vegetação, em especial minha grande amiga e companheira Aurea, que sempre esteve me encorajando e incentivando, um verdadeiro anjo na minha vida.

Ao meu amor Alcesio, pela paciência e compreensão dedicada ao longo desses “distantes” anos.

## SUMÁRIO

|   |      |
|---|------|
| <b>LISTA DE TABELAS</b> .....                           | vi   |
| <b>LISTA DE FIGURAS</b> .....                           | x    |
| <b>LISTA DE ANEXOS</b> .....                            | xi   |
| <b>RESUMO</b> .....                                     | xii  |
| <b>ABSTRACT</b> .....                                   | xiii |
| <b>1 INTRODUÇÃO</b> .....                               | 01   |
| <b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....                    | 03   |
| 2.1 DESCRIÇÃO DA ESPÉCIE.....                           | 03   |
| 2.2 PROPAGAÇÃO VEGETATIVA.....                          | 05   |
| 2.3 FATORES QUE AFETAM O ENRAIZAMENTO.....              | 08   |
| 2.3.1 Fatores intrínsecos.....                          | 08   |
| 2.3.2 Fatores extrínsecos.....                          | 14   |
| 2.4 FORMAÇÃO DAS RAÍZES ADVENTÍCIAS.....                | 18   |
| <b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....                       | 21   |
| 3.1 ESTAQUIA.....                                       | 21   |
| 3.2 ANÁLISE ANATÔMICA DAS ESTACAS.....                  | 23   |
| 3.3 ANÁLISE BIOQUÍMICA DAS ESTACAS.....                 | 24   |
| 3.3.1 Quantificação de açúcares totais.....             | 24   |
| 3.3.2 Quantificação de proteínas.....                   | 24   |
| <b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....                   | 25   |
| 4.1 ESTAQUIA.....                                       | 25   |
| 4.1.1 Primavera de 2004.....                            | 25   |
| 4.1.1.1 Porcentagem de enraizamento.....                | 25   |
| 4.1.1.2 Número e comprimento das raízes formadas.....   | 27   |
| 4.1.1.3 Porcentagem de sobrevivência e mortalidade..... | 29   |
| 4.1.2 Verão de 2005.....                                | 30   |
| 4.1.2.1 Porcentagem de enraizamento.....                | 30   |
| 4.1.2.2 Número e comprimento das raízes.....            | 32   |

|   |           |
|---|-----------|
| 4.1.2.3 Porcentagem de sobrevivência e mortalidade.....         | 33        |
| 4.1.3 Outono de 2005.....                                       | 35        |
| 4.1.3.1 Porcentagem de enraizamento.....                        | 35        |
| 4.1.3.2 Número e comprimento das raízes.....                    | 36        |
| 4.1.3.3 Porcentagem de sobrevivência e mortalidade.....         | 38        |
| 4.1.4 Inverno de 2005.....                                      | 40        |
| 4.1.4.1 Porcentagem de enraizamento e de estacas com calos..... | 40        |
| 4.1.4.2 Número e comprimento das raízes formadas.....           | 42        |
| 4.1.4.3 Porcentagem de sobrevivência e mortalidade.....         | 43        |
| 4.2 ANÁLISE ANATÔMICA DAS ESTACAS.....                          | 45        |
| 4.3 ANÁLISE BIOQUÍMICA DAS ESTACAS.....                         | 53        |
| 4.3.1 Quantificação de açúcares totais.....                     | 53        |
| 4.3.2 Quantificação de proteínas.....                           | 54        |
| <b>5 CONCLUSÃO.....</b>   | <b>56</b> |
| <b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>                              | <b>57</b> |
| <b>REFERÊNCIAS.....</b>   | <b>59</b> |
| <b>ANEXOS.....</b>  | <b>69</b> |

## LISTA DE TABELAS

|           |   |    |
|-----------|---|----|
| Tabela 1  | Dados meteorológicos mensais de Curitiba – PR durante o período de outubro de 2004 a julho de 2005.....   | 21 |
| Tabela 2  | Análise de variância (teste F) da porcentagem de enraizamento de estacas de <i>Tibouchina sellowiana</i> coletadas na primavera de 2004.....  | 25 |
| Tabela 3  | Comparação de médias da porcentagem de enraizamento de estacas de <i>Tibouchina sellowiana</i> coletadas na primavera de 2004.....  | 26 |
| Tabela 4  | Análise de variância (teste F) do número de raízes e comprimento médio das três maiores raízes por estaca (cm) de <i>Tibouchina sellowiana</i> coletadas na primavera de 2004.....  | 27 |
| Tabela 5  | Comparação de médias do número de raízes por estaca de <i>Tibouchina sellowiana</i> coletadas na primavera de 2004.....   | 28 |
| Tabela 6  | Comparação de médias do comprimento médio das três maiores raízes por estaca (cm) de <i>Tibouchina sellowiana</i> coletadas na primavera de 2004.....                               | 28 |
| Tabela 7  | Análise de variância (teste F) para porcentagem de estacas vivas (sem raízes e sem calos) e para estacas mortas de <i>Tibouchina sellowiana</i> coletadas na primavera de 2004..... | 29 |
| Tabela 8  | Comparação de médias da porcentagem de estacas vivas (sem raízes e sem calos) de <i>Tibouchina sellowiana</i> coletadas na primavera de 2004.....                                   | 29 |
| Tabela 9  | Comparação de médias da porcentagem de estacas mortas de <i>Tibouchina sellowiana</i> coletadas na primavera de 2004.....   | 30 |
| Tabela 10 | Análise de variância (teste F) da porcentagem de enraizamento de estacas de <i>Tibouchina sellowiana</i> coletadas no verão de 2005.....  | 30 |
| Tabela 11 | Comparação de médias da porcentagem de enraizamento de estacas de <i>Tibouchina sellowiana</i> coletadas no verão de 2005.....  | 31 |

|           |   |    |
|-----------|---|----|
| Tabela 12 | Análise de variância (teste F) do número de raízes e comprimento médio das três maiores raízes por estaca (cm) de <i>Tibouchina sellowiana</i> coletadas no verão de 2005.....  | 32 |
| Tabela 13 | Médias do número de raízes por estaca, para estacas de <i>Tibouchina sellowiana</i> coletadas no verão de 2005.....   | 33 |
| Tabela 14 | Comparação de médias do comprimento médio das três maiores raízes por estaca (cm) de <i>Tibouchina sellowiana</i> coletadas no verão de 2005.....                               | 33 |
| Tabela 15 | Análise de variância (teste F) da porcentagem de estacas mortas de <i>Tibouchina sellowiana</i> coletadas no verão de 2005.....   | 34 |
| Tabela 16 | Comparação de médias da porcentagem de estacas mortas de <i>Tibouchina sellowiana</i> , coletadas no verão de 2005.....   | 35 |
| Tabela 17 | Análise de variância (teste F) da porcentagem de enraizamento para estacas de <i>Tibouchina sellowiana</i> coletadas no outono de 2005.....                                     | 35 |
| Tabela 18 | Médias da porcentagem de enraizamento para estacas de <i>Tibouchina sellowiana</i> coletadas no outono de 2005.....   | 36 |
| Tabela 19 | Análise de variância (teste F) do número de raízes por estaca e comprimento médio das três maiores raízes (cm) de <i>Tibouchina sellowiana</i> coletadas no outono de 2005..... | 37 |
| Tabela 20 | Médias do número de raízes por estaca de <i>Tibouchina sellowiana</i> coletadas no outono de 2005.....  | 37 |
| Tabela 21 | Médias do comprimento médio das três maiores raízes por estaca (cm) de <i>Tibouchina sellowiana</i> coletadas no outono de 2005.....  | 37 |
| Tabela 22 | Análise de variância (teste F) da porcentagem de estacas vivas (sem raízes e sem calos) e para estacas mortas de <i>Tibouchina sellowiana</i> coletadas no outono de 2005.....  | 38 |
| Tabela 23 | Comparação de médias da porcentagem de estacas vivas (sem raízes e sem calos) de <i>Tibouchina sellowiana</i> coletadas no outono de 2005.....                                  | 38 |
| Tabela 24 | Médias da porcentagem de estacas mortas de <i>Tibouchina sellowiana</i> coletadas no outono de 2005.....  | 39 |
| Tabela 25 | Análise de variância (teste F) da porcentagem de enraizamento e de estacas com calos para <i>Tibouchina sellowiana</i> coletadas no inverno de 2005.....                        | 40 |

|           |  |    |
|-----------|--|----|
| Tabela 26 | Médias da porcentagem de enraizamento para estacas de <i>Tibouchina sellowiana</i> coletadas no inverno de 2005.....   | 41 |
| Tabela 27 | Comparação de médias da porcentagem de estacas com calos de <i>Tibouchina sellowiana</i> coletadas no inverno de 2005.....   | 41 |
| Tabela 28 | Análise de variância (teste F) do número de raízes e comprimento médio das três maiores raízes por estaca (cm) de <i>Tibouchina sellowiana</i> coletadas no inverno de 2005..... | 42 |
| Tabela 29 | Médias do número de raízes por estaca de <i>Tibouchina sellowiana</i> coletadas no inverno de 2005.....  | 43 |
| Tabela 30 | Médias do comprimento médio das três maiores raízes por estaca (cm) de <i>Tibouchina sellowiana</i> coletadas no inverno de 2005.....  | 43 |
| Tabela 31 | Análise de variância (teste F) da porcentagem de estacas vivas (sem raízes e sem calos) e para estacas mortas de <i>Tibouchina sellowiana</i> coletadas no inverno de 2005.....  | 43 |
| Tabela 32 | Médias da porcentagem de estacas vivas de <i>Tibouchina sellowiana</i> coletadas no inverno de 2005.....   | 44 |
| Tabela 33 | Médias da porcentagem de estacas mortas de <i>Tibouchina sellowiana</i> coletadas no inverno de 2005.....  | 44 |

## LISTA DE FIGURAS

|          |  |    |
|----------|--|----|
| Figura 1 | A-D. Secções transversais da base de estacas caulinares de <i>T. sellowiana</i> coletadas nas quatro estações do ano. A. verão. B. outono. C. inverno. D. primavera. Visualizar a periderme (P), o floema secundário (FI) e o xilema secundário (X). Barra 100 µm.....   | 48 |
| Figura 2 | A-D. Secções transversais da base de estacas caulinares de <i>T. sellowiana</i> coletadas nas quatro estações do ano. A. verão. B. outono. C. inverno. D. primavera. Visualizar o córtex (Ct), os raios (R), as fibras do floema secundário (F), o floema secundário (FI), o câmbio (C), o xilema secundário (X) e idioblastos contendo drusas (←). Barra 50 µm.....                         | 49 |
| Figura 3 | A-B. Secções transversais da base de estacas caulinares de <i>T. sellowiana</i> . A. medula. Barra 50 µm. B. elemento de vaso. Barra 25 µm. C-D. Secções transversais da base de estacas de <i>T. sellowiana</i> após 24 dias da instalação do experimento. Visualizar a conexão vascular da raiz adventícia com caule (Cv) e o Xilema (X). Barra 100 µm. D. Ápice da raiz. Barra 25 µm..... | 50 |
| Figura 4 | A-D. Teste microquímico com lugol em secções transversais da base de estacas caulinares de <i>T. sellowiana</i> coletadas nas quatro estações do ano. A. verão. B. outono. C. inverno. D. primavera. Visualizar grãos de amido (←). Barra 50 µm.....   | 51 |
| Figura 5 | A-D. Teste microquímico com cloreto férrico em secções transversais da base de estacas caulinares de <i>T. sellowiana</i> coletadas nas quatro estações do ano. A. verão. B. outono. C. inverno. D. primavera. Visualizar reação positiva (←). Barra 50 µm.....  | 52 |
| Figura 6 | Médias dos teores de açúcares totais e de proteínas analisados em estacas de <i>T. sellowiana</i> coletadas nas quatro estações do ano.....  | 53 |

## LISTA DE ANEXOS

|         |   |    |
|---------|---|----|
| Anexo 1 | Médias da porcentagem de enraizamento de <i>Tibouchina sellowiana</i> nas quatro estações do ano.....                               | 70 |
| Anexo 2 | Médias do número de raízes por estaca de <i>Tibouchina sellowiana</i> nas quatro estações do ano.....                               | 70 |
| Anexo 3 | Médias do comprimento médio das três maiores raízes por estaca (cm) de <i>Tibouchina sellowiana</i> nas quatro estações do ano..... | 71 |
| Anexo 4 | Médias da porcentagem de estacas vivas (sem raízes e sem calos) de <i>Tibouchina sellowiana</i> nas quatro estações do ano.....     | 71 |
| Anexo 5 | Médias da porcentagem de estacas mortas de <i>Tibouchina sellowiana</i> nas quatro estações do ano.....                             | 72 |
| Anexo 6 | Planta matriz de <i>T. sellowiana</i> em floração no outono de 2005.....  | 72 |
| Anexo 7 | Estacas enraizadas de <i>T. sellowiana</i> .....  | 73 |

## RESUMO

*Tibouchina sellowiana* (Cham.) Cogn. (Melastomataceae), conhecida como quaresmeira, destaca-se como ornamental devido à bela floração, e é considerada como pioneira de importância para a recuperação de ecossistemas degradados. O tamanho reduzido de suas sementes e a dificuldade de coleta têm sugerido a propagação vegetativa como uma alternativa para a produção de mudas. O presente trabalho buscou verificar a resposta do enraizamento de estacas caulinares de *T. sellowiana* coletadas nas quatro estações do ano. As coletas foram feitas a partir de plantas localizadas no município de Colombo – PR. Estacas semilenhosas foram confeccionadas com 10cm de comprimento e um par de folhas na porção apical, com a área reduzida pela metade, submetidas a 0, 1500 e 3000 mgL<sup>-1</sup> de ácido indol butírico (IBA), sob as formas de talco e imersão por 10 segundos em solução alcoólica 50%. Posteriormente foram plantadas em tubetes de polipropileno, com vermiculita de granulometria média como substrato, permanecendo por 65 dias na casa-de-vegetação climatizada do Setor de Ciências Biológicas, da Universidade Federal do Paraná. Foram avaliados o percentual de estacas enraizadas, número e comprimento das raízes formadas, percentual de estacas com calos e a sobrevivência. Também foram realizadas análises anatômicas e bioquímicas nas estacas. O uso do IBA mostrou-se eficiente na indução radicial, sendo indiferente a forma em que foi aplicado. As estações mais promissoras na formação do sistema radicial foram a primavera (78,75%) com 3000 mgL<sup>-1</sup> ou mgkg<sup>-1</sup> IBA e o verão (63,12%) com 1500 mgL<sup>-1</sup> ou mgkg<sup>-1</sup> IBA. Das secções feitas na base das estacas no momento da instalação, nas quatro estações do ano, não foi detectada nenhuma possível barreira anatômica, ou diferença estrutural que promovesse variações nas respostas do enraizamento ao longo das quatro estações do ano. A presença e a distribuição dos grãos de amido também não diferiram. O teste para compostos fenólicos revelou variações na coloração das lâminas entre as estações do ano, possivelmente existindo diferenças na composição química das células. Avaliações específicas seriam necessárias para a identificação destes compostos fenólicos. Análises bioquímicas feitas das estacas coletadas nas quatro estações do ano revelaram que as maiores concentrações de açúcares totais foram obtidas no inverno (83,21 mgg<sup>-1</sup> de tecido) e no outono (72,79 mgg<sup>-1</sup>). As mesmas estações também apresentaram as maiores concentrações de proteína (4,69 e 3,95 mgg<sup>-1</sup>, respectivamente). Não foi possível relacionar os altos teores de açúcares totais e proteínas com as estações que apresentaram as maiores porcentagens de enraizamento.

**Palavras-chave:** quaresmeira, auxina, enraizamento

USE OF INDOLEBUTYRIC ACID IN CUTTING OF  
*Tibouchina sellowiana* (Cham.) Cogn.

**ABSTRACT**

*Tibouchina sellowiana* (Cham.) Cogn. (Melastomataceae), known as quaresmeira, eminence out as ornamental due to the beautiful flowers, and is besides considered as pioneering of importance for the recovery of degraded ecosystems. The reduced size of your seeds and the difficulty of collection of the same ones has been suggesting the vegetative propagation as an alternative for the production of seedlings. The present work looked for to verify the answer of the rooting of stem cuttings of *T. sellowiana* collected in the four seasons. The collections were made starting from plants localized in Colombo- PR. The semiharwood cuttings were produced with 10cm length, maintaining a pair of half leaves. The cutting were trated with 0, 1500 and 3000 mgL<sup>-1</sup> indolebutyric acid (IBA), under the forms of powder and immersion for ten seconds in alcoholic solutions (50%). Once treated the cuttings were planted in polypropylene boxes with vermiculite maintained for 65 days in acclimatized greenhouse do Setor de Ciências Biológicas, da Universidade Federal do Paraná. Was evaluated rooting percentage, length and number of roots, cutting with callus percentage and survival. Anatomical and biochemical analyses were also accomplished in the cuttings. The use of the IBA it was shown efficient in the induction radicial, being indifferent the form in that was applied. The most promising season in the formation of the system radicial were the spring (78,75%) with 3000 mgL<sup>-1</sup> or mgkg<sup>-1</sup> IBA and summer (63,12%) with 1500 mgL<sup>-1</sup> or mgkg<sup>-1</sup> IBA. The cut done in the base of the cuttings in the moment of the installation, in the four seasons, any possible anatomical barrier was not detected, or it differentiates structural that promoted variations in the answers of the rooting along the four seasons. The presence and distribution of the grains of starch didn't also differ. The test for phenolic compounds revealed variations in the coloration of the you laminate among the seasons, possibly differences would exist in the chemical composition of the cells. More specific evaluations would be necessary for the identification of these phenolic compounds. Biochemical analyses done of the cuttings collected in the four seasons they revealed that the largest concentrations of total sugars were obtained in the winter (83,21 mgg<sup>-1</sup>) and in the autumn (72,79 mgg<sup>-1</sup>). The same seasons also presented the largest protein concentrations (4,69 and 3,95 mgg<sup>-1</sup>, respectively). Therefore it was not possible to relate the high tenors of total sugars and proteins with the season what presented the largest rooting percentage.

**Key words:** quaresmeira, auxin, rooting

## 1 INTRODUÇÃO

A devastação indiscriminada tem levado algumas espécies nativas a um processo gradual de extinção, reduzindo o número de indivíduos para algumas espécies, indicando assim a necessidade de maiores estudos sobre processos de propagação que possam garantir a produção de mudas em quantidade e qualidade necessárias para programas de reflorestamento (XAVIER; SANTOS, 2002).

Projetos que visam à manutenção dos remanescentes florestais nativos e a ampliação da cobertura florestal buscando a conservação da biodiversidade, em especial em áreas de preservação permanentes e reserva legal, têm se destacado como cumprimento das exigências do Código Florestal (SISLEG, 2006).

A falta de técnicas na produção de mudas para espécies nativas e, em alguns casos, a falta de viabilidade das sementes, indica a propagação vegetativa ou assexuada como alternativa à multiplicação, possibilitando a manutenção das boas características das plantas matrizes e a redução do período juvenil, o que leva à antecipação do mecanismo reprodutivo (RODRIGUES, 1990). Dessa forma, a propagação vegetativa pode ser considerada uma estratégia na preservação de espécies nativas ameaçadas de extinção e na formação de bancos de germoplasma (SANTOS, 1994).

A propagação vegetativa ou assexuada é a produção de plantas utilizando caules, raízes, folhas, ou outros órgãos, no lugar das sementes. Esse processo só é possível devido à capacidade que certos órgãos vegetais possuem de se recompor. Na verdade, algumas células desses órgãos contêm informações genéticas necessárias para produzir uma planta toda, quando em condições favoráveis, propriedade essa chamada de totipotência (ONO; RODRIQUES, 1996). Dentre as técnicas de propagação vegetativa, a estaquia destaca-se como método economicamente viável para produção de novos indivíduos em um período curto de tempo (PAIVA; GOMES, 1993).

No entanto, são poucas as informações disponíveis a respeito da estaquia de espécies nativas, sendo necessárias mais informações sobre a habilidade de enraizamento das estacas dessas espécies importantes no sucesso da recuperação de áreas degradadas (ITOH et al., 2002).

Na estaquia caulinar procura-se a recomposição de raízes, a partir de células indiferenciadas. Para que ocorra a indução do sistema radicial, o principal hormônio vegetal envolvido é a auxina, que age em conjunto com carboidratos, compostos nitrogenados e vitaminas. O enraizamento pode ser aumentado pela adição de auxinas sintéticas, sendo o fitorregulador de maior uso o ácido indol butírico (IBA). As concentrações exatas não são claras; o que se sabe é que concentrações abaixo do nível crítico não são eficientes ao enraizamento, porém aquelas concentrações acima desse nível impedem a formação de raízes e gemas, podendo gerar danos à planta (JANICK, 1966).

A melhor época do ano em que se deve realizar a coleta do material vegetativo varia conforme o perfil de cada espécie. É claro o efeito de cada estação sobre o enraizamento das estacas, parecendo estar relacionado ao nível endógeno de auxina e que mesmo com aplicação de fitorreguladores nas estacas, essa relação é mantida (ZUFFELATO-RIBAS; RODRIGUES, 2001). Assim, o efeito dos fitorreguladores aplicados pode variar conforme a estação do ano, estimulando em uma ou até inibindo em outra (IRITANI et al., 1986).

A popular quaresmeira, *Tibouchina sellowiana* (Cham.) Cogn., pertencente à família Melastomataceae, além de ser considerada uma planta ornamental, devido sua forma bem copada e bela floração (CORRÊIA, 1974), é uma espécie nativa e pioneira, com importância na recuperação de ecossistemas degradados (TABARELLI; MANTOVANI, 1999).

O tamanho reduzido e a difícil coleta das sementes de *Tibouchina sellowiana* acabam prejudicando sua propagação sexuada (BARBOSA et al., 1988). Assim, a propagação vegetativa via estaquia apresenta-se como alternativa para a produção de mudas.

Este trabalho teve como objetivo estudar os efeitos da aplicação de diferentes concentrações do ácido indol butírico (IBA), em talco e em solução, no enraizamento de estacas caulinares de *Tibouchina sellowiana* coletadas em cada uma das estações do ano.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 DESCRIÇÃO DA ESPÉCIE

A família Melastomataceae, com 200 gêneros, abrange 3500 espécies, distribuídas nas regiões tropicais e subtropicais do globo, principalmente na América. No Brasil, ocorrem aproximadamente 63 gêneros com 480 espécies, sendo *Miconia*, *Leandra* e *Tibouchina* os de maior representação de espécies (BARROSO, 1991). A grande maioria das melastomatáceas no Brasil vem da região central montanhosa e desce para o sul ao longo do litoral e da borda oriental do planalto (RAMBO, 1958).

As espécies desta família apresentam grande diversidade de hábitos, desde herbáceo até arbustivo, ocorrendo comumente espécies arbóreas e mais raramente trepadeiras e epífitas, o que permite a ocupação de ambientes distintos e diversificados. Os seus representantes são prontamente reconhecidos, principalmente pelas folhas decussadas com nervação acródroma, estames geralmente falciformes e anteras poricidas (ROMERO; MARTINS, 2002).

As espécies da família Melastomataceae são consideradas pioneiras, encontradas em clareiras, geralmente ambientes degradados com solos pobres (TABARELI; MANTOVANI, 1999; LIMA et al., 2003a).

O gênero *Tibouchina* tem aproximadamente 200 espécies, havendo elevado número de exemplares no Brasil, onde ocorre em quase todos os Estados, com predominância nas regiões Sudeste. Além do Brasil, o gênero foi citado nos demais países da América do Sul e em quase todos os da América Central (RIZZINI; MORS, 1976; SOUZA, 1986).

Alguns exemplares do gênero são utilizados como indicadores biológicos, como é o caso de *T. pulchra* Cogn., utilizada no monitoramento ambiental da Mata Atlântica (MORAES et al., 2000). Em geral, o gênero *Tibouchina* apresenta imenso potencial ornamental, sendo *T. sellowiana* (Cham.) Cogn., recomendada para arborização de praças e jardins, não só devido a sua forma bem copada e pela bela floração, mas também pelo porte e folhagem. No entanto, seu pequeno porte não oferece possibilidade de aproveitamento da madeira. (CORRÊIA, 1974; REITZ et al., 1978; SOUZA, 1986; LONGHI, 1995).

Em geral, as espécies do gênero *Tibouchina* propagam-se bem por semente, com germinação em poucas semanas (BLOSSFELD, 1965; LORENZI; SOUZA, 2001; BACKES; IRGANG, 2004). São sementes fotoblásticas positivas e em ambiente controlado recomenda-se temperatura variando de 20 a 25°C (TOOGOOD, 2000), ou 30°C (ANDRADE, 1995; KRAEMER et al., 2000).

A propagação sexuada das espécies do gênero *Tibouchina* acaba sendo prejudicada pelo difícil manuseio de suas sementes, que são muito pequenas. Em 1kg de sementes de *T. sellowiana* (Cham.) Cogn., estão contidos aproximadamente trinta e seis milhões de unidades (LONGHI, 1995). BLOSSFELD (1965), LORENZI e SOUZA (2001) e BACKES e IRGANG (2004) indicam a propagação vegetativa via estaquia como uma possível alternativa na multiplicação das espécies desse gênero. TOOGOOD (2000) recomenda para enraizamento de *Tibouchina* a utilização de estacas de ramos jovens ou adultos, coletados no verão em regiões quentes. Para o enraizamento em regiões frias é necessário que a temperatura na casa-de-vegetação esteja controlada para 15 a 20°C. Estacas de ramos jovens enraízam muito bem depois de 6 a 10 semanas, em substrato bem drenado.

*Tibouchina sellowiana* conhecida popularmente como manacá, manacá-da-serra, quaresmeira ou tibuchina, tem como habitat a Floresta Ombrófila Densa Montana e Altomontana (Mata Atlântica) e Floresta Ombrófila Mista (Floresta com Araucária), e situa-se em solos rasos e enxutos, onde pode formar agrupamentos quase puros. Distribui-se nos Estados de Minas Gerais, São Paulo, Rio de Janeiro, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Suas plantas são arvoretas com 2-6 metros de altura e 20 a 30cm de diâmetro, de folhas coriáceas com limbo elíptico a oblongo, ápice atenuadamente agudo, base de aguda a arredondada, margem inteira ou serrilhada, apresentando três nervuras de coloração verde-escura. As flores de *T. sellowiana* são solitárias ou raramente em inflorescência, com pétalas inicialmente brancas, mudando para rosa forte até púrpura, ficando o indivíduo mesclado com estas tonalidades durante o período de floração, que vai de dezembro a maio, ou durante o outono, com frutificação ocorrendo de abril a junho (SANTOS, 1975; SOUZA, 1986; LONGHI, 1995; BIONDI; ALTHAUS, 2005). Acredita-se que a mudança de coloração que ocorre nas flores serve como sinalização para as abelhas, indicando maior disponibilidade de pólen em determinada fase da floração (GOLDENBERG; VARASSIN, 2001).

Para a produção de mudas as sementes de *T. sellowiana* (Cham.) Cogn., são semeadas em canteiros preparados e cobertas por uma fina camada de terra. A repicagem pode ser feita quando as mudas atingem 10 a 15cm de altura. A viabilidade das sementes é de aproximadamente 6 meses (SANTOS, 1960). Estudos em laboratório revelaram que os substratos mais adequados para a germinação são papel de filtro e areia, a 30<sup>o</sup> C e fotoperíodo de 12 horas (BARBOSA et al., 1988).

KNAPIK et al. (2003), procurando promover o enraizamento de estacas caulinares de *T. pulchra* (Cham.) Cogn., obtiveram as maiores porcentagens de enraizamento com material coletadas na primavera, associados a tratamentos com 2000 mgL<sup>-1</sup> IBA e 4000 mgL<sup>-1</sup> IBA, correspondendo a 28% de enraizamento em ambos os tratamentos. MAYER et al. (2003), tratando estacas semilenhosas de *T. fothersgillae* (Dc.) Cogn., com 0, 2000, 4000 e 8000 mgL<sup>-1</sup> IBA, obtiveram 100% de enraizamento para todos os tratamentos, com exceção de 8000 mgL<sup>-1</sup> IBA (89,6%).

## 2.2 PROPAGAÇÃO VEGETATIVA

A propagação vegetativa é uma forma de multiplicação bastante comum para muitas famílias de vegetais superiores. Contudo, para a grande parte das espécies arbóreas importantes em silvicultura, essa forma de propagação só é possível por meio da intervenção humana (SANTOS, 1994).

O método de propagação vegetativa ou clonal é mais utilizado na produção comercial de diversas culturas ornamentais e frutíferas tendo como vantagens a reprodução de todas as características da planta matriz, uniformidade nas populações, facilidade na propagação (HARTMANN et al., 2002) e rápido incremento no número de plantas, já que se pode produzir inúmeras mudas a partir de uma planta matriz apenas (FERRI, 1997).

A utilização da propagação vegetativa, propiciando a manutenção das características da planta matriz possibilita a produção de exemplares padronizados de alta qualidade. Esta pode ser uma boa alternativa para a reprodução de plantas que produzem poucas sementes, para aquelas cujas sementes germinam com dificuldade e também para aquelas cuja propagação por sementes tenha alto custo, como é o caso de algumas plantas nativas (EDMOND et al., 1957).

Dentre as desvantagens desta técnica, ASSIS (1986) menciona o estreitamento excessivo na base genética das mudas, tornando-as pouco flexíveis às mudanças ambientais e mais vulneráveis a doenças, além de prejudicar o uso destas na recomposição de ecossistemas degradados. Mas, para contornar esse problema, o mesmo autor sugere o uso de 30 a 50 plantas matrizes para a coleta do material vegetal, ou mais de 20 matrizes conforme BURDON (1989)<sup>1</sup> citado por MESÉM (1998).

RESENDE (2000) considera que a utilização de 10, 20 e 30 indivíduos por família conduz a tamanhos efetivos da ordem de 90%, 95% e 96%, respectivamente do número efetivo que seria obtido plantando infinitos indivíduos por família. Assim, o benefício de utilizar mais que 20 indivíduos por família é pequeno. Família neste caso refere-se a um grupo, reboleira de plantas próximas de origem desconhecida, seja natural ou plantada.

A propagação vegetativa pode se dar por técnicas como enxertia, mergulhia, alporquia ou estaquia, sendo esta última, um dos processos mais importantes de propagação vegetativa, que se destaca como método economicamente viável para produção de novos indivíduos (CHAPMAN, 1989).

De acordo com JANICK (1966) as estacas podem ser produzidas de porções vegetativas de caules, rizomas, tubérculos e bulbos, além de folhas ou raízes. Algumas espécies podem ser propagadas por um ou mais tipos de estacas, dependendo da disponibilidade do material vegetativo e da facilidade de sua obtenção. Estacas feitas de caule são mais vantajosas pela fácil obtenção e disponibilidade do material (ONO; RODRIGUES, 1996).

Estacas caulinares podem ser classificadas em quatro grupos segundo a natureza do lenho: estacas lenhosas, com tecidos endurecidos; herbáceas, que possuem tecidos tenros; semilenhosas e semi-herbáceas, com estágio intermediário entre os dois extremos. Estacas semilenhosas geralmente correspondem à porção de crescimento da estação, são confeccionadas com 7,5 a 15cm de comprimento,

---

<sup>1</sup> BURDON, R. D. When is cloning on an operational scale appropriate? 1989. In. **Breeding tropical trees: population structure and genetic improvement strategies in clonal and seedling forestry.** Proc. IUFRO Conference, Pattaya, Thailand. (eds. Gibson, G.L. y Matheson, A. C.). Oxford Forestry Institute, Oxford, United Kingdom and Winrock International, Arlington, Virginia, USA. P. 9-27. 1984

sendo recomendada sua coleta no final da primavera ou verão (HARTMANN et al., 2002).

Testes com estacas caulinares de *Coleonema aspalathoides* Juss. ex Don. (Rutaceae) demonstraram que a habilidade de enraizamento de estacas lenhosas é menor (5%) quando comparadas com estacas semilenhosas (10%) e herbáceas (55%) (HELLER et al., 1994). Em geral, estacas semilenhosas representam melhores resultados para plantas lenhosas. Para *Chamelaucium uncinatum* Schauer (flor-de-cera), estacas semilenhosas enraizaram mais de 90%, enquanto que para estacas lenhosas, o sucesso do enraizamento correspondeu a 75% (DAWSON; KING, 1994).

NEGRELLE e DONI (2001), utilizando estacas de *Mikania glomerata* Sprengel (guaco) em diferentes fases de desenvolvimento dos ramos, obtiveram para estacas semilenhosas os melhores resultados de enraizamento (62,5%), seguidas das estacas herbáceas (31,25%) e lenhosas (27,5%). A ocorrência e a facilidade da desdiferenciação celular é maior se os tecidos estiverem numa fase relativamente jovem, porém com reservas suficientes e na presença de substâncias promotoras do enraizamento.

A capacidade de um caule emitir raiz depende das características dessa planta, do tratamento recebido, e da interação de fatores que se encontram presentes nas células daquela estaca, mas também das substâncias transportáveis produzidas nas suas folhas e gemas. Dentre essas substâncias estão as auxinas, os carboidratos, compostos nitrogenados e as vitaminas, sendo que as substâncias que agem em conjunto com as auxinas para atuar na formação de raízes podem ser denominados co-fatores do enraizamento. Fatores extrínsecos à planta, como temperatura, umidade e oxigênio, desempenham papel importante neste processo (JANICK, 1966)

## 2.3 FATORES QUE AFETAM O ENRAIZAMENTO

### 2.3.1 Fatores Intrínsecos

A indução do sistema radicial é provocada pela ação do ácido indol acético (IAA) uma auxina natural, que atua em conjunto com carboidratos, compostos nitrogenados e vitaminas. Este hormônio é sintetizado principalmente no meristema apical e em folhas jovens, é transportado em sentido polarizado, a partir do meristema apical até as extremidades das raízes (AWAD; CASTRO, 1992; TAIZ; ZEIGER, 2004). O IAA pode ser degradado na planta por meio da foto-oxidação e pela oxidação enzimática realizada pelo sistema IAA-oxidase (WACHOWICZ; CARVALHO, 2002), sendo que a quebra do ácido indol acético garante que o nível dependa de nova síntese, regulando a taxa hormonal na planta (MOHR; SCHOPFER, 1995).

Existem várias rotas para a biossíntese do IAA, sendo o aminoácido triptofano o provável precursor, mas suspeita-se da existência de uma via independente do triptofano para a biossíntese desse hormônio vegetal (MOHR; SCHOPFER, 1995; TAIZ; ZEIGER, 2004).

As auxinas podem ser encontradas naturalmente nos vegetais sob a forma livre ou conjugada. IAA na forma livre é a forma biologicamente ativa do hormônio, mas a grande maioria é encontrada na forma conjugada. Quando conjugado com glicosídeos, o IAA serve basicamente como reserva e, quando a conjugação ocorre com aminoácidos ou proteínas é utilizado para desintoxicação, (ARTECA, 1995; TAIZ; ZEIGER, 2004).

Espécies vegetais cujas estacas não enraízam bem em condições naturais, ditas espécies relativamente fáceis ao enraizamento, quando tratadas com IAA ou seus análogos sintéticos emitem raízes com facilidade. Tratar as estacas com reguladores vegetais, além de estimular a iniciação radicial, promove o aumento da porcentagem de estacas enraizadas, acelera o tempo de formação das raízes e conseqüentemente diminui a permanência das estacas no leito de enraizamento (ALVARENGA; CARVALHO, 1983).

As auxinas sintéticas mais utilizadas são IBA (ácido indol butírico) e NAA (ácido naftaleno acético). O IBA é considerado um dos melhores estimulantes do enraizamento, não é destruído pelo sistema IAA-oxidase, tem boa estabilidade à luz, com ação localizada e não é tóxico, enquanto o NAA é um composto mais tóxico que IBA, tendo que ser utilizado em concentrações menores, é totalmente estável à luz e também não é destruído pelo sistema IAA-oxidase (ALVARENGA; CARVALHO, 1983; HARTMANN et al., 2002).

Testando a resposta de estacas de *Hydrangea macrophylla* Ser. (hortências) frente a aplicação de 5000 mgL<sup>-1</sup> de IBA e a mesma concentração de NAA, a maior porcentagem de enraizamento foi registrada para estacas tratadas com IBA (70%) enquanto para as tratadas com NAA a porcentagem de enraizamento foi de 27%. O número de raízes formadas por estaca, e o comprimento médio das três maiores raízes, também foram obtidos em estacas tratadas com 5000 mgL<sup>-1</sup> IBA, (13,4 e 1,5cm) contra 9,7 raízes e 1,1cm de comprimento para o tratamento com 5000 mgL<sup>-1</sup> NAA (PIMENTA et al., 2003).

A porcentagem de enraizamento para estacas lenhosas basais de *Arbutus andrachne* L. foi maior para estacas tratadas com 5000 mgL<sup>-1</sup> IBA (72%) do que as tratadas com NAA na mesma concentração (14%). O mesmo foi verificado para as estacas terminais, 29% de enraizamento para as tratadas com 2500 mgL<sup>-1</sup> IBA e 21% para o tratamento com a mesma concentração de NAA (MOHAMMED; KARAM, 2001). Para estacas de *Pausinystalia johimbe* (K.) Schum. (yohimbe), espécie arbórea originária da África Central, o tratamento com IBA também representou as maiores porcentagens de enraizamento (88,3%), seguidas das estacas tratadas com NAA (71,7 %) e com IAA (58,3%). Para estes testes foram utilizadas 0,05 mgL<sup>-1</sup> de cada fitorregulador em soluções alcoólicas (TCHOUNDJEU et al., 2004).

A aplicação de reguladores vegetais pode ser de três maneiras: soluções, onde as bases das estacas são imersas e quanto maior a concentração menor o tempo de imersão; misturados em talco, as bases das estacas são umedecidas para favorecer a aderência do pó; ou ainda em pastas com a mistura de lanolina ao regulador e aplicação na base da estaca (PADUA, 1983).

A aplicação do talco é muito utilizada por ser de fácil manuseio e na maioria dos casos gerar bons resultados. Mas o talco pode ser lixiviado com o tempo, e por não se ter uma homogênea aplicação, acarreta em enraizamento não uniforme em

todo o diâmetro da estaca (FORTES, 1998). A utilização de soluções possibilita uma aplicação homogênea nas estacas e conseqüentemente, um enraizamento uniforme. Mas, nesse caso, a resposta à aplicação exógena de auxinas depende não só da concentração como também da duração do tratamento. Variações podem gerar grande porcentagem de enraizamento ou se tornarem tratamentos tóxicos para planta (ONO; RODRIGUES, 1996).

A auxina natural produzida nas folhas e nas gemas move-se naturalmente para a parte inferior da estaca, acumulando-se na base do corte, junto com açúcares e outros nutrientes (JANICK, 1966). Considerando que a formação de raízes é um processo de crescimento que necessita de nutrientes, é importante que haja equilíbrio da auxina com carboidratos e compostos nitrogenados (ONO; RODRIGUES, 1996). NANDA et al. (1971) comprovaram que a habilidade ao enraizamento de uma estaca caulinar é determinada pelo balanço entre fatores nutricionais e hormonais e que o enraizamento pode vir a não ocorrer quando a concentração de um destes estiver muito alta.

A auxina, além de atuar nas células envolvidas na iniciação do primórdio radicial, pode atuar na movimentação direcional dos nutrientes. Assim, a acumulação do IAA ou de auxinas exógenas na base das estacas, pode afetar no acúmulo de outros compostos necessários para o enraizamento. ALTMAN e WAREING (1975) verificaram aumento na acumulação de açúcares na base das estacas controle de feijão (*Phaseolus vulgaris* cv. Canadian Wonder) após 48 horas da instalação do experimento. Já para estacas tratadas com  $9 \text{ mgL}^{-1}$  de IAA houve um aumento significativo para a concentração de açúcares na base, depois de 12 a 24 horas da instalação. A aplicação de NAA também aumentou a acumulação de carboidratos totais e açúcares redutores na base das estacas de *Pinus banksiana* Lamb. (jackpine) em comparação com estacas controle (HAISSIG, 1982).

As substâncias produzidas nas folhas, ou as reservas destas nas estacas, são necessárias para estimular a formação de raízes. Estacas com folhas, em geral, respondem com maior sucesso ao enraizamento, apresentando maior indução radicial, maior número e comprimento das raízes formadas, principalmente quando se tem a adição de auxinas exógenas (OVERBEEK et al., 1946; ALTMAN; WAREING, 1975; DICK et al., 1996; XAVIER et al., 2003; LIMA et al., 2003b). Desta

forma, um bom enraizamento depende da presença, na estaca, de certos compostos denominados co-fatores (ALVARENGA; CARVALHO, 1983).

São considerados co-fatores do enraizamento substâncias endógenas, capazes de atuar sinergicamente com as auxinas no enraizamento de estacas, atuando como promotores ou inibidores deste processo. As plantas podem ser classificadas em três principais grupos quanto ao enraizamento (HARTMANN et al., 2002):

1. Plantas de fácil enraizamento, que possuem em seus tecidos substâncias endógenas necessárias à iniciação radicial e não é necessária a aplicação de qualquer substância exógena para que as estacas formem raízes;
2. Plantas relativamente fáceis de enraizar, têm em seus tecidos os co-fatores necessários, mas não possuem auxinas suficientes. Neste caso, com a aplicação de auxinas exógenas, obtêm-se sucesso no enraizamento das estacas;
3. Plantas de difícil enraizamento, são as que não apresentam um ou mais co-fatores, independentemente da quantidade de auxinas endógenas. Neste caso, somente a aplicação de auxinas exógenas não é suficiente para o enraizamento das estacas.

A concentração de carboidratos é um dos parâmetros que reflete o desenvolvimento da planta matriz e pode apresentar correlação com a habilidade de suas estacas ao enraizamento. É clara a função dos carboidratos como fonte de energia para a produção de novos produtos metabólicos, mas durante o período de enraizamento, podem também interferir no número de raízes formadas e no desenvolvimento destas, não necessariamente controlando todo o mecanismo (VEIERSKOV, 1988). Em várias espécies ocorre aumento da concentração de carboidratos totais após as estacas serem tratadas com auxina, seguindo de um gradual decréscimo durante os estágios de desenvolvimento das raízes (BASAK et al., 1995).

PALANISAMY e SUBRAMANIAN (2001) relacionaram o sucesso do enraizamento com o possível aumento dos níveis de carboidratos e de nutrientes nas estacas de *Tectona grandis* L. (teca), feitas a partir de brotações com mais

tempo de desenvolvimento. Para estacas de *Rosa multiflora* cv Brooks 56, nos períodos em que a porcentagem de enraizamento foi maior as concentrações de amido e carboidratos totais também foram maiores do que nos períodos em que o enraizamento não ocorreu (HAMBRICK et al., 1991).

A maior facilidade ao enraizamento das estacas basais de ameixeira e marmeleiro em relação às estacas terminais, possivelmente se deve ao maior acúmulo de açúcares redutores nestas porções, assim como auxinas endógenas ou outros fatores promotores do enraizamento (HARTMANN; HANSEN, 1958).

As condições de irradiação em que se encontram as plantas matrizes e as conseqüentes variações na taxa de fotossíntese destas podem interferir na produção e acúmulo de fotoassimilados e no potencial de enraizamento das estacas (DAVIS, 1988). Como a taxa de fotossíntese durante o enraizamento é muito baixa, quase nula, a fonte energética pode ser fornecida pela quebra do amido armazenado nas folhas ou no ramo. WIESMAN e LAVEE (1995) verificaram uma redução nos níveis de amiloplastos, nas folhas e em secções das estacas, durante o enraizamento de oliveira.

As baixas concentrações de açúcares redutores e amido, obtidas de estacas de *Pinus banksiana* Lamb. (jackpine) vindas de plantas matrizes sombreadas, justificaram o insucesso do enraizamento, quando comparadas com as altas concentrações em estacas de plantas matrizes que cresceram sob luminosidade e que enraizaram 27%, mesmo sem tratamentos com IBA (HAISSIG, 1990).

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

Estacas de *Hibiscus rosasinensis* Linn. apresentaram maior porcentagem de enraizamento quando coletadas no verão (junho) do que no inverno (dezembro), sendo que em junho as estacas apresentavam maiores concentrações de açúcares totais e menores concentrações de amido e o inverso em dezembro, possivelmente porque nesta fase de baixas temperaturas, a atividade das amilases seria menor (PAL, 1990).

PAL (1990) também constatou que o tratamento com auxinas aumentou a porcentagem do enraizamento das estacas coletadas em junho, demonstrando que o essencial é o balanço entre auxina e carboidratos, mas que esse êxito pode também ser relacionado à presença de fenóis. Compostos fenólicos podem ser considerados co-fatores do enraizamento já que impedem a ação do sistema enzimático IAA-oxidase e estão envolvidos com a ação da auxina na iniciação radicial (HAISSIG, 1986; ARTECA, 1995).

HAISSIG (1974)<sup>2</sup> citado por WILSON e VANSTADEN (1990) se refere à participação dos compostos fenólicos como sinergistas a auxina, na primeira ou segunda fase da formação radicial. Como o composto  $\sigma$ -difenoil, que reage diretamente com a auxina formando um complexo auxina-fenólico, que possibilita a predisposição ao enraizamento.

KLING e MEYER (1983) registraram que compostos fenólicos como catecol e ácido salicílico estimulam a iniciação radicial em estacas *Phaseolus aureus* Roxb. (feijão), e que em estacas de *Acer griseum* Pax., espécie de difícil enraizamento, a combinação de 450 mgL<sup>-1</sup> catecol e 190 mgL<sup>-1</sup> IAA resultou em 100% de enraizamento.

No que se refere aos teores de proteínas, RIBAS (1997) recomenda a coleta dos ramos para a estaquia durante as épocas do ano em que os teores de proteínas são mais altos, para *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden, primavera e inverno. THIMANN e POUTASSE (1941) caracterizam altos teores de proteínas e aminoácidos como de fundamental importância ao enraizamento e sobrevivência das estacas.

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

Além das auxinas, outros grupos hormonais desempenham alguma interferência na formação de raízes adventícias. A elevada relação citocinina/auxina

---

<sup>2</sup> HAISSIG, B. E. Influences of auxin synergists on adventitious root primordium initiation and development. **New Zealand Journal of Forestry Science**. v. 4, p. 311-323, 1974.

promove o desenvolvimento de brotações inibindo o desenvolvimento das raízes (ARTECA, 1995). O mesmo ocorre com as giberelinas (GAs) devido o estímulo ao crescimento vegetativo que compete com a formação das raízes (PAIVA et al., 1996) além de bloquear a ação das auxinas nos processos subseqüentes a indução do sistema radicial. A aplicação de GA em estacas de *Salix fragilis* L. (salgueiro-frágil) reduziu a divisão das células dos primórdios radiciais (HAISSIG, 1972).

No entanto, o ácido abscísico tem contido os efeitos antagonistas das giberelinas no enraizamento e inibido o crescimento de brotações, podendo representar pequeno efeito positivo sobre a indução radicial (BASU et al., 1970). Os brassinoesteróides atuam na planta da mesma maneira que o IAA, porém, em estaquia, mostraram um efeito totalmente contrário das auxinas, uma vez que inibem fortemente o enraizamento de estacas. Os estudos ainda não são conclusivos e mais pesquisas são necessárias para se conhecer o real efeito sobre o enraizamento de estacas (ARTECA, 1996; VIVANCO; FLORES, 2000).

Como a auxina estimula a síntese de etileno em muitos tecidos vegetais, sugere-se que a ação da auxina leve também a indução, por parte do etileno na formação de raízes adventícias, mas dependendo da fase de formação das raízes em que o etileno atua, o resultado pode ser diferente (ARTECA, 1996).

Várias evidências, no entanto, sugerem que o etileno endógeno não está diretamente envolvido na indução do enraizamento pela auxina (HARTMANN et al., 2002). Estacas de *Prunus persica* (L.) Batsch (pessegueiro), tratadas com íons de cobalto, inibidor da síntese de etileno, apresentaram maior número de raízes por estaca do que as estacas tratadas com ethephon (SCALABRELLI; COUVILLON, 1986).

### 2.3.2 Fatores Extrínsecos

Um dos fatores importantes para o sucesso da propagação vegetativa é a manutenção da turgescência das estacas pelo controle da umidade relativa dentro da casa-de-vegetação, que pode ser obtido pelo uso de um sistema de nebulização, proporcionando a formação de uma fina película de água na superfície da folha da estaca, reduzindo a transpiração e mantendo uma temperatura relativamente

constante na superfície destas (PAIVA; GOMES, 1993), mantendo dessa forma as folhas funcionais por mais tempo, o que pode ser decisivo no enraizamento de algumas espécies (HARTMAN et al., 2002). Para contornar o problema da transpiração, PAIVA e GOMES (1993), recomendam manter a umidade relativa do ar na região das estacas em torno de 80 a 100%, conservando assim a turgescência dos tecidos.

Assim uma das principais causas para o não enraizamento é a morte de caule por dessecação, já que a falta de raízes impossibilita a absorção de água suficiente, e as folhas presentes, assim como as novas brotações, continuam perdendo água por transpiração (JANIK, 1966). O excesso de água, no entanto, pode dificultar as trocas gasosas, favorecendo o desenvolvimento de doenças, impedindo o enraizamento e também levando a morte dos tecidos vegetais (XAVIER; SANTOS, 2002).

A temperatura tem importante função na regulação do metabolismo das estacas, seja na base, fornecendo condições para que haja indução, desenvolvimento e crescimento das raízes, como também na parte aérea, para manutenção e sobrevivência das folhas e gemas. A flutuação da temperatura é prejudicial à sobrevivência das estacas e conseqüentemente para seu enraizamento. Assim, usa-se o controle térmico pelo uso de aquecedores de ambiente ou de resistências e cabos elétricos para o aquecimento do substrato. Em condições tropicais e sub-tropicais, a temperatura no interior da casa-de-vegetação deve variar de 25 a 30°C e no substrato de 21 a 26 °C (BERTOLOTTI; GONÇALVES, 1980).

Temperaturas do ar elevadas devem ser evitadas, pois o aumento do metabolismo, apesar de estimular o desenvolvimento das raízes, pode favorecer a perda de água pelas folhas, levando as estacas ao dessecamento, já que a perda de água ocorre mais rapidamente do que a absorção. O ideal seria primeiro induzir a iniciação radicial utilizando um meio artificial, onde se mantenha a temperatura do substrato mais alta que a do ar (HARTMANN et al., 2002).

Segundo JANICK (1966), o papel da luz como estimuladora do enraizamento varia conforme a espécie e o método de propagação. As estacas semilenhosas e herbáceas reagem diretamente à luz, devido sua ação sobre a síntese de carboidratos, enquanto nas estacas lenhosas, que já contem substâncias de reserva suficiente, o enraizamento é melhor na ausência de luz, sendo, provavelmente,

devido ao acúmulo de auxinas e de outras substâncias, que são instáveis na presença desta.

O substrato apropriado para enraizamento depende da espécie, tipo da estaca, estação do ano e técnica de propagação. Deve possuir quatro características básicas: sustentar as estacas durante o período de enraizamento, proporcionar umidade, proporcionar um ambiente escuro ou opaco, reduzindo a penetração da luz na base da estaca e permitir aeração. O oxigênio é necessário para a atividade celular durante o processo de formação de calos e da emissão de raízes (HARTMANN et al., 2002).

Estacas de muitas espécies enraízam com facilidade numa grande diversidade de substratos, porém, existem plantas que apresentam dificuldade de enraizamento, sendo o substrato utilizado um fator de grande influência, não só na porcentagem de enraizamento, mas na qualidade do sistema radicular que se forma (JANICK, 1966; PAIVA; GOMES, 1993).

Os elementos mais utilizados são vermiculita, turfa, serragem, casca de arroz carbonizada, moínha de carvão, terriço, espuma de poliuretano, turfa e diversas misturas destes. Não há consenso quanto ao melhor, e tal fato deve-se à espécie e as condições em que se trabalha (PAIVA et al., 1996).

Vermiculita é um silicato de alumínio, ferro e magnésio, do grupo dos filossilicatos. A rocha, com aquecimento de cerca de 1000°C por um minuto, é expandida e o volume das partículas aumenta de 10 a 15 vezes, atingindo uma densidade de 80 a 130gL<sup>-1</sup>, podendo assim absorver muitas vezes o seu peso em água. O aquecimento a essa temperatura assegura também a completa esterilização. Considerado um substrato leve, seu peso é de 90 a 160g por dm<sup>3</sup> e pH em torno de 6 a 6,8 (KÄMPF; FERMINO, 2000).

A época do ano em que são coletadas as estacas pode, em algumas situações, exercer grande influência sobre o enraizamento. Para algumas espécies que enraízam com facilidade, as estacas podem ser coletadas em qualquer época do ano, enquanto para outras, o período de maior enraizamento coincide com a estação de repouso ou com a estação de crescimento. Para cada espécie é necessário que se determine qual a melhor estação do ano para se realizar a coleta do material para confecção das estacas, a qual está diretamente relacionada com a condição fisiológica da planta matriz (HARTMANN et al., 2002).

A influência da época do ano em que as estacas são coletadas foi verificada no enraizamento de estacas de *Coffea canephora* Pierre (café) onde altas porcentagens de enraizamento foram registradas nos meses de junho e agosto, (verão) quando até mesmo o controle apresentou 100% de enraizamento, enquanto estacas coletadas em dezembro (inverno) apresentaram menor porcentagem de enraizamento (35,50%). A alta porcentagem de enraizamento coincidiu com as épocas chuvosas do ano (PURUSHOTHAM et al., 1984).

Para que ocorra enraizamento é necessária certa quantidade de substâncias de reserva concentradas nos tecidos cambiais. MURAYAMA (1973) recomenda que as estacas sejam retiradas durante o período de repouso vegetativo, principalmente no fim do inverno, quando os ramos estariam com maior acúmulo de reserva. Para estacas caulinares de *Juniperus virginiana* L. (cedro-vermelho), a maior porcentagem de enraizamento e maior número de raízes formadas foi registrado para coletas realizadas durante o inverno (HENRY et al., 1992).

Estacas semilenhosas de *Pyrus calleryana* L. (pêra) coletadas no outono permitem a obtenção de estacas com folhas, em uma época do ano em que a planta está com as concentrações de reserva mais elevada, de forma a entrar em dormência na estação seguinte, registrando assim bons resultados uma vez estão presentes as folhas e o teor de reserva, ambos favoráveis ao enraizamento (ANTUNES et al., 1996).

Já para estacas caulinares de *Backhousia citriodora* (F.) Muell (limão-de-mirtilo), altas porcentagem de enraizamento ocorreram para as coletas realizadas durante os meses amenos, novembro a abril, quando as temperaturas e as chuvas foram elevadas, ao contrário, o reduzido sucesso no enraizamento ocorreu nos meses do inverno, um período de poucas chuvas e baixas temperaturas (KIBBLER et al., 2004).

A relação entre o enraizamento e as mudanças no fotoperíodo natural influenciou o enraizamento de estacas de *Coleonema aspalathoides* Juss. ex Don. coletadas no inverno, quando os dias são mais curtos (HELLER et al., 1994).

A estação do ano também parece estar relacionada com a atividade cambial e o nível endógeno de auxina (IAA), e como auxinas aplicadas exogenamente não modificam esta relação, seu efeito pode variar conforme a estação do ano, podendo estimular em uma estação e inibir ou ser tóxica em outra (IRITANI et al., 1986).

Além do nível endógeno de auxina, as estações do ano estão relacionadas com a presença ou ausência de co-fatores e inibidores do enraizamento. LEE et al. (1969) registraram aumento de co-fatores do enraizamento em extratos de tecidos das folhas e das bases de estacas de três cultivares de *Rhododendron* (Cunningham's White; .English Roseum e Dr. H. C. Dresselhuys) no outono, decrescendo no início do inverno e no verão. O inibidor encontrado nos extratos preparados com material coletado no verão desapareceu no outono e reapareceu no inverno.

PURUSHOTHAM et al. (1984), analisando os co-fatores do enraizamento em estacas de *Coffea canephora* Pierre (café) coletadas em diferentes épocas do ano, verificaram a presença dos maiores níveis nos meses de melhor enraizamento, junho e agosto (verão), sendo que meses como fevereiro (inverno) que apresentaram os maiores níveis de inibidores, foram os meses de menor enraizamento.

Análises de extratos das folhas de genótipos diferentes de *Personia virgata* (R.) Br., com bom enraizamento, revelaram altos níveis de determinados compostos durante o verão, possivelmente promotores do enraizamento, mas esses níveis decresceram nos extratos referentes à primavera quando o enraizamento também decresceu (BAUER et al., 1999).

## 2.4 FORMAÇÃO DAS RAÍZES ADVENTÍCIAS

O desenvolvimento das raízes adventícias, segundo ARTECA (1995) e HARTMANN et al. (2002) pode ser dividido em quatro estágios:

1. Desdiferenciação de células específicas;
2. Formação das raízes iniciais a partir de células localizadas próximas aos tecidos vasculares, que se tornam meristemáticas;
3. Desenvolvimento de raízes iniciais em primórdios radiciais organizados;
4. Crescimento e emergências dos primórdios radiciais.

Quando as estacas são colocadas em condições de enraizamento, comumente ocorre a formação de calos, massas irregulares de células parenquimáticas em diferentes estágios de lignificação, através dos quais as raízes emergem. Porém, a formação das raízes adventícias e dos calos são independentes e sua ocorrência simultânea se explica pelo fato de ambos envolverem processo de divisão celular, o que pode depender de condições internas e ambientais similares (ALVARENGA; CARVALHO, 1983; FERRI, 1997; HARTMANN et al., 2002).

Dessa forma, a formação de raízes adventícias pode ser da forma direta, pela diferenciação de células próximas ao sistema vascular; ou indireta, quando as células de divisão não orientada formam calos que permanecem assim por um período e depois, ao se dividirem de forma organizada, iniciam a raiz primária (HARTMANN et al., 2002).

O conhecimento da estrutura interna do caule permite entender a origem das raízes adventícias. Em estacas de plantas perenes lenhosas, as raízes originam-se no tecido do floema secundário jovem ou de outros tecidos como câmbio, raios vasculares e medula (FERRI, 1997). A maioria das raízes origina-se de células que são capazes de tornarem-se meristemáticas. Nas estacas de plantas herbáceas, essas células encontram-se fora e entre os feixes vasculares (ALVARENGA; CARVALHO, 1983).

BOEGER et al. (2004), analisando estacas semilenhosas de *Mikania glomerata* Sprengel (guaco) verificaram que a diferenciação se deu a partir do cambio interfascicular. TESUMURA et al. (2001) constataram em estacas semilenhosas de *Dyospyros kaki* L. (caqui-japonês) a diferenciação das raízes adventícias a partir do cambio vascular depois de 20 dias do plantio. Em estacas semilenhosas de *Tibouchina fothersgillae* (DC.) Cogn. (quaresmeira), a origem das raízes adventícias provavelmente também ocorre a partir do cambio vascular (MAYER et al., 2003). Em estacas de *Hibiscus rosa-sinensis* L. (hibisco) a análise microscópica revelou a iniciação radicial a partir dos raios parenquimáticos do floema secundário (OVERBEEK et al. 1946).

PEREZ-FRANCÉS et al. (2001) constataram em estacas semilenhosas de *Leucadendron discolor* (H.) Buek. ex Meisen. (Proteaceae) que a formação de calos a partir de células corticais e do cambio, já na primeira semana, é pré-requisito para

a formação dos primórdios radiciais. Após três semanas foi detectada a conexão vascular formada entre os tecidos vasculares da estaca e as raízes adventícias.

Quando analisadas as seções feitas da base das estacas de *Mussaenda erythrophylla* (L.) Schum. & Thonn. durante o enraizamento, foi verificada atividade meristemática nas células parenquimáticas do floema próximas ao câmbio vascular, após quatro dias de permanência no leito de enraizamento; após seis dias o primórdio radicial estava presente nas estacas tratadas com 3000 mgL<sup>-1</sup> IBA, e depois de dez dias as raízes adventícias apresentavam conexão vascular. Apenas as estacas não tratadas com IBA apresentaram formação de calos na base das estacas (HILAIRE et al., 1996).

O insucesso do enraizamento em alguns casos pode ser causado pela presença de barreiras anatômicas à emergência dos primórdios radiciais (ONO; RODRIGUES, 1996), bem como o desenvolvimento de fibras e esclereídes no floema primário, formando um anel contínuo na região cortical do caule, características presentes na grande maioria de estacas coletadas de plantas adultas (WHITE; LOVELL, 1984).

A análise anatômica da base de estacas de *Persoonia virgata* (R.) Br. vindas de matrizes adultas e de plântulas revelou uma contínua barreira formada de fibras de floema. No entanto a presença dessas fibras de floema não prejudicou a emergência dos primórdios radiciais já que com o desenvolvimento de calos, as células parenquimáticas romperam essa barreira (BAUER et al. 1999).

Em estacas de *Acacia baileyana* (F.) Muell (mimosa-de-ouro), no momento da instalação do experimento havia a presença de um anel contínuo de fibras de esclerênquima entre córtex e floema. Após duas semanas, com o crescimento dos tecidos vasculares, formou-se uma conexão do floema com o córtex, separando as fibras de esclerênquima. Após quatro semanas, o primórdio radicial parecia se originar da massa de calos que se formava no córtex, próximo às células parenquimáticas do floema (SCHWARZ et al., 1999).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 ESTAQUIA

O experimento foi conduzido na casa-de-vegetação do Setor de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Paraná - UFPR, em Curitiba - PR.

A coleta do material vegetativo foi realizada a partir de 10 plantas matrizes adultas de *Tibouchina sellowiana* (Cham.) Cogn., consideradas indivíduos não aparentados, com 20 a 30cm de diâmetro à altura do peito (DAP), previamente marcadas e selecionadas, a 15km da UFPR, no município de Colombo-PR, localizado 25°17'30" sul de latitude e 49°13'27" de longitude oeste. O material botânico está depositado no Herbário do Departamento de Botânica da Universidade Federal do Paraná (UPCB) sob os números de registro 51546 e 51547. As coletas foram realizadas na segunda semana de cada estação do ano: primavera (15 de outubro/2004), verão (15 de janeiro/2005), outono (15 de abril/2005) e inverno (15 de julho/2005) no período da manhã.

Tabela 1. Dados meteorológicos mensais de Curitiba – PR durante o período de outubro de 2004 a julho de 2005.

| Mês/ Ano | Precipitação média (mm) | Temperatura média (°C) | Temperatura média das mínimas (°C) | Temperatura média das máximas (°C) |
|----------|-------------------------|------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| out/2004 | 152,0                   | 16,5                   | 6,3                                | 30,5                               |
| nov/2004 | 92,1                    | 18,4                   | 12,0                               | 31,1                               |
| dez/2004 | 128,0                   | 19,4                   | 12,5                               | 31,3                               |
| jan/2005 | 164,6                   | 20,4                   | 13,6                               | 31,2                               |
| fev/2005 | 64,8                    | 20,6                   | 13,8                               | 31,2                               |
| mar/2005 | 72,8                    | 20,7                   | 12,6                               | 33,4                               |
| abr/2005 | 114,4                   | 19,7                   | 10,8                               | 30,7                               |
| mai/2005 | 104,8                   | 17,1                   | 7,0                                | 28,6                               |
| jun/2005 | 66,1                    | 16,4                   | 8,6                                | 26,2                               |
| jul/2005 | 91,1                    | 13,9                   | 2,7                                | 26,2                               |

Fonte: Sistema Meteorológico do Paraná - SIMEPAR

Ramos semilenhosos foram coletados das plantas matrizes e tiveram cerca de 10cm de comprimento, a partir do ápice, desprezados. Com o restante dos ramos, foram confeccionadas estacas com 10cm comprimento, corte em bisel na base e corte reto do ápice, e duas folhas com sua área reduzida à metade na porção apical.

Como tratamento fitossanitário, as estacas ficaram submersas em hipoclorito de sódio a 0,5% por 10 minutos, sendo posteriormente lavadas em água corrente por 5 minutos, e tratadas com benomyl ( $0,25 \text{ gL}^{-1}$ ) por 15 minutos.

As bases das estacas foram imersas em soluções alcoólicas 50% de diferentes concentrações de ácido indol butírico (IBA) por um período de 10 segundos, e diretamente no pó, quando veiculadas sob a forma de talco. Os tratamentos controle possuíam solução alcoólica 50% ou talco inerte. As concentrações usadas foram:

- $0 \text{ mgL}^{-1}$  IBA (em solução)
- $1500 \text{ mgL}^{-1}$  IBA (em solução)
- $3000 \text{ mgL}^{-1}$  IBA (em solução)
- $0 \text{ mgkg}^{-1}$  IBA (em talco)
- $1500 \text{ mgkg}^{-1}$  IBA (em talco)
- $3000 \text{ mgkg}^{-1}$  IBA (em talco)

O plantio foi realizado em tubetes de polipropileno com  $53\text{cm}^3$  contendo vermiculita de granulometria média como substrato, mantidos em casa-de-vegetação climatizada, programada para  $25^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$  e 95% de umidade relativa. Aos 65 dias, tempo determinado em testes preliminares, as estacas foram retiradas, sendo analisadas as seguintes variáveis:

- porcentagem de enraizamento (porcentagem de estacas com raízes de, no mínimo 1mm de comprimento, podendo ou não apresentar calos);
- número de raízes por estaca (total de raízes emitidas por estaca);
- comprimento das raízes formadas por estaca (comprimento das três maiores raízes formadas por estaca, em cm);
- porcentagem de estacas com calos (porcentagem de estacas vivas, com formação de massa celular indiferenciada na base e sem raízes);

- porcentagem de sobrevivência (porcentagem de estacas vivas que não apresentavam indução radicial nem formação de calos);
- porcentagem de mortalidade (porcentagem de estacas que se encontravam com tecidos necrosados).

Os dados foram analisados separadamente em cada estação, segundo um delineamento inteiramente casualizado com arranjo fatorial 3x2 dos tratamentos (três concentrações diferentes de ácido indol butírico (IBA) e duas formas de aplicação), com 4 repetições e 20 estacas por unidade experimental. As variâncias dos tratamentos foram testadas quanto à homogeneidade pelo teste de Bartlett. As variáveis cujas variâncias se mostraram homogêneas foram submetidas à análise de variância e as que apresentaram diferenças significativas pelo teste de F tiveram suas médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

### 3.2 ANÁLISE ANATÔMICA DAS ESTACAS

Para a análise anatômica qualitativa foram coletadas amostras da base de duas estacas de *T. sellowiana* (Cham.) Cogn. no momento da instalação dos experimentos, nas quatro estações do ano. Adicionalmente, na primavera, foram coletadas as bases de duas estacas tratadas com 3000 mgL<sup>-1</sup> IBA, retiradas do leito de enraizamento, em intervalo de um dia, durante 30 dias após a instalação do experimento, na tentativa da observação do local de origem das raízes.

A fixação das amostras foi feita em FAA 70 (JOHANSEN, 1940) sendo depois de 12 horas conservadas em álcool 70%. As análises foram feitas através de lâminas permanentes onde foram empregadas técnicas de coloração (FEDER; O'BRIEN, 1968) e testes microquímicos com lugol e cloreto férrico (JOHANSEN, 1940).

Para a preparação das lâminas permanentes, os materiais foram emblocados em historresina (GMA-glicol metacrilato), segundo a técnica de FEDER e O'BRIEN (1968). Os blocos foram seccionados em micrótomo rotatório e os cortes foram obtidos com 7µm de espessura e corados com fucsina básica e azul de astra

(ALVES DE BRITO; ALQUINI, 1996). As lâminas foram montadas com resina sintética (Permalte®).

### 3.3 ANÁLISE BIOQUÍMICA DAS ESTACAS

#### 3.3.1 Quantificação de açúcares totais

Foram utilizadas três estacas de *T. sellowiana* (Cham.) Cogn., ou seja três repetições, para a quantificação de açúcares totais nas quatro estações do ano, sendo o material coletado no momento da instalação do experimento da estaquia. A técnica foi adaptada de NASCIMENTO et al. (1998).

Cada estaca foi pesada e macerada separadamente com 10 ml de etanol 80%, seguido de aquecimento em banho-maria por 10 minutos. Depois de filtrar o sobrenadante, este foi levado novamente para o aquecimento, sendo o procedimento repetido por três vezes. Após a evaporação do etanol, 3 ml de água destilada foram adicionados para a obtenção dos extratos finais, os quais foram acondicionados em frascos, sendo congelados e analisados posteriormente.

Para proceder a análise, utilizou-se 10µl do extrato, 490µl de água destilada, 0,5 ml de fenol e 2,5 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. As leituras foram realizadas a 490nm em espectrofotômetro e comparadas com curva padrão de glicose (DUBOIS et al., 1956).

#### 3.3.2 Quantificação de proteína

O procedimento para a quantificação de proteína foi semelhante daquele realizado para a obtenção de açúcares totais, variando apenas no uso de 10 ml de tampão fosfato (0,2 M, pH 7,5) para a extração.

Para a análise utilizou-se 50µl do extrato, 450µl de água destilada e 1ml do reagente Bio-Rad. As leituras foram realizadas a 620nm em espectrofotômetro e comparadas com curva padrão de proteína a partir de uma solução de soro albumina bovina (BSA) (BRADFORD, 1976).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 ESTAQUIA

Para a apresentação dos resultados e sua discussão, as variáveis estudadas, a saber, porcentagem de enraizamento, número e comprimento médio das raízes e sobrevivência e mortalidade das estacas de *Tibouchina sellowiana* (Cham.) Cogn. foram analisadas em cada estação do ano.

Nas estações da primavera de 2004, verão de 2005 e outono de 2005, não foi observada a presença de estacas com calos (estacas vivas, com formação de massa celular indiferenciada na base e sem raízes). Eventualmente, estacas enraizadas apresentaram a formação de calos, nessas estações. No inverno de 2005 houve a formação de calos na estacas e esta variável foi analisada estatisticamente.

#### 4.1.1 Primavera de 2004

##### 4.1.1.1 Porcentagem de enraizamento

Para a variável porcentagem de enraizamento, a interação entre os fatores concentração de ácido indol butírico (IBA) e forma de aplicação não foi estatisticamente significativa, indicando que os fatores são independentes. Apenas para o fator concentração de IBA houve efeito significativo (Tabela 2).

Tabela 2. Análise de variância (teste F) da porcentagem de enraizamento de estacas de *Tibouchina sellowiana* coletadas na primavera de 2004.

| Causa da variação       | G.L. | Q.M.                 |
|-------------------------|------|----------------------|
| Concentração de IBA (C) | 2    | 2053,12 *            |
| Forma de aplicação (A)  | 1    | 459,37 <sup>ns</sup> |
| Interação C x A         | 2    | 289,37 <sup>ns</sup> |
| Erro                    | 18   |                      |
| Total                   | 23   |                      |

\* = significativo a 5%

Coefficiente de variação = 31,43%

Teste de Bartlett = 1,492<sup>ns</sup>

O tratamento com 3000 mg IBA foi superior, com 78,75% de enraizamento, diferindo estatisticamente da testemunha (46,87%) (Tabela 3). KNAPIK et al. (2003), trabalhando com estacas de *T. pulchra* (Cham.) Cogn. coletadas na primavera, obtiveram maior porcentagem de enraizamento para as estacas tratadas com 2000 mgL<sup>-1</sup> e 4000 mgL<sup>-1</sup> IBA (28%); a testemunha apresentou apenas 8% de enraizamento.

Tabela 3. Comparação de médias da porcentagem de enraizamento de estacas de *Tibouchina sellowiana*, coletadas na primavera de 2004.

| Formas de aplicação | Concentrações de IBA (mgL <sup>-1</sup> ou mgkg <sup>-1</sup> ) |          |         | Médias |
|---------------------|---|----------|---------|--------|
|                     | 0 mg  | 1500 mg  | 3000 mg |        |
| Solução             | 36,25   | 61,25    | 75,00   | 57,50  |
| Talco               | 57,50   | 58,75    | 82,50   | 66,25  |
| Médias              | 46,87 b   | 60,00 ab | 78,75 a |        |

Médias seguidas da mesma letra na horizontal não diferem significativamente entre si ao nível de 5% de probabilidade.

Em estacas semilenhosas de *Prunus persica* (L.) Batsch (pessegueiro) e *Prunus salicina* Lindl (ameixeira) coletadas na primavera, a maior porcentagem de enraizamento (61,26% e 55,95% respectivamente), superior a testemunha, foi constatada no tratamento com 3000 mgL<sup>-1</sup> IBA (TOFANELLI et al., 1997; TOFANELLI et al., 2002).

Para estacas de *T. fothergillae* (DC.) Cogn. coletadas na primavera, quando foram testadas as concentrações de 0, 2000, 4000, 8000 mgL<sup>-1</sup> IBA, todos os tratamentos apresentaram 100% de enraizamento, com exceção da aplicação de 8000 mgL<sup>-1</sup> IBA (MAYER et al., 2003).

Nesta estação, primavera de 2005, o mês de outubro foi um dos períodos que apresentou índice pluviométrico elevado (152,0mm) (Tabela 1). Condições ambientais ideais para o desenvolvimento da planta matriz no campo podem ter contribuído para o sucesso do enraizamento. PURUSHOTHAM et al. (1984) trabalhando com estacas de *Coffea canephora* Pierre (café) e KIBBLER et al. (2004) com estacas de *Backhousia citriodora* (F.) Muell (limão-de-mirtilo), também

encontraram coincidência dos períodos de chuva com o período de maior porcentagem de enraizamento.

#### 4.1.1.2 Número e comprimento das raízes formadas

Para o número de raízes por estaca, a interação entre os fatores concentração e forma de aplicação foi significativa, indicando que os fatores não são independentes. Já para a variável comprimento médio das três maiores raízes por estaca, a análise de variância revelou que os fatores são independentes e que apenas a concentração utilizada apresentou efeito significativo (Tabela 4).

Tabela 4. Análise de variância (teste F) do número de raízes e comprimento médio das três maiores raízes por estaca (cm) de *Tibouchina sellowiana* coletadas na primavera de 2004.

| Causa da variação         | G.L | Q. M.              |                     |
|---------------------------|-----|--------------------|---------------------|
|                           |     | Número             | Comprimento         |
| Concentração de IBA (C)   | 2   | 0,83 <sup>ns</sup> | 14,09 <sup>**</sup> |
| Forma de aplicação (A)    | 1   | 4,52 <sup>ns</sup> | 0,00 <sup>ns</sup>  |
| Interação C x A           | 2   | 7,93 <sup>*</sup>  | 6,69 <sup>ns</sup>  |
| Erro                      | 18  |                    |                     |
| Total                     | 23  |                    |                     |
| Coeficiente de variação % |     | 18,87              | 16,62               |
| Teste de Bartlett         |     | 2,64 <sup>ns</sup> | 7,37 <sup>ns</sup>  |

\* = significativo a 5%

\*\* = significativo a 1%

O melhor tratamento para o número de raízes por estaca foi 3000 mgL<sup>-1</sup> IBA em solução, com 8,26 raízes por estaca, diferindo estatisticamente do tratamento com a mesma concentração, aplicado na forma de talco (5,25 raízes) (Tabela 5). Para estacas de *T. fothergillae*, (DC.) Cogn. MAYER et al. (2003) obtiveram na primavera, para estacas sem tratamento com auxina, a média de 12,65 raízes por estaca, resultados superiores aos obtidos para estacas de *T. sellowiana* (Cham.) Cogn.

PAES (2002), trabalhando com estacas de *Actinidia deliciosa* Ch. (kiwizeiro) na primavera, também obteve melhor resultado quando aplicou IBA em solução

comparativamente ao talco; para a cultivar Monty, o tratamento com 5000 mgL<sup>-1</sup> IBA em solução registrou o maior número de raízes por estaca (10,0 raízes).

Tabela 5. Comparação de médias do número de raízes por estaca de *Tibouchina sellowiana* coletadas na primavera de 2004.

| Formas de aplicação | Concentrações de IBA (mgL <sup>-1</sup> ou mgkg <sup>-1</sup> ) |         |         | Médias |
|---------------------|---|---------|---------|--------|
|                     | 0 mg  | 1500 mg | 3000 mg |        |
| Solução             | 6,41 Aa   | 6,20 Aa | 8,26 Aa | 6,95   |
| Talco               | 5,90 Aa   | 7,12 Aa | 5,25 Ba | 6,08   |
| Médias              | 6,15  | 6,65    | 6,75    |        |

Médias seguidas da mesma letra minúscula na horizontal e da mesma letra maiúscula na vertical não diferem significativamente entre si ao nível de 5% de probabilidade.

Para o comprimento médio das três maiores raízes por estaca, o melhor resultado foi obtido para a concentração de 3000 mg IBA com 10,08cm, diferindo estatisticamente da testemunha com 7,45cm (Tabela 6). Estacas controle de *T. fothergillae* (DC.) Cogn apresentaram raízes com 17,83cm de comprimento, na primavera (MAYER et al., 2003).

O comprimento médio das raízes formadas em estacas semilenhosas de *Cryptomeria japonica* Vell.(cedro-japonês) e em estacas de *Prunus persica* (L.) Batsch (pessegueiro), como para estacas de *T. sellowiana* (Cham.) Cogn., foi maior com o aumento da concentração de IBA aplicada (JULL et al., 1994; TOFANELLI et al., 1997).

Tabela 6. Comparação de médias do comprimento médio das três maiores raízes por estaca (cm) de *Tibouchina sellowiana* coletadas na primavera de 2004.

| Formas de aplicação | Concentrações de IBA (mgL <sup>-1</sup> ou mgkg <sup>-1</sup> ) |         |         | Médias |
|---------------------|---|---------|---------|--------|
|                     | 0 mg  | 1500 mg | 3000 mg |        |
| Solução             | 8,38  | 9,04    | 9,18    | 8,87   |
| Talco               | 6,51  | 9,06    | 10,98   | 8,85   |
| Médias              | 7,45 b  | 9,05 ab | 10,08 a |        |

Médias seguidas da mesma letra na horizontal não diferem significativamente entre si ao nível de 5% de probabilidade.

#### 4.1.1.3 Porcentagem de sobrevivência e mortalidade

Para as variáveis porcentagem de estacas vivas e de estacas mortas, não houve interação entre os fatores concentração e forma de aplicação, indicando que são independentes. Apenas para o fator concentração ocorreu efeito significativo sobre ambas variáveis (Tabela 7).

Tabela 7. Análise de variância (teste F) para porcentagem de estacas vivas (sem raízes e sem calos) e para estacas mortas de *Tibouchina sellowiana* coletadas na primavera de 2004.

| Causa da variação         | G.L. | Q.M.                 |                      |
|---------------------------|------|----------------------|----------------------|
|                           |      | Vivas                | Mortas               |
| Concentração de IBA (C)   | 2    | 403,12 *             | 1069,79 *            |
| Forma de aplicação (A)    | 1    | 126,04 <sup>ns</sup> | 150,00 <sup>ns</sup> |
| Interação C x A           | 2    | 132,29 <sup>ns</sup> | 21,87 <sup>ns</sup>  |
| Erro                      | 18   |                      |                      |
| Total                     | 23   |                      |                      |
| Coeficiente de variação % |      | 112,96               | 55,5                 |
| Teste de Bartlett         |      | 7,90 <sup>ns</sup>   | 9,67 <sup>ns</sup>   |

\* = significativo a 5%

Mesmo não diferindo estatisticamente, a maior porcentagem de estacas vivas foi registrada para a testemunha, com 17,5% (Tabela 8). Para estacas de *T. pulchra* (Cham.) Cogn., também não houve diferença estatística entre os tratamentos mas, numericamente, a maior porcentagem de sobrevivência foi registrada pra 4000 mgL<sup>-1</sup> IBA (30,00%) (KNAPIK et al., 2003).

Tabela 8. Comparação de médias da porcentagem de estacas vivas (sem raízes e sem calos) de *Tibouchina sellowiana* coletadas na primavera de 2004.

| Formas de aplicação | Concentrações de IBA (mgL <sup>-1</sup> ou mgkg <sup>-1</sup> ) |         |         | Médias |
|---------------------|---|---------|---------|--------|
|                     | 0 mg  | 1500 mg | 3000 mg |        |
| Solução             | 23,75   | 2,50    | 8,75    | 11,67  |
| Talco               | 11,25   | 6,25    | 3,75    | 7,08   |
| Médias              | 17,50 a   | 4,37 a  | 6,25 a  |        |

Médias seguidas da mesma letra na horizontal não diferem significativamente entre si ao nível de 5% de probabilidade.

Para a variável mortalidade, a maior porcentagem foi registrada para a testemunha (35,63%), diferindo significativamente da concentração de 3000 mg IBA (15,00%) (Tabela 9). KNAPIK et al. (2003) registraram em média 30,00% de mortalidade para as estacas de *T. pulchra* (Cham.) Cogn. na primavera, não havendo diferença entre os tratamentos.

Tabela 9. Comparação de médias da porcentagem de estacas mortas de *Tibouchina sellowiana* coletadas na primavera de 2004.

| Formas de aplicação | Concentrações de IBA ( $\text{mgL}^{-1}$ ou $\text{mgkg}^{-1}$ ) |          |         | Médias |
|---------------------|--|----------|---------|--------|
|                     | 0 mg   | 1500 mg  | 3000 mg |        |
| Solução             | 40,00  | 36,25    | 16,25   | 30,83  |
| Talco               | 31,25  | 32,25    | 13,75   | 25,83  |
| Médias              | 35,63 a  | 34,38 ab | 15,00 b |        |

Médias seguidas da mesma letra na horizontal não diferem significativamente entre si ao nível de 5% de probabilidade.

#### 4.1.2 Verão de 2005

##### 4.1.2.1 Porcentagem de enraizamento

A interação dos fatores concentração e forma de aplicação não foi estatisticamente significativa, indicando que os fatores são independentes. Tanto o fator concentração como a forma de aplicação mostraram-se efetivos sobre a porcentagem de enraizamento, nesta estação (Tabela 10).

Tabela 10. Análise de variância (teste F) da porcentagem de enraizamento de estacas de *Tibouchina sellowiana* coletadas no verão de 2005.

| Causa da variação       | G.L. | Q. M.                |
|-------------------------|------|----------------------|
| Concentração de IBA (C) | 2    | 3637,50**            |
| Forma de aplicação (A)  | 1    | 651,04*              |
| Interação C x A         | 2    | 154,16 <sup>ns</sup> |
| Erro                    | 18   |                      |
| Total                   | 23   |                      |

\* = significativo a 5%

\*\* = significativo a 1%

Coefficiente de variação = 25,99%

Teste de Bartlett = 7,36<sup>ns</sup>

Os tratamentos 1500 e 3000 mg IBA mostraram-se superiores estatisticamente (63,12% e 51,87%, respectivamente) sobre a testemunha, com 21,87% de enraizamento. Não houve diferença estatística entre as formas de aplicação, mas a aplicação em talco mostrou-se numericamente superior (50,83%) quando comparada à solução (40,42%) (Tabela 11).

Tabela 11. Comparação de médias da porcentagem de enraizamento de estacas de *Tibouchina sellowiana* coletadas no verão de 2005.

| Formas de aplicação | Concentrações de IBA ( $\text{mgL}^{-1}$ ou $\text{mgkg}^{-1}$ ) |         |         | Médias  |
|---------------------|--|---------|---------|---------|
|                     | 0 mg   | 1500 mg | 3000 mg |         |
| Solução             | 12,50  | 57,50   | 51,25   | 40,42 A |
| Talco               | 31,25  | 68,75   | 52,50   | 50,83 A |
| Médias              | 21,87 b  | 63,12 a | 51,87 a |         |

Médias seguidas da mesma letra minúscula na horizontal e da mesma letra maiúscula na vertical não diferem significativamente entre si ao nível de 5% de probabilidade.

As maiores porcentagens de enraizamento, no verão, para estacas de *T. pulchra* (Cham.) Cogn, foram para os tratamentos com  $4000 \text{ mgL}^{-1}$  IBA +  $150 \text{ mgL}^{-1}$  de ácido bórico sob a forma de solução e  $2000 \text{ mgkg}^{-1}$  IBA em talco (apenas 2% em ambos os tratamentos) (KNAPIK et al., 2003).

As temperaturas amenas (média de  $20,4^{\circ}\text{C}$ ) e a alta pluviosidade (164,6mm) registradas no verão de 2005 (Tabela 1) podem ter contribuído para o bom enraizamento das estacas coletadas nessa época. No sudeste de Queensland, estacas de *Backhousia citriodora* (F.) Muell (limão-de-mirtilo), apresentaram altas porcentagens de enraizamento quando sua coleta ocorreu durante os meses mais quentes e chuvosos (KIBBLER et al., 2004).

Neste período, os ramos de *T. sellowiana* (Cham.) Cogn. encontravam-se em pleno crescimento vegetativo com emissão de gemas e folhas jovens, importantes como fontes de auxinas endógenas, favorecendo portanto a indução do enraizamento. KERSTEN et al. (1994) relacionaram o sucesso do enraizamento de estacas semilenhosas de *Prunus salicina* Lindl. (ameixeira) ao estado em que se encontravam as plantas matrizes, em pleno crescimento vegetativo.

#### 4.1.2.2 Número e comprimento das raízes

Para a variável número de raízes por estacas, não houve interação significativa entre os fatores concentração e forma de aplicação, assim como para os fatores principais. Para comprimento médio das três maiores raízes, ocorreu interação significativa entre os fatores concentração e forma de aplicação (Tabela 12).

Tabela 12. Análise de variância (teste F) do número de raízes e comprimento médio das três maiores raízes por estaca (cm) de *Tibouchina sellowiana* coletadas no verão de 2005.

| Causa da variação         | G.L. | Q.M.                |                     |
|---------------------------|------|---------------------|---------------------|
|                           |      | Número              | Comprimento         |
| Concentração de IBA (C)   | 2    | 17,67 <sup>ns</sup> | 29,13 <sup>**</sup> |
| Forma de aplicação (A)    | 1    | 1,91 <sup>ns</sup>  | 8,47 <sup>*</sup>   |
| Interação C x A           | 2    | 16,79 <sup>ns</sup> | 7,32 <sup>*</sup>   |
| Erro                      | 18   |                     |                     |
| Total                     | 23   |                     |                     |
| Coeficiente de variação % |      | 46,16               | 15,63               |
| Teste de Bartlett         |      | 10,70 <sup>ns</sup> | 10,16 <sup>ns</sup> |

\* = significativo a 5%

\*\* = significativo a 1%

Como nenhum dos fatores testados mostrou-se efetivo sobre o número de raízes por estaca, o teste de comparação de médias não foi realizado, mas observando numericamente, a concentração de 3000 mgL<sup>-1</sup> IBA (em solução) apresentou o maior valor (9,89 raízes) (Tabela 13). A formação de um sistema radicial bem desenvolvido, com numerosas raízes, favorece a absorção e fixação das mudas no campo.

Tabela 13. Médias do número de raízes por estaca, para estacas de *Tibouchina sellowiana* coletadas no verão de 2005.

| Formas de aplicação | Concentrações de IBA ( $\text{mgL}^{-1}$ ou $\text{mgkg}^{-1}$ ) |         |         | Médias |
|---------------------|--|---------|---------|--------|
|                     | 0 mg   | 1500 mg | 3000 mg |        |
| Solução             | 9,80   | 5,79    | 9,89    | 8,49   |
| Talco               | 6,16   | 7,91    | 9,70    | 7,92   |
| Médias              | 7,97   | 6,85    | 9,80    |        |

O melhor tratamento para o comprimento médio das três maiores raízes por estaca foi  $3000 \text{ mgL}^{-1}$  IBA em solução (12,35cm), diferindo estatisticamente das demais concentrações e da aplicação da mesma concentração sob a forma de talco (Tabela 14).

Tabela 14. Comparação de médias do comprimento médio das três maiores raízes por estaca (cm) de *Tibouchina sellowiana* coletadas no verão de 2005.

| Formas de aplicação | Concentrações de IBA ( $\text{mgL}^{-1}$ ou $\text{mgkg}^{-1}$ ) |         |          | Médias |
|---------------------|--|---------|----------|--------|
|                     | 0 mg   | 1500 mg | 3000 mg  |        |
| Solução             | 7,20 Ab  | 8,14 Ab | 12,35 Aa | 9,23   |
| Talco               | 6,61 Aa  | 8,50 Aa | 9,02 Ba  | 8,04   |
| Médias              | 6,91   | 8,32    | 10,68    |        |

Médias seguidas da mesma letra minúscula na horizontal e da mesma letra maiúscula na vertical não diferem significativamente entre si ao nível de 5% de probabilidade.

#### 4.1.2.3 Porcentagem de sobrevivência e mortalidade

Nesta estação como não foram constatadas estacas vivas (estacas sem indução radicial e sem formação de calos), a variável sobrevivência não é apresentada.

Pela análise de variância da mortalidade das estacas, não ocorreu interação estatisticamente significativa entre os fatores concentração e forma de aplicação, indicando que são independentes. Ambos os fatores mostraram-se efetivos sobre a porcentagem de estacas vivas (Tabela 15).

Tabela 15. Análise de variância (teste F) da porcentagem de estacas mortas de *Tibouchina sellowiana* coletadas no verão de 2005.

| Causa da variação       | G.L. | Q. M.                |
|-------------------------|------|----------------------|
| Concentração de IBA (C) | 2    | 3637,50**            |
| Forma de aplicação (A)  | 1    | 651,04 *             |
| Interação C x A         | 2    | 154,16 <sup>ns</sup> |
| Erro                    | 18   |                      |
| Total                   | 23   |                      |

\* = significativo a 5%

\*\* = significativo a 1%

Coeficiente de variação = 21,81%

Teste de Bartlett = 10,16<sup>ns</sup>

Comparando as médias para as diferentes concentrações, a testemunha apresentou a maior porcentagem de estacas mortas (78,12%) diferindo estatisticamente das demais concentrações (Tabela 16). Esse resultado comprova o efeito de reguladores vegetais na indução do sistema radicial, já que as estacas que permaneceram vivas enraizaram.

KNAPIK et al. (2003) encontraram para estacas de *T. pulchra* (Cham.) Cogn. coletadas no verão, média de 57,8% de sobrevivência e 36,6% de mortalidade, não sendo registradas diferenças estatísticas entre os tratamentos.

Para a forma de aplicação de IBA em estacas de *T. sellowiana* (Cham.) Cogn, não houve diferença estatística, mas numericamente, a aplicação em solução mostrou-se superior para a mortalidade das estacas (59,58%) quando comparada com a aplicação em talco (49,17%) (Tabela 16).

Estacas semilenhosas de *Rubus imperialis* (Cham.) Schlecht. (amorinha-branca) coletadas no verão, apresentaram maior mortalidade quando tratadas com NAA sob a forma de solução do que sob a forma de talco (ZUFFELLATO-RIBAS et al., 2002).

Tabela 16. Comparação de médias da porcentagem de estacas mortas de *Tibouchina sellowiana*, coletadas no verão de 2005.

| Formas de aplicação | Concentrações de IBA ( $\text{mgL}^{-1}$ ou $\text{mgkg}^{-1}$ ) |         |         | Médias  |
|---------------------|--|---------|---------|---------|
|                     | 0 mg   | 1500 mg | 3000 mg |         |
| Solução             | 87,50  | 42,50   | 48,75   | 59,58 A |
| Talco               | 68,75  | 31,25   | 47,50   | 49,17 A |
| Médias              | 78,12 a  | 36,87 b | 48,12 b |         |

Médias seguidas da mesma letra minúscula na horizontal e da mesma letra maiúscula na vertical não diferem significativamente entre si ao nível de 5% de probabilidade.

#### 4.1.3 Outono de 2005

##### 4.1.3.1 Porcentagem de enraizamento

A análise de variância para a porcentagem de enraizamento revelou que a interação entre os fatores concentração e forma de aplicação não foi estatisticamente significativa, bem como para nenhum dos fatores principais ocorreu efeito significativo sobre a variável analisada (Tabela 17).

Tabela 17. Análise de variância (teste F) da porcentagem de enraizamento para estacas de *Tibouchina sellowiana* coletadas no outono de 2005.

| Causa da variação       | G.L. | Q. M.                |
|-------------------------|------|----------------------|
| Concentração de IBA (C) | 2    | 269,79 <sup>ns</sup> |
| Forma de aplicação (A)  | 1    | 37,50 <sup>ns</sup>  |
| Interação C x A         | 2    | 209,37 <sup>ns</sup> |
| Erro                    | 18   |                      |
| Total                   | 23   |                      |

\* = significativo a 5%

Coefficiente de variação = 62,36%

Teste de Bartlett = 6,31<sup>ns</sup>

O teste de comparação de médias não foi realizado, visto a inexistência de fatores significativamente efetivos. Mas, observando numericamente, a maior porcentagem de enraizamento foi registrada para 3000  $\text{mgL}^{-1}$  IBA sob a forma de solução (33,75%) (Tabela 18). Estacas de *T. pulchra* (Cham.) Cogn coletadas no outono apresentaram a melhor porcentagem de enraizamento (6%) para o tratamento com 6000  $\text{mgL}^{-1}$  IBA (KNAPIK et al., 2003).

Tabela 18. Médias da porcentagem de enraizamento para estacas de *Tibouchina sellowiana* coletadas no outono de 2005.

| Formas de aplicação | Concentrações de IBA (mgL <sup>-1</sup> e mgkg <sup>-1</sup> ) |         |         | Médias |
|---------------------|--|---------|---------|--------|
|                     | 0 mg   | 1500 mg | 3000 mg |        |
| Solução             | 17,50  | 25,00   | 33,75   | 22,42  |
| Talco               | 17,50  | 31,25   | 20,00   | 22,92  |
| Médias              | 17,50  | 28,12   | 26,87   |        |

O fato das plantas matrizes de *T. sellowiana* neste período estarem em plena floração (Anexo 6) pode ter interferido no desenvolvimento do sistema radicial. Estacas de *Coleonema aspalathoides* Juss. ex Don. (Rutaceae) apresentaram as menores taxas de enraizamento nos períodos em que as coletas foram realizadas de plantas floridas (HELLER et al., 1994). A formação de raízes adventícias de *Backhousia citriodora* (F.) Muell (limão-de-mirtilo) foi prejudicada quando as estacas foram obtidas de plantas matrizes floridas (KIBBLER et al., 2004).

Mesmo sendo de porte diferente das plantas de *T. sellowiana* Cham Cogn., estacas de *Dendranthemum grandiflora* (Ramat.) Kitamura (crisântemo), obtidas de matrizes em fase reprodutiva resultaram em menores porcentagens de enraizamento e menor número de raízes por estaca, provavelmente devido à alta concentração de giberelina (DEVIER; GENEVE, 1997).

#### 4.1.3.2 Número e comprimento das raízes

Para as variáveis número de raízes por estaca e comprimento médio das três maiores raízes, não houve interação significativa entre os fatores concentração e forma de aplicação, nem efeito significativo de qualquer deles. Por isso, não foram feitos testes de comparação de médias para estas variáveis (Tabela 19).

Tabela 19. Análise de variância (teste F) do número de raízes por estaca e comprimento médio das três maiores raízes (cm) de *Tibouchina sellowiana* coletadas no outono de 2005.

| Causa da variação         | G.L. | Q. M.               |                     |
|---------------------------|------|---------------------|---------------------|
|                           |      | Número              | Comprimento         |
| Concentração de IBA (C)   | 2    | 1,15 <sup>ns</sup>  | 21,30 <sup>ns</sup> |
| Forma de aplicação (A)    | 1    | 1,26 <sup>ns</sup>  | 0,97 <sup>ns</sup>  |
| Interação C x A           | 2    | 29,88 <sup>ns</sup> | 3,43 <sup>ns</sup>  |
| Erro                      | 18   |                     |                     |
| Total                     | 23   |                     |                     |
| Coeficiente de variação % |      | 69,46               | 67,47               |
| Teste de Bartlett         |      | 7,58 <sup>ns</sup>  | 1,84 <sup>ns</sup>  |

\* = significativo a 5%

Analisando os diferentes tratamentos, a maior média para o número de raízes por estaca foi registrado para 3000 mgkg<sup>-1</sup> IBA sob a forma de talco (7,20 raízes), mostrando-se superior numericamente aos demais tratamentos (Tabela 20). Foi verificado que 1500 mgL<sup>-1</sup> IBA em solução, apresentou a maior média numérica para o comprimento médio das três raízes (6,45cm) (Tabela 21). Mesmo não havendo diferença estatística entre os tratamentos, a grande diferença numérica registrada pode identificar o melhor resultado a ser utilizado, para um bom desenvolvimento da muda no campo.

Tabela 20. Médias do número de raízes por estaca de *Tibouchina sellowiana* coletadas no outono de 2005.

| Forma de aplicação | Concentrações de IBA (mgL <sup>-1</sup> ou mgkg <sup>-1</sup> ) |         |         | Médias |
|--------------------|---|---------|---------|--------|
|                    | 0 mg  | 1500 mg | 3000 mg |        |
| Solução            | 6,11  | 5,11    | 2,76    | 4,66   |
| Talco              | 2,83  | 5,32    | 7,20    | 5,12   |
| Médias             | 4,98  | 5,22    | 4,98    |        |

Tabela 21. Médias do comprimento médio das três maiores raízes por estaca (cm) de *Tibouchina sellowiana* coletadas no outono de 2005.

| Formas de aplicação | Concentrações de IBA (mgL <sup>-1</sup> ou mgkg <sup>-1</sup> ) |         |         | Médias |
|---------------------|---|---------|---------|--------|
|                     | 0 mg  | 1500 mg | 3000 mg |        |
| Solução             | 3,70  | 6,45    | 4,80    | 4,98   |
| Talco               | 2,10  | 5,70    | 5,84    | 4,58   |
| Médias              | 2,95  | 6,07    | 5,32    |        |

#### 4.1.3.3 Porcentagem de sobrevivência e mortalidade

Para ambas variáveis, porcentagem de sobrevivência e mortalidade, não houve interação significativa entre os fatores concentração e forma de aplicação. Somente para a porcentagem de sobrevivência o fator concentração mostrou-se significativamente efetivo (Tabela 22).

Tabela 22. Análise de variância (teste F) da porcentagem de estacas vivas (sem raízes e sem calos) e para estacas mortas de *Tibouchina sellowiana* coletadas no outono de 2005.

| Causa da variação        | G.L. | Q. M.               |                      |
|--------------------------|------|---------------------|----------------------|
|                          |      | Vivas <sup>1</sup>  | Mortas               |
| Concentração de IBA (C)  | 2    | 13,06 *             | 116,66 <sup>ns</sup> |
| Forma de aplicação (A)   | 1    | 5,62 <sup>ns</sup>  | 600,00 <sup>ns</sup> |
| Interação C x A          | 2    | 11,20 <sup>ns</sup> | 712,50 <sup>ns</sup> |
| Erro                     | 18   |                     |                      |
| Total                    | 23   |                     |                      |
| Coeficiente de variação% |      | 83,67               | 28,23                |
| Teste de Bartlett        |      | 0,68 <sup>ns</sup>  | 4,91 <sup>ns</sup>   |

\* = significativo a 5%

<sup>1</sup> Dados transformado por raiz quadrada x

O teste de comparação de médias não revelou diferença estatística significativa entre as diferentes concentrações, devido à elevada variação ocorrida entre as repetições. Numericamente, a testemunha destacou-se sobre as demais concentrações, com 20,62% de sobrevivência (Tabela 23). O mesmo caso foi constatado para estacas de *T. pulchra* (Cham.) Cogn. quando coletadas nesta estação; a testemunha apresentou 50,00% de sobrevivência (KNAPIK et al., 2003).

Tabela 23. Comparação de médias da porcentagem de estacas vivas (sem raízes e sem calos) de *Tibouchina sellowiana* coletadas no outono de 2005.

| Formas de aplicação | Concentrações de IBA (mgL <sup>-1</sup> e mgkg <sup>-1</sup> ) |         |         | Médias |
|---------------------|--|---------|---------|--------|
|                     | 0 mg   | 1500 mg | 3000 mg |        |
| Solução             | 33,75  | 3,75    | 3,75    | 13,75  |
| Talco               | 7,50   | 7,50    | 5,00    | 6,67   |
| Médias              | 20,62 a  | 5,62 a  | 4,37 a  |        |

Médias seguidas da mesma letra na horizontal não diferem significativamente entre si ao nível de 5% de probabilidade.

Os maiores valores para a porcentagem de mortalidade foram registrados para 0 e 3000 mgkg<sup>-1</sup> IBA em talco (75%) (Tabela 24). Para a coleta das estacas *T. pulchra* (Cham.) Cogn., no outono foi registrada média de 54,3% de mortalidade (KNAPIK et al., 2003).

Tabela 24. Médias da porcentagem de estacas mortas de *Tibouchina sellowiana* coletadas no outono de 2005.

| Formas de aplicação | Concentrações de IBA (mgL <sup>-1</sup> e mgkg <sup>-1</sup> ) |         |         | Médias |
|---------------------|--|---------|---------|--------|
|                     | 0 mg   | 1500 mg | 3000 mg |        |
| Solução             | 47,50  | 71,25   | 62,50   | 60,42  |
| Talco               | 75,00  | 61,25   | 75,00   | 70,42  |
| Médias              | 61,25  | 66,25   | 68,75   |        |

SILVA (1998) não obteve sucesso na estaquia de *Tibouchina stenocarpa* (DC.) Cogn. em material coletado no início do outono, quando tratou estacas basais com 1000, 2000 e 4000 mgkg<sup>-1</sup> de IBA em talco. Nas condições do experimento, o autor relata que as estacas não apresentaram respostas de brotação ou enraizamento e morreram após dois meses da instalação. Aos quinze dias do plantio, as estacas já haviam perdido as folhas, e logo morreram.

O mesmo foi observado para estacas de *T. sellowiana* (Cham.) Cogn., onde a perda das folhas nos primeiros dias da instalação do experimento poderia justificar a alta taxa de mortalidade nesta estação. Em geral, nas quatro estações as estacas de *T. sellowiana* só enraizaram quando as folhas mantidas na confecção permaneceram.

Estacas semilenhosas de *Psidium cattleianum* Sabine (araçazeiro) que perderam as folhas durante o período na casa-de-vegetação também morreram em seguida, demonstrando a importância da presença das folhas durante o processo de enraizamento (NACHTIGAL et al., 1994). Para vários cultivares de *Persea persea* L. (abacate), a retenção foliar nas estacas enquanto permaneceram no leito de enraizamento, caracterizou bons resultados (REUVENI; RAVIV, 1981).

#### 4.1.4 Inverno de 2005

##### 4.1.4.1 Porcentagem de enraizamento e de estacas com calos

Nesta estação apareceram estacas apenas com calos, diferente das demais estações, em que eventualmente as estacas enraizadas apresentavam também calos. Devido a isso apenas nesta estação esta variável foi analisada.

Para a porcentagem de estacas enraizadas e para estacas com calos não houve interação significativa entre os fatores, concentração e forma de aplicação. Apenas para a porcentagem de estacas com calos houve efeito significativo da forma de aplicação (Tabela 25).

Tabela 25. Análise de variância (teste F) da porcentagem de enraizamento e de estacas com calos para *Tibouchina sellowiana* coletadas no inverno de 2005.

| Causa da variação         | G.L. | Q. M.                |                     |
|---------------------------|------|----------------------|---------------------|
|                           |      | Enraizadas           | Calos <sup>1</sup>  |
| Concentração de IBA (C)   | 2    | 651,04 <sup>ns</sup> | 2,31 <sup>ns</sup>  |
| Forma de aplicação (A)    | 1    | 326,04 <sup>ns</sup> | 22,56 <sup>**</sup> |
| Interação C x A           | 2    | 176,04 <sup>ns</sup> | 1,22 <sup>ns</sup>  |
| Erro                      | 18   |                      |                     |
| Total                     | 23   |                      |                     |
| Coeficiente de variação % |      | 116,81               | 54,68               |
| Teste de Bartlett         |      | 2,24 <sup>ns</sup>   | 6,68 <sup>ns</sup>  |

\*\* = significativo a 1%

<sup>1</sup> = dados transformados por raiz quadrada de x+1

A comparação de médias para porcentagem de enraizamento não foi realizada porque nenhum dos fatores mostrou-se efetivo. Mas, numericamente, o talco mostrou-se mais eficaz do que a aplicação sob a forma de solução, sendo que a maior porcentagem de enraizamento encontrada para 3000 mgkg<sup>-1</sup> IBA em talco (32,50%) (Tabela 26).

Tabela 26. Médias da porcentagem de enraizamento para estacas de *Tibouchina sellowiana* coletadas no inverno de 2005.

| Formas de aplicação | Concentrações de IBA ( $\text{mgL}^{-1}$ ou $\text{mgkg}^{-1}$ ) |         |         | Médias |
|---------------------|--|---------|---------|--------|
|                     | 0 mg   | 1500 mg | 3000 mg |        |
| Solução             | 7,50   | 17,25   | 11,25   | 12,08  |
| Talco               | 12,50  | 22,50   | 32,50   | 22,50  |
| Médias              | 10,00  | 20,00   | 21,81   |        |

Estacas de *T. pulchra* (Cham.) Cogn. coletadas no inverno apresentaram média de 0,6% de enraizamento, um dos tratamentos que apresentou melhor resultado foi 2000  $\text{mgkg}^{-1}$  IBA na forma de talco (2,0%), superando o resultado apresentado para estacas tratadas sob a forma de solução (0,0%) (KNAPIK et al., 2003).

Períodos em que as plantas matrizes não apresentam crescimento vegetativo, como no inverno, para as plantas matrizes de *T. sellowiana* (Cham.) Cogn., como verificado no presente trabalho, podem resultar em estacas não adequadas para a formação de raízes adventícias. Segundo KERSTEN et al. (1994) e HOFFMANN et al. (1995), o aumento da lignificação pode prejudicar a emissão de raízes.

Estacas tratadas com 1500 mg IBA não apresentaram calos, diferindo estatisticamente da testemunha e das estacas tratadas com 3000 mg IBA (6,87 e 10,00%, respectivamente). Numericamente, o tratamento na forma de talco foi superior para a porcentagem de estacas com calos (7,08%) do que solução (4,16%) (Tabela 27). Um dos tratamentos que apresentou a maior porcentagem de estacas com calos para estacas de *T. pulchra* no inverno foi 4000 mg IBA em talco (12,00%) (KANPIK et al., 2003).

Tabela 27. Comparação de médias da porcentagem de estacas com calos de *Tibouchina sellowiana* coletadas no inverno de 2005.

| Formas de aplicação | Concentrações de IBA ( $\text{mgL}^{-1}$ ou $\text{mgkg}^{-1}$ ) |         |         | Médias |
|---------------------|--|---------|---------|--------|
|                     | 0 mg   | 1500 mg | 3000 mg |        |
| Solução             | 6,25   | 0,00    | 6,25    | 4,16   |
| Talco               | 7,50   | 0,00    | 13,75   | 7,08   |
| Médias              | 6,87 a   | 0,00 b  | 10,0 a  |        |

Médias seguidas da mesma letra na horizontal não diferem significativamente entre si ao nível de 5% de probabilidade.

Se estas estacas permanecessem por mais tempo no leito do enraizamento, a formação radicial poderia ocorrer, já que nas estações anteriores, em alguns casos foi observado que as estacas enraizadas apresentava calos.

Comumente, quando as estacas são induzidas ao enraizamento, ocorre a formação de calos, por meio das quais as raízes emergem. Porém, a formação das raízes adventícias e dos calos são processos independentes e sua ocorrência simultânea se explica pelo fato de em ambos ocorre o processo de divisão celular, o que pode depender de condições internas e ambientais similares (ALVARENGA; CARVALHO, 1983; FERRI, 1997; HARTMANN et al., 2002).

#### 4.1.4.2 Número e comprimento das raízes formadas

Os fatores concentração e forma de aplicação, testados sobre o número e comprimento médio das raízes formadas, não apresentaram interação significativa, nem efeito significativo sobre estas variáveis (Tabela 28).

Tabela 28. Análise de variância (teste F) do número de raízes e comprimento médio das três maiores raízes por estaca (cm) de *Tibouchina sellowiana* coletadas no inverno de 2005.

| Causa da variação         | G.L. | Q. M.               |                    |
|---------------------------|------|---------------------|--------------------|
|                           |      | Número              | Comprimento        |
| Concentração de IBA (C)   | 2    | 29,72 <sup>ns</sup> | 0,22 <sup>ns</sup> |
| Forma de aplicação (A)    | 1    | 3,28 <sup>ns</sup>  | 3,98 <sup>ns</sup> |
| Interação C x A           | 2    | 6,97 <sup>ns</sup>  | 0,27 <sup>ns</sup> |
| Erro                      | 18   |                     |                    |
| Total                     | 23   |                     |                    |
| Coeficiente de variação % |      | 181,81              | 116,33             |
| Teste de Bartlett         |      | 5,70 <sup>ns</sup>  | 6,82 <sup>ns</sup> |

Observando numericamente as médias para o número de raízes por estaca, é possível constatar que 3000 mgkg<sup>-1</sup> IBA em talco apresentou o melhor resultado (5,00) (Tabela 29). Para a variável comprimento médio das três maiores raízes, numericamente, 3000 mgkg<sup>-1</sup> IBA em talco e 1500 mgL<sup>-1</sup> apresentaram as maiores médias (2,17 e 2,12cm) (Tabela 30). Em geral, as estacas de *T. sellowiana* (Cham.)

Cogn. coletadas no inverno apresentaram, além de baixas porcentagens de enraizamento, as menores médias para número e comprimento médio das três maiores raízes formadas.

Tabela 29. Médias do número de raízes por estaca de *Tibouchina sellowiana* coletadas no inverno de 2005.

| Formas de aplicação | Concentrações de IBA (mgL <sup>-1</sup> ou mgkg <sup>-1</sup> ) |         |         | Médias |
|---------------------|---|---------|---------|--------|
|                     | 0 mg  | 1500 mg | 3000 mg |        |
| Solução             | 1,21  | 2,81    | 0,66    | 1,56   |
| Talco               | 2,73  | 3,62    | 5,00    | 3,78   |
| Médias              | 1,96  | 5,22    | 2,84    |        |

Tabela 30. Médias do comprimento médio das três maiores raízes por estaca (cm) de *Tibouchina sellowiana* coletadas no inverno de 2005

| Formas de aplicação | Concentrações de IBA (mgL <sup>-1</sup> ou mgkg <sup>-1</sup> ) |         |         | Médias |
|---------------------|---|---------|---------|--------|
|                     | 0 mg  | 1500 mg | 3000 mg |        |
| Solução             | 0,98  | 2,12    | 1,94    | 1,68   |
| Talco               | 0,56  | 1,73    | 2,17    | 1,50   |
| Médias              | 0,77  | 1,93    | 2,05    |        |

#### 4.1.4.3 Porcentagem de sobrevivência e mortalidade

Para a porcentagem de estacas vivas e mortas não houve interação significativa entre os fatores, e nenhum destes, independentemente, mostrou-se efetivo sobre as variáveis em questão (Tabela 31).

Tabela 31. Análise de variância (teste F) da porcentagem de estacas vivas (sem raízes e sem calos) e para estacas mortas de *Tibouchina sellowiana* coletadas no inverno de 2005.

| Causa da variação         | G.L. | Q.M.                 |                       |
|---------------------------|------|----------------------|-----------------------|
|                           |      | Vivas                | Mortas                |
| Concentração de IBA (C)   | 2    | 26,04 <sup>ns</sup>  | 1350,00 <sup>ns</sup> |
| Forma de aplicação (A)    | 1    | 94,79 <sup>ns</sup>  | 153,12 <sup>ns</sup>  |
| Interação C x A           | 2    | 138,54 <sup>ns</sup> | 528,12 <sup>ns</sup>  |
| Erro                      | 18   |                      |                       |
| Total                     | 23   |                      |                       |
| Coeficiente de variação % |      | 67,03                | 41,33                 |
| Teste de Bartlett         |      | 6,89 <sup>ns</sup>   | 1,58 <sup>ns</sup>    |

A maior porcentagem de estacas vivas foi registrada para 1500 mgL<sup>-1</sup> IBA em solução (20,00%) (Tabela 32). A porcentagem de estacas de *T. pulchra* (Cham.) Cogn. coletadas no inverno foi maior, 90,00% para o tratamento com 2000 mgL<sup>-1</sup> IBA em solução (KNAPIK et al., 2003).

Tabela 32. Médias da porcentagem de estacas vivas de *Tibouchina sellowiana* coletadas no inverno de 2005.

| Formas de aplicação | Concentrações de IBA (mgL <sup>-1</sup> ou mgkg <sup>-1</sup> ) |         |         | Médias |
|---------------------|---|---------|---------|--------|
|                     | 0 mg  | 1500 mg | 3000 mg |        |
| Solução             | 8,75  | 20,00   | 12,50   | 13,75  |
| Talco               | 16,25   | 12,50   | 6,25    | 11,67  |
| Médias              | 12,50   | 16,25   | 9,37    |        |

Nesta estação, como no outono, a queda das folhas pode ter prejudicado a sobrevivência das estacas de *T. sellowiana* (Cham.) Cogn. Estacas de *Prunus africana* (Hook. f) Kalkman sem folhas apresentaram menores porcentagens de sobrevivência do que estacas com folhas (TCHOUNDJEU et al., 2002).

Estacas de *T. sellowiana* tratadas com 3000 mgL<sup>-1</sup> IBA em solução apresentaram, numericamente, a maior porcentagem de mortalidade (78,75%) (Tabela 33). Em alguns casos, o uso de fitorreguladores em altas concentrações pode ser prejudicial. NACHTIGAL et al. (2003) constataram que para estacas semilenhosas de *Psidium cattleianum* Sabine (araçazeiro), o aumento da mortalidade das estacas ocorreu com o aumento das concentrações usadas de IBA.

KNAPIK et al. (2003), testando estacas de *T. pulchra* nesta mesma estação, obtiveram a maior porcentagem de mortalidade para as estacas sem aplicação de auxinas (30,00%).

Tabela 33. Médias da porcentagem de estacas mortas de *Tibouchina sellowiana* coletadas no inverno de 2005.

| Formas de aplicação | Concentrações de IBA (mgL <sup>-1</sup> ou mgkg <sup>-1</sup> ) |         |         | Médias |
|---------------------|---|---------|---------|--------|
|                     | 0 mg  | 1500 mg | 3000 mg |        |
| Solução             | 77,50   | 61,25   | 78,75   | 72,50  |
| Talco               | 62,50   | 62,50   | 47,50   | 57,50  |
| Médias              | 70,00   | 61,87   | 63,12   |        |

## 4.2 ANÁLISE ANATÔMICA DAS ESTACAS

A partir das secções da base das estacas de *T. sellowiana* (Cham.) Cogn., foi possível observar que o caule apresenta a instalação da periderme e a perda da epiderme, fragmentos do córtex e de fibras do floema primário (Figura 1 A-D e 2 A-D).

O córtex apresenta de quatro a seis camadas de células com conteúdo denso. O floema secundário é envolvido lateralmente por fibras de parede espessada e por células do raio, estas, próximas ao floema secundário possuem conteúdo mais denso que as células do raio em contato com o xilema secundário (Figura 2 A-D). O floema secundário é seguido pelo câmbio, xilema secundário, xilema primário e medula parenquimática. Na medula são encontrados feixes de floema medular dispersos (Figura 3 A). Secções transversais da base de estacas de *T. fothergillae* (DC.) Cogn. também apresentaram a medula parenquimática com feixes floemáticos dispersos (MAYER et al., 2003); possivelmente esta seja uma característica da família ou do gênero.

Analisando as secções da base das estacas nas quatro estações do ano, não foi detectada nenhuma possível barreira anatômica que possa dificultar o enraizamento (Figura 1 A-D e figura 2 A-D). Foram observados, junto ao córtex e lateralmente ao floema, idioblastos contendo drusas; no inverno essa presença parece ser mais intensa (Figura 2 C). Drusas são cristais compostos constituídos de oxalato de cálcio (RAVEN et al., 1992), e sua presença em idioblastos pode ser considerada uma característica de algumas famílias, inclusive Melastomataceae (APPEZZATO-DA-GLORIA; CARMELLO-GUEREIRO, 2003).

Foi possível visualizar, no xilema secundário, elementos de vaso obliterados com mucilagem (Figura 3 B), possivelmente para evitar cavitação nos elementos condutores (APPEZZATO-DA-GLORIA; CARMELLO-GUEREIRO, 2003), já que as secções analisadas foram da base de estacas.

No verão e inverno o câmbio aparentemente mostra-se mais ativo, com várias células derivadas (Figura 2 A e C). Não foi possível verificar o local de origem das raízes adventícias de *T. sellowiana*, mas em estacas de *T. fothergillae* foi constatado

que sua origem provavelmente ocorre a partir do câmbio vascular (MAYER et al., 2003). Foi também constatada origem das raízes adventícias a partir do câmbio vascular em estacas de *Diospyrus kaki* L. (caquizeiro-japonês) (TETSUMURA et al., 2001) e em estacas de *Sapium glandulatum* (Vell.) Pax. (leiteiro) (FERREIRA et al., 2001). Já em estacas de *Mussaenda erythrophylla* (L. Schum.) Thonn. a origem das raízes ocorre a partir de células parenquimáticas do floema próximas ao câmbio vascular (HILARIE et al., 1996).

A conexão vascular da estaca com a raiz formada foi verificada em uma seção transversal da base de uma estaca após 24 dias no leito de enraizamento (Figura 3 C). A conexão vascular das raízes que se originam a partir do câmbio ou dos tecidos próximos pode ocorrer com a diferenciação dos elementos xilemáticos e floemáticos ou pela desdiferenciação de células dos tecidos vizinhos ao primórdio (IRITANI et al., 1986). Nas raízes adventícias de *Acacia baileyana* (F.) Muell. a conexão vascular é estabelecida pela proliferação do raio (SCHWARZ et al., 1999). A observação da conexão vascular em estacas de *T. sellowiana* (Cham.) Cogn. comprova que as raízes formadas são funcionais, que apresentam capacidade de absorção.

Nos testes microquímicos com o reagente lugol, foi observada a presença de grãos de amido nas células mais internas do córtex secundário e nas células parenquimáticas do floema secundário. No entanto, não foram verificadas diferenças desses depósitos entre as quatro estações do ano (Figura 4 A-D).

Na reação com cloreto férrico para a detecção de compostos fenólicos, foi possível visualizar reação positiva para células do córtex e do raio na porção mais próxima do floema secundário. Analisando as seções para as quatro estações do ano, observa-se que as células coradas são as mesmas, mas a intensidade de coloração é diferente (Figura 5 A-D).

Essa diferença de coloração poderia indicar diferenças na composição química dessas células e, possivelmente, interferência no enraizamento das estacas. Seriam necessários estudos específicos para identificar esses compostos já que, segundo ONO e RODRIGUES (1996), os compostos fenólicos podem ser polifenóis, que estimulam o enraizamento, ou monofenóis que inibem o enraizamento. O grupo dos polifenóis favorece o enraizamento das estacas uma vez que impede a destruição da auxina endógena, por inativar o sistema IAA-oxidase (IAA-O). Já os

monofenóis que potencializam o sistema IAA-O, responsáveis pela inativação do IAA, vão garantir como resposta fisiológica a inibição do enraizamento em estacas (MAYNARD; BASSUK, 1988).

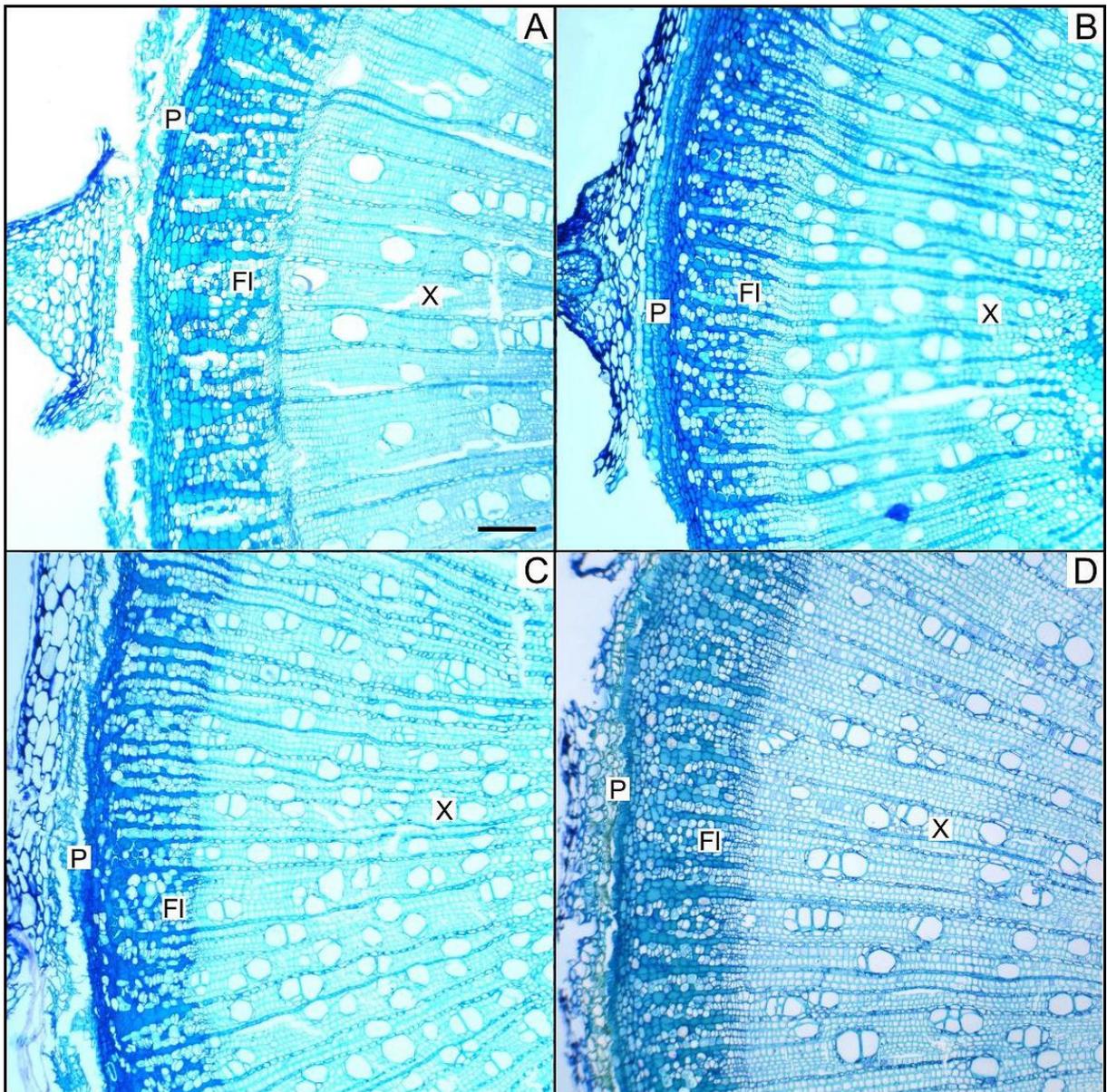


Figura 1. A-D. Secções transversais da base de estacas caulinares de *T. sellowiana* coletadas nas quatro estações do ano. A. primavera. B. verão. C. outono. D. inverno. Visualizar a periderme (P), o floema secundário (FI) e o xilema secundário (X). Barra 100  $\mu$ m.

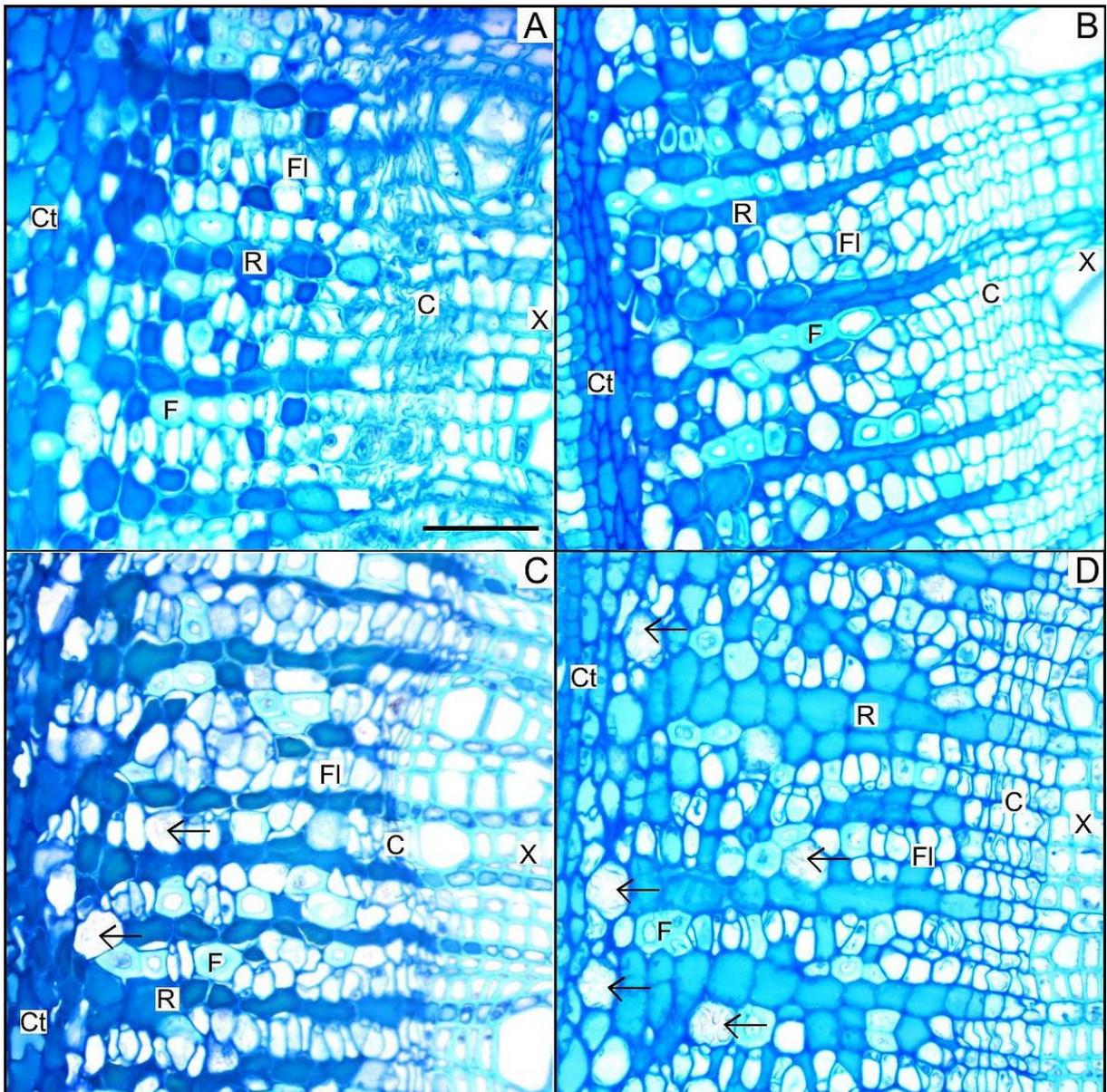


Figura 2. A-D. Secções transversais da base de estacas caulinares de *T. sellowiana* coletadas nas quatro estações do ano. A. primavera. B. verão. C. outono. D. inverno. Visualizar o córtex (Ct), os raios (R), as fibras do floema secundário (F), o floema secundário (Fl), o câmbio (C), o xilema secundário (X) e idioblastos contendo drusas (←). Barra 50 µm.

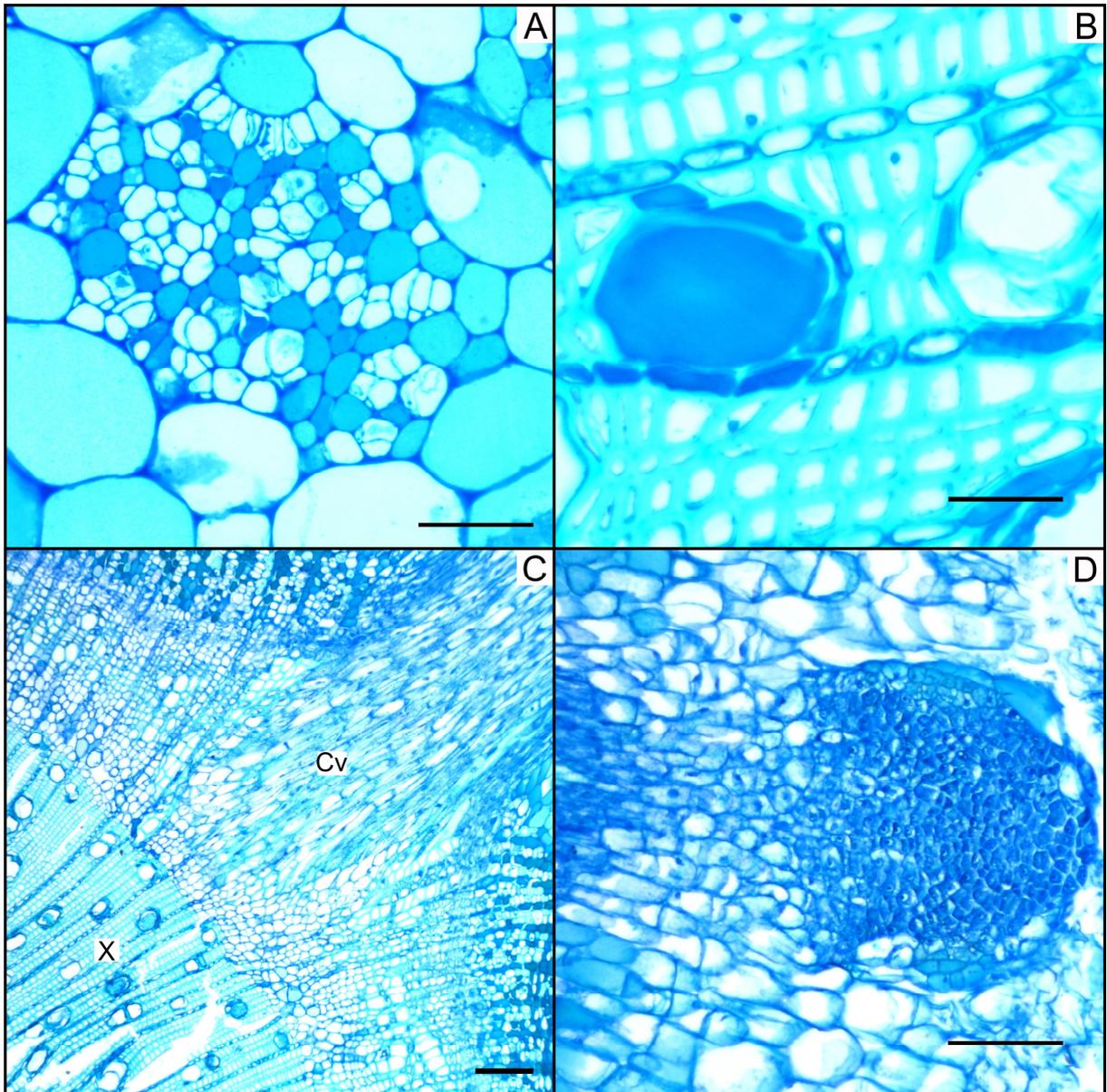


Figura 3. A-B. Secções transversais da base de estacas caulinares de *T. sellowiana*. A. Medula com feixes floemáticos. Barra 50  $\mu\text{m}$ . B. Detalhe do xilema secundário com elemento de vaso. Barra 25  $\mu\text{m}$ . C-D. Secções transversais da base de estacas de *T. sellowiana* após 24 dias da instalação do experimento. Visualizar a conexão vascular da raiz adventícia com caule (Cv) e o Xilema (X). Barra 100  $\mu\text{m}$ . D. Ápice da raiz adventícia. Barra 25  $\mu\text{m}$

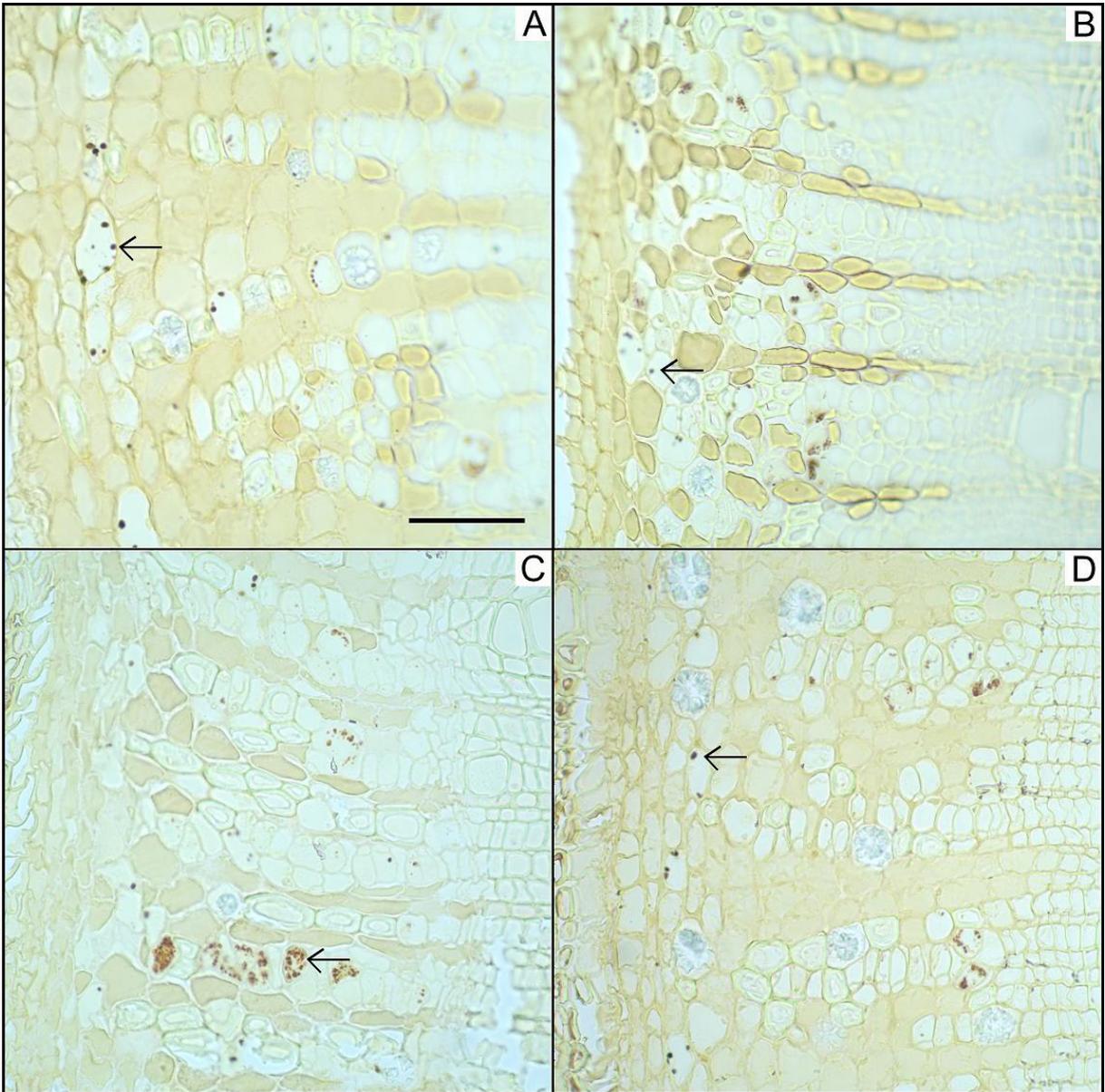


Figura 4. A-D. Teste microquímico com lugol em secções transversais da base de estacas caulinares de *T. sellowiana* coletadas nas quatro estações do ano. A. primavera B. verão. C. outono. D. inverno. Visualizar grãos de amido (←). Barra 50 µm.

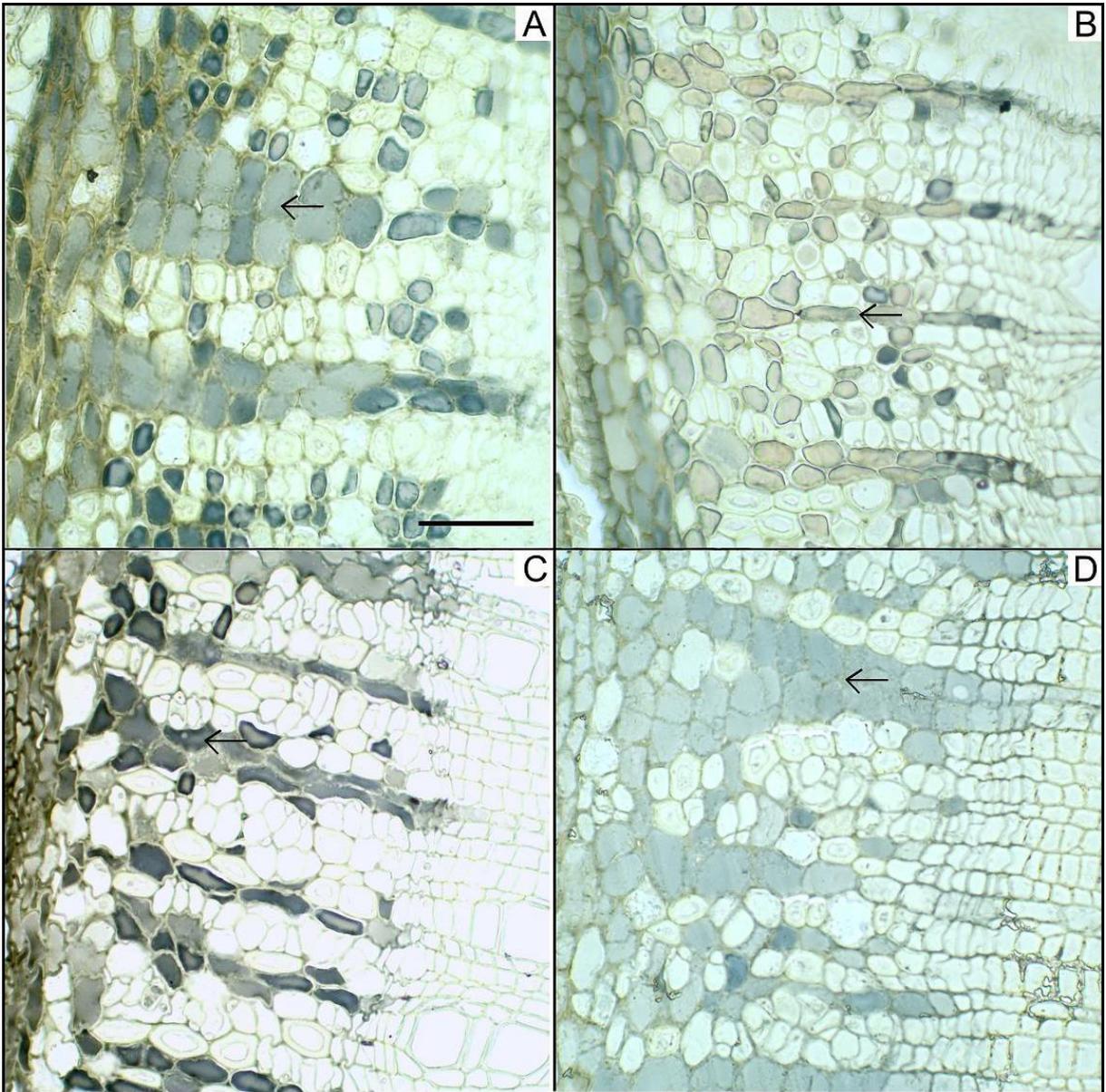


Figura 5. A-D. Teste microquímico com cloreto férrico em secções transversais da base de estacas caulinares de *T. sellowiana* coletadas nas quatro estações do ano. A. primavera. B. verão. C. outono. D. inverno. Visualizar reação positiva (←). Barra 50  $\mu\text{m}$ .

### 4.3 ANÁLISE BIOQUÍMICA DAS ESTACAS

#### 4.3.1 Quantificação de açúcares totais

As estacas coletadas no inverno e no outono de 2005 apresentaram as maiores concentrações, 83,21 e 72,79 mg de açúcares totais/g de tecido, respectivamente (Figura 6). Trabalhos que analisam bioquimicamente as estacas, buscando melhor explicação para o sucesso ou fracasso do enraizamento, relacionam altos teores de carboidratos e proteínas com o sucesso do enraizamento (HARTMANN; HANSEN, 1958; HAMBRICK et al., 1991; PALANISAMY; SUBRAMANIAN 2001; RAPAKA, et al., 2005). Comparando o comportamento das estacas de *T. sellowiana* (Cham.) Cogn. ao longo das quatro estações (Anexo 1), é possível verificar que os meses de maior enraizamento, primavera de 2004 e verão de 2005, foram os meses que apresentaram os menores teores de açúcares totais (Figura 6).

FRENCH (1990) trabalhando com estacas de *Rhododendron* cultivar “Anna Rose Whitney”, assim como ROWE et al. (2002) com estacas de *Pinus taeda* L., também não encontraram relação do sucesso do enraizamento com altas concentrações de carboidratos.

A base bioquímica para a inibição do enraizamento pelo aumento da concentração de carboidratos ainda não é clara. Supõe-se que o excesso de frutose promova inibição da sacarose-sintetase, reduzindo assim a habilidade da sacarose em promover o enraizamento (ONO; RODRIGUES, 1996).

A possibilidade de baixas concentrações das auxinas endógenas nas estações do outono e inverno também poderia ter prejudicado a mobilização dos açúcares para a base das estacas, interferindo no resultado do enraizamento. NANDA e ANAND (1970), trabalhando com estacas de *Populus nigra* L., observaram que durante o inverno, a inadequada concentração de auxinas endógenas provavelmente fez com que o amido não fosse mobilizado para a base das estacas.

Acompanhando a fenologia das plantas matrizes de *T. sellowiana* ao longo das quatro estações, foi possível perceber que durante a primavera e o verão a

planta apresentava as gemas vegetativas em desenvolvimento. Possivelmente, os elevados teores de carboidratos armazenados no outono e inverno se tornaram disponíveis na primavera, quando a planta necessitava de energia para a brotação e, conseqüentemente, esta disponibilidade favoreceu o sucesso do enraizamento neste período, já que também na base da estaca estaria ocorrendo ativa divisão celular e crescimento, atuando esta região como potente dreno. HOFFMANN et al. (1995) consideram que as variações que ocorrem durante os estádios fenológicos das matrizes, como no equilíbrio hormonal ou nas concentrações de carboidratos, assim como a diferença no grau de lignificação em cada época do ano em que são realizadas as coletas, têm grande interferência no enraizamento.

#### 4.3.2 Quantificação de proteínas

Estacas coletadas no inverno e no outono de 2005 também apresentaram as maiores concentrações, 4,69 e 3,95 mg de proteína/g de tecido respectivamente (Figura 6). As maiores concentrações de proteína registradas neste período poderiam estar relacionadas com as condições estruturais do material vegetativo durante estes períodos, sendo que as estacas coletadas nestas estações compreendiam brotações do ano anterior, com tendência ao acúmulo de proteínas estruturais.

Muitas proteínas estruturais ocorrem apenas na parede secundária das células, por exemplo proteínas ricas em prolina (PRPs) estão concentradas na parede secundária dos elementos do protoxilema e proteínas ricas em glicina (GRPs), que são encontradas nos esclereides, associados com parede primária e secundária das células (BUCHANAN et al., 2000).

Dentre as enzimas incluídas na concentração de proteínas encontradas, poderia estar presente a enzima responsável pela degradação do ácido indolacético (IAA), o sistema IAA-oxidase. A quebra do ácido indolacético regula a taxa hormonal endógena na planta (MOHR; SCHOPFER, 1995; WACHOWICZ; CARVALHO, 2002). Assim, altas taxas de IAA-oxidase no outono e inverno, conseqüentemente alta atividade de degradação do IAA endógeno, podem prejudicar a indução radicial nas estacas coletadas neste período.

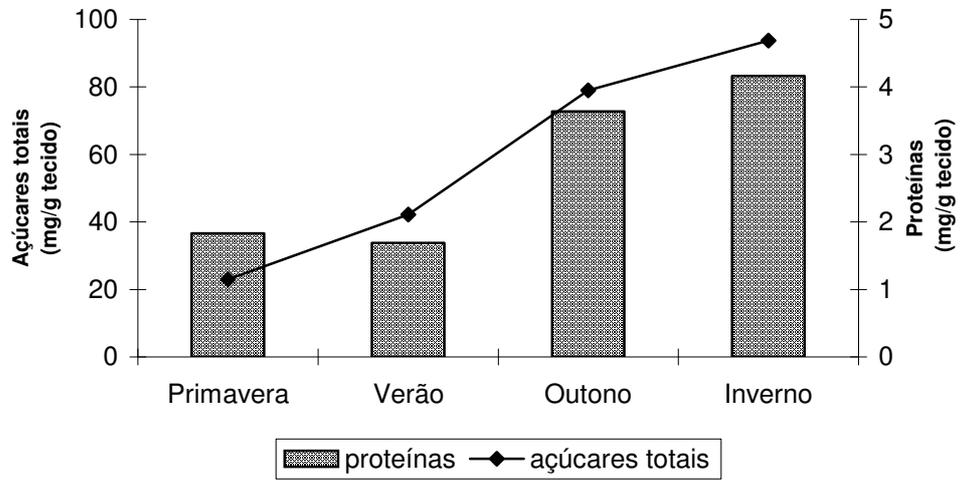


Figura. 6 Médias dos teores de açúcares totais e de proteínas analisados em estacas de *T. sellowiana* coletadas nas quatro estações do ano.

## 5 CONCLUSÃO

Nas condições em que foi desenvolvido o presente experimento, foi possível concluir que para a propagação de *T. sellowiana* (Cham.) Cogn. por estacas semilenhosas, recomenda-se a aplicação de 3000 mgL<sup>-1</sup> IBA na forma líquida ou em talco na primavera.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando as médias para a porcentagem de estacas enraizadas de *T. sellowiana* (Cham.) Cogn., para as diferentes concentrações de ácido indol butírico que foram testadas, é possível observar que as estações mais quentes, primavera e verão, foram as estações mais promissoras para o sucesso do enraizamento (Anexo 1). Nestes períodos, as plantas matrizes estavam em crescimento vegetativo e a emissão de folhas jovens, fonte de auxinas endógenas, pode ter favorecido a indução radicial.

No outono e inverno, a maior queda das folhas enquanto as estacas estavam na casa-de-vegetação, possivelmente prejudicou o enraizamento, já que ficou evidente a importância das folhas no enraizamento de estacas semilenhosas de *T. sellowiana*. Outro motivo para a menor taxa de enraizamento no outono, poderia ser o fato que as plantas matrizes se encontravam floridas no momento da coleta (Anexo 6), e a alta concentração de giberelina teria inibido a indução radicial.

Nas estações mais quentes, o número de raízes formadas e o comprimento destas também foram favorecidos (Anexos 2 e 3). Mesmo sendo as estações que apresentaram os menores teores de açúcares totais e proteínas, talvez as condições ambientais e os estádios de desenvolvimento em que se encontravam as plantas matrizes tenham favorecido a formação das raízes.

De maneira geral, as formas em que foram aplicadas as diferentes concentrações do ácido indol butírico, em solução alcoólica ou talco, não influenciaram no enraizamento. O uso do fitorregulador mostrou-se promissor na indução radicial, tendo variação nos resultados para as concentrações usadas, 1500 e 3000 mgL<sup>-1</sup> IBA ao longo das diferentes estações, possivelmente pela variação dos níveis endógenos de auxinas.

Na análise anatômica da base das estacas nas quatro estações do ano, não foi constatada nenhuma possível barreira anatômica ou diferença estrutural que promovesse variações nas respostas ao enraizamento ao longo das estações em que as estacas foram coletadas. O mesmo foi verificado para o teste com lugol, onde a presença e distribuição dos grãos de amido não diferiram entre as estações do ano.

Já para o teste com cloreto férrico, as variadas colorações verificadas poderiam indicar que estas células apresentariam composições químicas diferentes, que com análises mais específicas, a possível identificação destes compostos fenólicos esclareceria alguma relação com o resultado do enraizamento nas diferentes estações.

## REFERÊNCIAS\*

- ALTAMAN, A.; WAREING, P. F. The effect of IAA on sugar accumulation and basipetal transport of <sup>14</sup>C-labelled assimilates in relation to root formation in *Phaseolus vulgaris* cuttings. **Physiology Plantarum**. Copenhagen, v.33, p.32-38, 1975.
- ALVARENGA, L. R.; CARVALHO, V. D. Uso de substâncias promotoras de enraizamento de estacas frutíferas. **Informe Agropecuário**. Belo Horizonte, v.9, n.101, p.47-55, 1983.
- ALVES DE BRITO, C. J. F.; ALQUINI, Y. A new method for staining botanical material embedded in glicol methacrylate (GMA). **Arquivos de Biologia e Tecnologia**. São Paulo, v.39, n.4, p. 949-950, 1996.
- ANDRADE, A. C. S. de. Efeito da luz e da temperatura na germinação de *Leandra breviflora* Cogn., *Tibouchina benthamiana* Cog., *Tibouchina grandifolia* Cogn. e *Tibouchina moricandiana* (DC.) Baill. (Melastomataceae). **Revista Brasileira de Sementes**. Brasília, v.17, n.1, p.29-35, 1995.
- APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B.; CARMELLO-GUERREIRO, S. M. **Anatomia Vegetal**. Viçosa: UFV, 2003. 438p.
- ARTECA, R.N. **Plant Growth Substances: Principles and Application**. New York: Chapman and Hall. 1995. 332p.
- ASSIS, T. F. Melhoramento genético do eucalipto. **Informe Agropecuário**. Belo Horizonte, v.12, n.141, p. 36-46, 1986.
- AWAD, M.; CASTRO, P. R. C. **Introdução à Fisiologia Vegetal**. 2 ed. São Paulo: Biblioteca Rural – Livraria Nobel S/A, 1992. 129p.
- BACKES, P.; IRGANG, B. **Mata Atlântica: As árvores e a paisagem**. Rio de Janeiro: Paisagem do Sul, 2004. 393p.
- BARBOSA, J. M.; BARBOSA, L. M.; PINTO, M. M.; AGUIAR, I. B. de. Efeito do substrato, temperatura e luminosidade na germinação de sementes de quaresmeira. **Revista Brasileira de Sementes**. Brasília, v.10, n. 3, p. 69-77, 1988.
- BARROSO, G. M. **Sistemática de Angiospermas do Brasil**. Viçosa, UFV: Imprensa Universitária, v.2, 1991. 377p.
- BASAK, U. C.; DAS, A. B.; DAS, P. Metabolic changes during rooting in stem cuttings of five mangrove species. **Plant Growth Regulation**. Dordrecht, v.17, p.141-148, 1995.

\* Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. Normas para apresentação de documentos científicos; 9., Curitiba: Ed. da UFPR.

BASU, R. N.; ROY, B. N.; BOSE, T. K. Interaction of abscisic acid and auxins in rooting of cuttings. **Plant & Cell Physiology**. Kyoto, v.11, p.681-684, 1970.

BAUER, L. M.; JOHNSTON, M. E.; WILLIAMS, R. R. Plant genotype, juvenility and mechanisms of inhibition of rooting *Persoonia virgata* R. Br. cuttings. **Australian Journal of Experimental Agriculture**. East Melbourne, v.39, p.1029-1034, 1999.

BERTOLOTI, G.; GONÇALVES, A. N. **Enraizamento de estacas: especificações técnicas para construção do módulo de propagação**. Piracicaba: IPEF, 1980. 8p. (Circular técnica 94).

BIONDI, D.; ALTHAUS, M. **Árvores de Rua de Curitiba: cultivo e manejo**. Curitiba: FUPEF, 2005. 177p.

BLOSSFELD, H. **Jardinagem**. São Paulo: Edições Melhoramentos, 1965. 418p.

BOERGER, M. R. T.; ALQUINI, Y.; NEGRELLE, R.R.B. Características anatômicas da região nodal de estacas em diferentes fases de desenvolvimento de guaco (*Mikania glomerata* Sprengel – Asteraceae) e formação de raízes adventícias. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**. Botucatu, v.5, n.2, p.1-6, 2004.

BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**. New York, v.72, p.248-254, 1976.

BUCHANAN, B. B.; GRUISSEM, W.; JANES, R.L. **Biochemistry & Molecular Biology of Plant**. Copyright: United States of American, 2000, 1367p.

CHAPMAN, D. J. Consider softwood cuttings for tree propagation. **American Nurseryman**. Rochester, v 15, p.45-49, 1989.

CORRÊIA. **Dicionário de plantas úteis do Brasil**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, v.3. 1974. 646p.

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

DAWSON, I. A.; KING, R. W. Propagation of some woody Australian plants from cuttings. **Australian Journal of Experimental Agriculture**. East Melbourne, v.34, p.1225-1231, 1994.

DEVIER, C.L.; GENEVE, R.L. Flowering influences adventitious root formation in chrysanthemum cuttings. **Scientia Horticulturae**. Amsterdam, v.70, p.309-318, 1997.

DICK, J. McP.; BISSET, H.; McBEATH, C. Provenance variation in rooting ability of *Calliandra calothyrsus*. **Forest Ecology and Management**. Amsterdam, v.87, p.175-184, 1996.

DUBOIS, M.; GILLES, J. K.; HAMILTON, P.A.R.; FRED, S. Colorimetric method for determination of sugar and related substances. **Analytical Chemistry**. Washinton, v.28, n. 3, p.350-356, 1956.

FEDER, N. & O'BRIEN. T.P. Plant microtechnique: some principles and new methods. **American Journal of Botany**. Columbus, v.55, n.1, p.123-142, 1968.

FERREIRA, B. G. A.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; CARPANEZZI, A. A.;TAVARES, F. R.; BOERGER, M. R.T; KOEHLER, H. S. Enraizamento de *Sapium glandulatum* (Vell.) Pax. pela aplicação de ácido indol butírico e ácido bórico. **Leandra**. Rio de Janeiro, v.16, p.11-16, 2001.

FERRI, C.P. Enraizamento de estacas de citrus. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Cruz das Almas, v.19, n.1, p.113-121, 1997.

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

FRENCH, C. J. Rooting of *Rhododendron* "Anna Rose Whitney" cuttings as related to stem carbohydrate concentration. **HortScience**. Alexandria, v.25, n.4, p.409-411, 1990.

GOLDENBERG, R.; VARASSIN, I. G. Sistemas reprodutivos de espécies de Melastomataceae da Serra do Japi, Jundiaí, São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**. São Paulo, v.24, n. 3, p. 283-288, 2001.

HAISSIG, B. E. Meristematic activity during adventitious root primordium development. **Plant Physiology**. Bethesda, v.49, p.886-892, 1972.

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

HAISSIG, B.E Metabolic processes in adventitious rooting of cuttings In: JACKSON, M. B. **New root formation in plants and cuttings**. Boston: Martinus Nijhoff, Dordrecht. p.141-189, 1986.

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

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

HARTMANN, H. T.; HANSEN, C. J. Effect of season of collecting, indolebutyric acid, and pre-planting storage treatments on rooting of Marianna Plum, Peach, and Quince hardwood cuttings. **Proceedings American Society Horticultural Science**. Alexandria, v.71, p.57-66, 1958.

HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E.; DAVIS JUNIOR, F. T.; GENEVE, R. L. **Plant Propagation: principles and practices**. 7 ed. New York: Englewood Clippis, 2002. 880p.

HELLER, A., BOROCHOV, A. HALEVY, A. H. Factors affecting rooting ability of *Coleonema aspalathoides*. **Scientia Horticulturae**. Amsterdam, v.58, p.335-341, 1994.

HENRY, P. H.; BLAZICH, F. A.; HINESLEY, L. E. Vegetative propagation of Eastern Redcedar by stem cuttings. **HortScience**. Alexandria, v.27, n.12, p.1272-1274, 1994.

HILAIRE, R. S.; BERWART, C. A. F.; PÉREZ-MUÑOZ, C. A. Adventitious root formation and development in cuttings of *Mussaenda erythrophylla* L. Schum. & Thonn. **HortScience**. Alexandria, v.31, n.6, p.1023-1025, 1996.

HOFFMANN, A.; FACHINELLO, J. C.; SANTOS, A. M. dos. Propagação de mirtilo (*Vaccinium ashei* Reade) através de estacas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.30, n.2, p.231-236, 1995.

IRITANI, C.; SOARES, R.V.; GOMES, A. V. Aspectos morfológicos da aplicação de reguladores do crescimento nas estacas de *Ilex paraguariensis* St. Hilaire. **Acta Biológica Paranaense**. Curitiba, v.15, p.21-46, 1986.

ITOH, A.; YAMAKURA, T.; KANZAKI, M.; OHKUBO, T.; PALMIOTTO, P. A.; LAFRANKIE, J. V.; KENDAWANG, J. J.; LEE, H. S. Rooting ability of cuttings relate to phylogeny, habitat preference and growth characteristics of tropical rainforest trees. **Forest Ecology and Management**. Amsterdam, v.168, p. 275-287, 2002.

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

JOHANSEN, D.A. **Plant Microtechnique**. New York, MacGraw-Hill Book Co. 1940.

JULL, L. G., WARREN, S. L.; BLAZICH, F. A. Rooting "Yoshino" *Cryptomeria* stem cuttings as influenced by growyh stage, branch order, and IBA treatment. **HortScience**. Alexandria, v.29, n.12, p.1532-1535, 1994.

KÄMPF, A. N.; FERMINO, M. H. **Substratos para plantas: a base da produção vegetal em recipientes**. Porto Alegre: Gênese, 2000. 312p.

KERSTEN, E.; TAVARES, S. W.; NACHTIGAL, J. C. Influência do ácido indol butírico no enraizamento de estacas de ameixeira (*Prunus salinina* Lindl.) **Revista Brasileira de Fruticultura**. Cruz das Almas, v.16, n.1, p.215-22, 1994.

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, p.343-358, 2004.

KLING, G. J.; MEYER, M. M. Effects of phenolic compounds and indoleacetic acid on adventitious root initiation in cuttings of *Phaseolus aureus*, *Acer saccharinum*, and *Acer griseum*. **HortScience**. Alexandria, v.18, n.3, p.352-354, 1983.

KNAPIK, J. G.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; CARPANEZZI, A. A.; TAVARES, F. R. Propagação vegetativa da quaresmeira (*Tibouchina pulchra* Cong.) através do uso de fitorreguladores. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 51, 2000, Brasília. **Resumos**. Brasília: Sociedade Botânica do Brasil, 2000, p.43.

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

KRAEMER, K. H.; ÁQUILA, M. E. A. Luz e temperatura na germinação de sementes de *Tibouchina urvilleana*. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**. Campinas, v.6, n.1/2, p.39-45, 2000.

LEE, C. I.; MCGUIRE, J. J.; KITCHIN, J. T. The relationship between rooting cofators of easy and difficult-to-root cuttings of three clones of Rhododendron. **Journal of the American Society Horticultural Science**. Alexandria, v 94, p.45-48, 1969.

LIMA, J. A. S. de; MENEGUELLI, N. A. do; FILHO, A. B. G.; PÉREZ, D.V. Agrupamento de espécies arbóreas de uma floresta tropical por características de solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.38, n.1, 2003a.

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

LONGHI, R. A. **Livro das Árvores**: árvores e arvoretas do Sul. Porto alegre: L&PM, 1995. 176p.

LORENZI, H; SOUZA, H. M. de. **Planta Ornamentais no Brasil**: arbustivas, herbáceas e trepadeiras. 3ª ed. Nova Odessa, São Paulo: Instituto Plantarum, 2001. 1088p.

MAYER, J. L.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; BONA, C.; RIBAS, L. L. F.; CARPANEZZI, A. A.; TAVARES, F. R. Enraizamento e anatomia de estacas de *Tibouchina fothergillae* (DC.) Cogn. (Melastomataceae). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FISILOGIA VEGETAL, 9., 2003, Atibaia. **Resumos**. Atibaia: Brazilian journal of Plant Physiology, 2003. 148p.

MAYNARD, B. O. K.; BASSUK, N. L. Etiolation and banding effects on adventitious root formation. In: DAVIS, T. D.; HAISSIG, B. E.; SANKHLA, N. **Adventitious root formation in cuttings**. Portland, Oregon: Dioscorides Press, 1988. p. 29-46.

MESÈM, F. **Enraizamento de estacas juveniles de espécies florestais: uso de propagadores de sub-irrigación**. Costa Rica: Centro Agronômico Tropical de Investigación y Enseñanza – CATIE. 1998, 36p.

MOHAMMED, M. A. KARAM, N. S. Auxin, wounding, and propagation medium affect rooting response of stem cuttings of *Arbutus andrachne*. **HortScience**. Alexandria, v. 36, n.5, p.976-978, 2001.

MORAES, R. M. de; DELITTI, W. B. C.; MORAES, J. A. P. V. de. Respostas de indivíduos jovens de *Tibouchina pulchra* Cogn. à poluição aérea de Cubatão, SP: fotossíntese líquida, crescimento e química foliar. **Revista Brasileira de Botânica**. São Paulo, v.23, n.4, p.444-449, 2000.

MURAYAMA, S.J. **Fruticultura**. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola. 1973. 428p.

NACHTIGAL, J. C.; HOFFMANN, A.; KLUGE, R. A.; MAZZINI, A. R. A. de. Enraizamento de estacas semilenhosas de araçazeiro (*Psidium cattleianum* Sabine) com o uso do ácido indol butírico. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Cruz das Almas, v.16, n.1, p.229-235, 1994.

NASCIMENTO, R.do.; MOSQUIM, P. R.; ARAÚJO, E.F. de.; SANTANNA, R. Distribuição de amido, açúcares solúveis e atividades de invertases em explantes de soja sob várias concentrações de sacarose e diferentes fontes de nitrogênio. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**. Londrina, v.10, n.2, p.125-130. 1998.

NANDA, K. K.; ANAND, V. K. Seasonal changes in auxin effects on rooting of stem cuttings of *Populus nigra* and relationship with mobilization of starch. **Physiology Plantarum**. Copenhagen, v.23, p.99-107, 1970.

NANDA, K. K.; JAIN, M. K.; MALHOTRA, S. Effect of glucose and auxins in rooting etiolated stem segments of *Populus nigra*. **Physiology Plantarum**. Copenhagen, v.24, p.387-391, 1971.

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

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

OVERBEEK, J. V.; GORDON, S. A., GREGORY, L. E. Analysis of the function of the leaf in the process of root formation in cuttings. **American Journal of Botany**. Columbus, v.33, p.100-107, 1946.

PÁDUA, T. de. Propagação das árvores frutíferas. **Informativo Agropecuário**. Belo Horizonte, v.9, n.101, p.11-15, 1983.

PAES, E. G. B. **Enraizamento de estacas de kiwizeiro com fitoreguladores nas quatro estações do ano**. Curitiba, 2002, 68f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias – Produção Vegetal). Universidade Federal do Paraná.

PAIVA, H. N. de; GOMES, J. M.; COUTO, L.; SILVA, A. R. da. Propagação vegetativa de eucalipto por estaquia. **Informe Agropecuário**. Belo Horizonte, v.18, n.185, p.23-27, 1996.

PAIVA, H. N. de; GOMES, J.M. **Propagação Vegetativa de Espécies Florestais**. Minas Gerais: Imprensa Universitária. 1993, 40p.

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

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

PÉREZ-FRANCÉS, J. F.; MELIÁN-CAPOTE, M. N.; MARTIN-PÉREZ R. Anatomical study of adventitious root development in wounded cuttings of *Leucadendron discolor* and *Leucadendron* "Safári Sunset" (Proteaceae). **Acta Horticulturae**. Wageningen, v.545, p.191-194, 2001.

PIMENTA, A. C.; PINTO, L. S.; ZUFFELLATO-RIBAS, K.C. Enraizamento de Hortências pela aplicação de auxinas comerciais. **Cultura Agrônômica**. Ilha Solteira, v.12, n.1, p.1-8, 2003.

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

RAMBO, B. Geografia das Melastomatáceas Rio Grandenses. **Sellowia**. Itajaí, v.10, n.9, p.147-167, 1958.

RAPAKA, V. K.; BESSLER, B.; SCHREINER, M.; DRUEGE, U. Interplay between initial carbohydrate availability, current photosynthesis, and adventitious root formation in *Pelargonium* cuttings. **Plant Science**. Lucknow, v.168, p.1547-1560, 2005.

RAVEN, P. H.; EVERT, R.F.; EICHHORN, S. E. **Biologia Vegetal**. 6 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.A, 2001, p.906.

REITZ, R; KLEIN, R. M.; REIS, A. **Projeto Madeira de Santa Catarina**. Itajaí; Herbário Barbosa Rodrigues, 1978. 320p.

RESENDE, M. D. V. de. **Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes**. Embrapa Informação Tecnológica. Brasília. 2002. 971p.

REUVENI, O.; RAVIV, M. Importance of leaf retention to rooting of avocado cuttings. **Journal of the American Society for Horticultural Science**. Alexandria, v.106, n.2, p.127-130, 1981.

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

RIZZINI, C. T.; MORS, W. B. **Botânica Econômica Brasileira**. São Paulo: UNESP, 1976, 207p.

RODRIGUES, V.A.. **Propagação vegetativa de aroeira *Schinus terebinthifolius* Raddi, canela sassafrás *Ocotea pretiosa* Benth & Hook e cedro *Cedrela fissilis* Vellozo através de estacas radiciais e caulinares**. Curitiba, 1990, 90f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal). Universidade Federal do Paraná.

ROMERO, R.; MARTINS, A.B. Melastomataceae do Parque Nacional da Serra da Canastra, Minas Gerais, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**. São Paulo, v.25 n.1, p. 25-32, 2002.

ROWE, D. B.; BLAZICH, F.A.; GOLDFARB, B. Nitrogen nutrition of heged stock plants of Loblolly Pine. II. Influence of carbohydrate and nitrogen status on adventitious rooting of stem cuttings. **New Forests**. Dordrecht, v.24, p.53-65, 2002.

SANTOS, J. V. dos. **Arborização Rodoviária**. São Paulo: Secretaria da Viação e Obras Públicas, 1960. 342p.

SANTOS, M. C, dos. **Manual de Jardinagem**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1975. 456p.

SANTOS, P. E. T. dos. O uso da clonagem na silvicultura intensa. **Revista Silvicultura**. São Paulo, v.15, p.28-30, 1994.

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

SILVA, M. N. das. **Enraizamento de estacas de seis espécies nativas de mata de galeria: *Bauhinia rufa* (Bong.) Steud., *Calophyllum brasiliense* Cam., *Copaifera langsdorffii* Desf., *Ingá laurina* (Sw.) Willd., *Piper arboreum* Aubl. e *Tibouchina stenocarpa* (DC.) Cogn**. Brasília, 1998, 112f. Dissertação (Mestrado em Botânica). Universidade de Brasília.

SISLEG – Reserva Legal e Preservação Permanente. Disponível em: <http://www.pr.gov.br/meioambiente/iap/index.shtml>. Acesso em: 10 jan. 2006.

SOUZA, M. L. D. R. Estudo taxonômico do gênero *Tibouchina* Aubl. (Melastomataceae) no Rio Grande do Sul, Brasil. **Ínsula Boletim do Horto Botânico**. Florianópolis, n.16, 1986. 112p.

SCHWARZ, J. L., GLOCKE, P. L.; SEDGLEY, M. Adventitious root formation in *Acacia baileyana* F. Muell. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**. Ashford, v.74, n.5, p.561-565, 1999.

TABARELLI, M.; MANTOVANI, W. A riqueza de espécies arbóreas na floresta atlântica de encosta de São Paulo (Brasil). **Revista Brasileira de Botânica**. São Paulo, v.22, p. 217-223, 1999.

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

TCHONDJEU, Z.; AVANA, M. L.; LEAKEY, R. R. B.; SIMONS, A. J.; ASSAH, E.; DUGUMA, B.; BELL, J. M. Vegetative propagation of *Prunus africana*: effects of rooting medium, auxin concentrations and leaf area. **Agroforestry Systems**. Dordrecht, v.54, p.183-192, 2002.

TCHOUNDJEU, Z.; MPECK, M. L. N.; ASSAH, E.; AMOUGOU, A. The role of vegetative propagation in the domestication of *Pausinystalia johimbe* (K. Schum), a highly threatened medicinal species of West and Central Africa. **Forest Ecology Management**. Amsterdam, v.188, p.175-183, 2004.

TETSUMURA, T.; RYUTARO, T.; SUGIURA, A. Some factors affecting the rooting of softwood cuttings of Japanese Persimmon. **Journal of the Japanese Society for Horticultural Science**. Kyoto, v.70, n. 3, p.275-280, 2001.

THIMANN, K. V.; POUTASSE, E. F. Factors affecting root formation of *Phaseolus vulgaris*. **Plant Physiology**. Bethesda, v. 16, p. 585-598, 1941.

TOFANELLI, M. B. D.; CHALFUN, N. N. J.; HOFFMANN, A.; ANTUNES, L. E. C. Enraizamento de estacas lenhosas e semilenhosas de cultivares-copa de pessegueiro em diferentes concentrações de ácido indol butírico. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Cruz das Almas, v.19, n.2, p.259-263, 1997.

TOFANELLI, M. B. D.; CHALFUN, N. N. J.; HOFFMANN, A.; CHALFUN, A. Enraizamento de estacas lenhosas e semilenhosas de cultivares de ameixeira com várias concentrações de ácido indol butírico. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticabal, v.24, n.2, p.509-513, 2002.

TOOGOOD, A. **Enciclopédia de la propagación de plantas**. Barcelona: Blume, 2000. 320p.

VEIERSKOV B. Relations between carbohydrates and adventitious root formation. In: DAVIS, T.D.; HAISSIG, B.E.; SANKHLA N. **Adventitious root formation in cuttings**. Oregon: Dioscorides Press. v.2, 1988. p.70-76.

VIVANCO, J.M.; FLORES, H.E. Control of root formation by plant growth regulators. In: BASRA, A. S. **Plant Growth Regulators in Agriculture and Horticulture** – Their Role and Commercial Uses. Oxford: The Haworth Press. 2000, 262p.

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

WHITE, J.; LOVELL, P.H. The anatomy of root initiation in cuttings of *Griselinia littoralis* and *Griselinia lúcida*. **Annals of Botany**. London, v.54, p.7-20, 1984.

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

WILSON, P. J.; VANSTADEN, J. Rhizocaline, rooting co-factors, and the concept of promoters and inhibitors of adventitious rooting – a review. **Annals of Botany**. London, v.66, p.479-490, 1990.

XAVIER, A. SANTOS, G. A. dos. Clonagem em espécies florestais nativas. IN: ROCHA, M. G. B. **Melhoramento de espécies arbóreas nativas**. Belo Horizonte: Instituto de Desenvolvimento Florestal Sustentável – IEF, 2002. 173p.

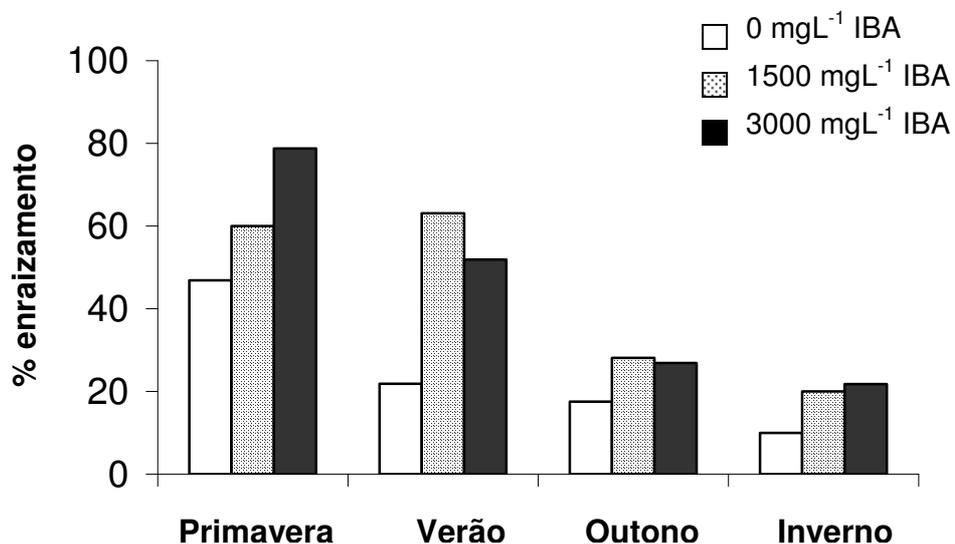
XAVIER, A.; SANTOS, G. A. dos; OLIVEIRA, M. L. de. Enraizamento de miniestaca caulinar e foliar na propagação vegetativa de cedro-rosa (*Cedrela fissilis* Vell.) **Revista Árvore**. Viçosa, v.27, n.3, p.351-356, 2003.

ZUFFELLATO-RIBAS, K C.; CARPANEZZI, A. A.; TAVARES, F. R.; DUCAT, C. R. M. Enraizamento de estacas de amorinha-branca (*Rubus imperialis* Cham & Schlecht.) submetidas a tratamentos com auxinas sintéticas. **Cultura Agrônômica**. Ilha Solteira, v.11, n.1, p.67-80, 2002

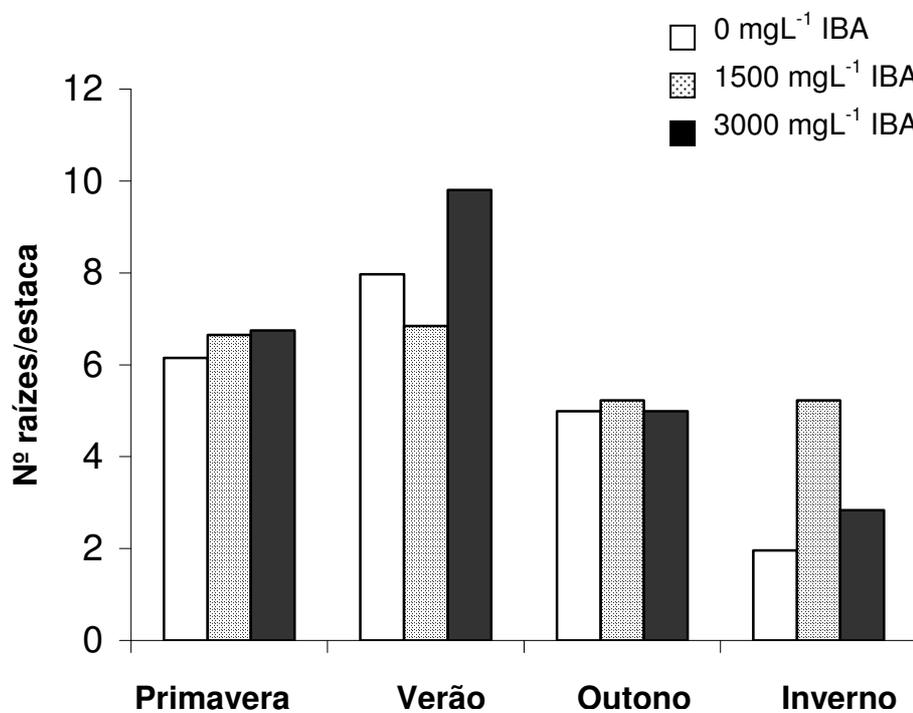
ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; RODRIGUES, J. D. **Estaquia: uma abordagem dos principais aspectos fisiológicos**. Curitiba: [K. C. Zuffellato-Ribas], 2001. 39p.

ANEXOS

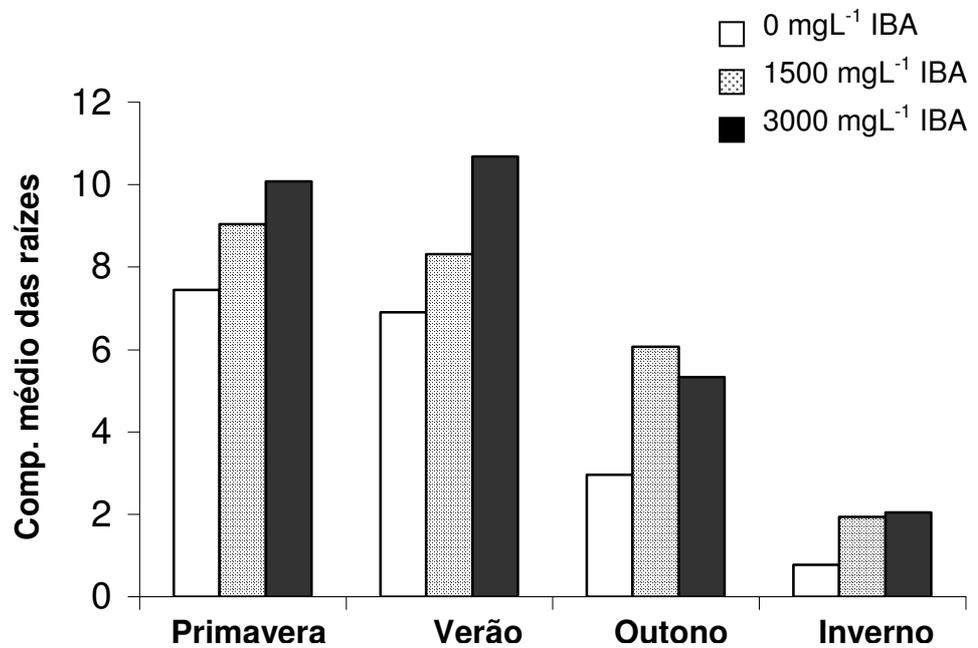
ANEXO 1 – Médias da porcentagem de enraizamento de *Tibouchina sellowiana* nas quatro estações do ano.



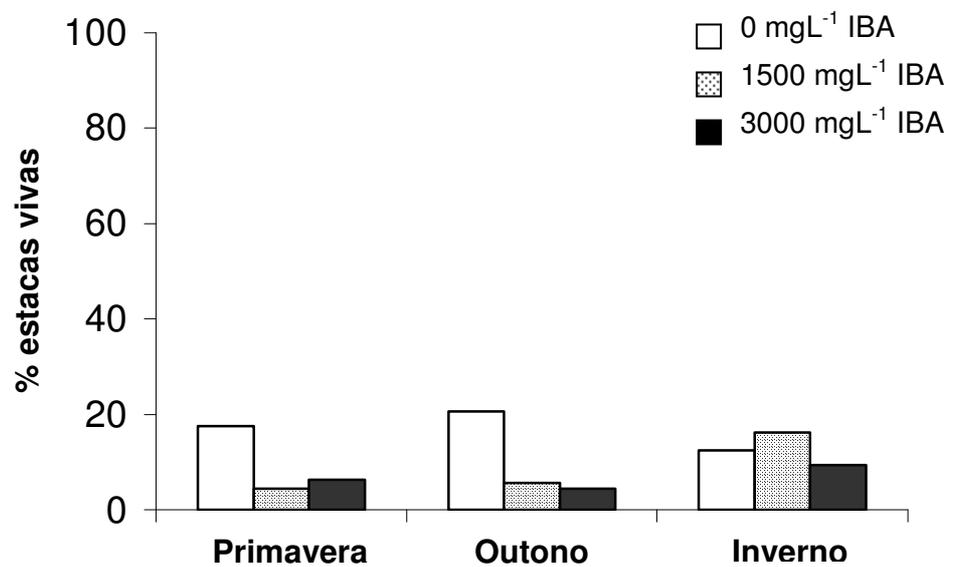
ANEXO 2 – Médias do número de raízes por estaca de *Tibouchina sellowiana* nas quatro estações do ano.



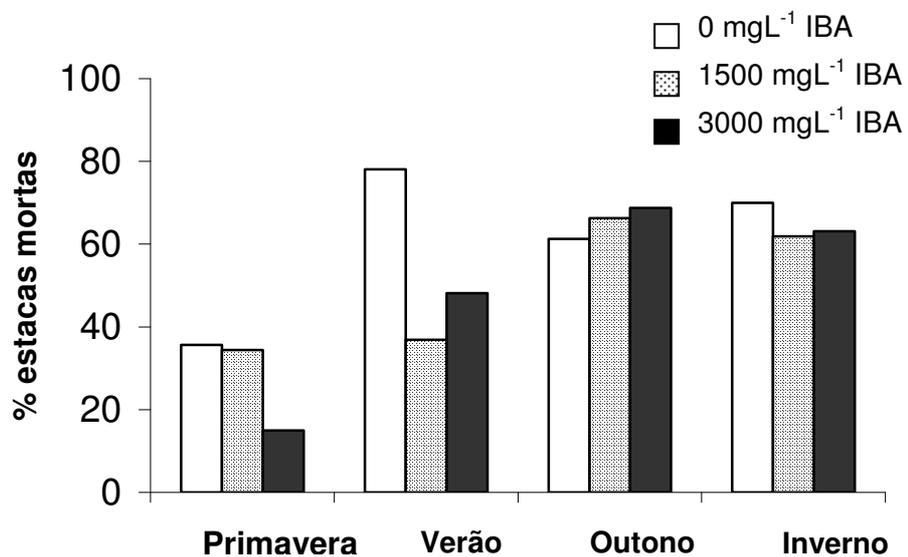
ANEXO 3 – Médias do comprimento médio das três maiores raízes por estaca (cm) de *Tibouchina sellowiana* nas quatro estações do ano.



ANEXO 4 – Médias da porcentagem de estacas vivas (sem raízes e sem calos) de *Tibouchina sellowiana* nas quatro estações do ano.



ANEXO 5 – Médias da porcentagem de estacas mortas de *Tibouchina sellowiana* nas quatro estações do ano.



ANEXO 5 – Planta matriz de *T. sellowiana* em floração no outono de 2005



ANEXO 6 - Estacas enraizadas de *T. sellowiana*

