

CLAUDIA REGINA MARQUETTI CHAVES



**PROPAGAÇÃO VEGETATIVA DE *Erythrina crista-galli* L.:  
ENRAIZAMENTO E SUAS RELAÇÕES MORFOLÓGICAS**

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

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

Co-orientadores:  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Cleusa Bona  
Prof. Dr. Henrique S. Koehler  
Dr. Antonio A. Carpanezi

CURITIBA

2004

CLAUDIA REGINA MARQUETTI CHAVES

**PROPAGAÇÃO VEGETATIVA DE *Erythrina crista-galli* L.:  
ENRAIZAMENTO E SUAS RELAÇÕES MORFOLÓGICAS**

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

Orientadora:

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

Co-orientadores:

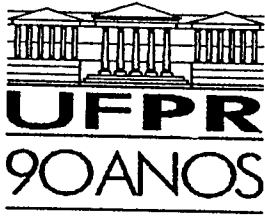
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Cleusa Bona

Prof. Dr. Henrique S. Koehler

Dr. Antonio A. Carpanezi

CURITIBA

2004



Universidade Federal do Paraná  
Setor de Ciências Biológicas - Departamento de Botânica  
Curso de Pós-Graduação em Botânica  
Centro Politécnico - Jardim das Américas - Caixa Postal 19031  
CEP: 81531-990 - CURITIBA - Paraná  
Tel. (41) 361-1625 - Fax (41) 266-2042  
E-mail: pgbotani@bio.ufpr.br - home page: <http://www.bio.ufpr.br>

**“PROPAGAÇÃO VEGETATIVA DE *Erythrina cristagalli* L.:  
ENRAIZAMENTO E SUAS RELAÇÕES MORFOLÓGICAS”.**

por

***CLÁUDIA REGINA MARQUETTI CHAVES***

Dissertação aprovada como requisito parcial  
para obtenção do grau de Mestre no Programa de  
Pós-Graduação em Botânica, pela Comissão  
formada pelas Professoras

  
Prof. Dr.<sup>a</sup>. Katia Christina Zuffellato Ribas (Orientadora-UFPR)

  
Prof. Dr.<sup>a</sup>. Andréa Maria Teixeira Fortes (Titular- UNIOESTE)

  
Prof. Dr.<sup>a</sup>. Maria Regina Torres Boeger (Titular-UFPR)

Curitiba, 27 de fevereiro de 2004.

Universidade Federal do Paraná  
Sistema de Bibliotecas

Chaves, Cláudia Regina Marquetti Chaves  
Propagação vegetativa de *Erythrina cristagalli* L. :  
enraizamento e suas relações morfológicas. / Cláudia Regina  
Marquetti Chaves. – Curitiba, 2004.  
xi, 58f. : il. ; 30cm.

Orientadora: Zuffellato-Ribas, Katia Christina

Dissertação (mestrado) Universidade Federal do Paraná,  
Setor de Ciências Biológicas.

1. Botânica 2. (Plantas – Propagação por estaquia) 3.  
Compostos fenólicos I. Título II. Zuffellato-Ribas, Katia Christina  
IV. Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências  
Biológicas.

CDD(20.ed.) 581

## AGRADECIMENTOS

À professora Dra. Katia Christina Zuffellato-Ribas pela orientação, incentivo inicial e também pelas críticas construtivas fazendo com que eu pudesse aprender e me aprimorar na difícil arte de elaboração de um trabalho científico.

À professora Dra. Cleusa Bona pela co-orientação, sugestões e auxílio com as práticas de docência, além das críticas construtivas na área de morfo-anatomia.

Ao professor co-orientador, Dr. Henrique Soares Koehler pelas análises estatísticas e aconselhamento.

À Embrapa-Florestas pela utilização de toda a sua infra-estrutura.

Ao Amílcar, Paulino, Vero e demais funcionários da Embrapa-Florestas pelo auxílio que me prestaram durante os experimentos, além das conversas amigáveis.

Ao Dr. Fernando Rodrigues Tavares e Dr. Ivar Wendling da Embrapa-Florestas pelas sugestões e troca de idéias.

À PRPPG e ao Departamento de Botânica pela possibilidade de aprimoramento profissional e científico e também à Capes pelo auxílio financeiro.

À professora e coordenadora do Programa de Pós-Graduação Dra. Thelma A. Veiga Ludwig pelo apoio à mim e demais colegas de mestrado.

Ao funcionário José Carlos Teixeira da Silva da secretaria do Curso de Pós-Graduação em Botânica pelos préstimos e amizade, assim como ao Narciso Augusto Suckow de Castro e Nilton Belém Filho pela ajuda e conversas descontraídas.

Aos demais funcionários e técnicos do Departamento de Botânica que de alguma forma me auxiliaram em algum momento durante o curso.

Aos colegas de Pós-Graduação pelos momentos descontraídos.

Aos professores do Departamento de Botânica, principalmente aqueles que me auxiliaram de alguma forma com sugestões e empréstimos de materiais e pelas conversas construtivas.

À toda minha família pelo apoio em todos os momentos de minha vida apesar de, às vezes, me atrapalhar um pouco também.

A Deus e aos meus protetores espirituais por estarem comigo nos momentos mais difíceis de minha vida.

**A honra não consiste em não  
cair nunca, mas em levantar  
cada vez que cai.**

**(Anônimo)**

## SUMÁRIO

|   |      |
|---|------|
| <b>LISTA DE TABELAS</b> .....                                 | vii  |
| <b>LISTA DE FIGURAS</b> .....                                 | viii |
| <b>RESUMO</b> .....   | x    |
| <b>ABSTRACT</b> .....   | xi   |
| <b>1 INTRODUÇÃO</b> .....                                     | 1    |
| <b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....                          | 3    |
| 2.1 O gênero <i>Erythrina</i> .....                           | 3    |
| 2.2 <i>Erythrina crista-galli</i> .....                       | 4    |
| 2.3 Propagação vegetativa .....                               | 5    |
| 2.4 Fitorreguladores .....                                    | 6    |
| 2.5 Fatores que influenciam no enraizamento das estacas ..... | 9    |
| 2.6 Tipos de estacas .....                                    | 11   |
| 2.7 Rejuvenescimento .....                                    | 13   |
| 2.8 Morfologia .....  | 14   |
| <b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....                             | 16   |
| 3.1 Caracterização dos tipos de estacas .....                 | 16   |
| 3.2 Instalação dos experimentos e confecção das estacas ..... | 17   |
| 3.2.1 Estacas de brotação do ano .....                        | 17   |
| 3.2.2 Estacas de rebrota de copa .....                        | 17   |
| 3.2.3 Estacas de brotações de "cornos" .....                  | 18   |
| 3.2.4 Estacas apicais .....                                   | 18   |
| 3.2.5 Estacas laterais .....                                  | 19   |
| 3.3 Desinfestação e tratamento com fitorregulador.....        | 19   |



|   |           |
|---|-----------|
| 3.4 Variáveis analisadas .....  | 20        |
| 3.5 Delineamento experimental e análise estatística .....             | 20        |
| 3.6 Estudo morfológico .....  | 21        |
| <b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>                                 | <b>25</b> |
| 4.1 Tipos de estacas .....  | 25        |
| 4.1.1 Estacas de brotação do ano .....                                | 25        |
| 4.1.2 Estacas de rebrota de copa .....                                | 26        |
| 4.1.3 Estacas de brotação de "cornos" .....                           | 29        |
| 4.1.4 Estacas apicais .....   | 31        |
| 4.1.5 Estacas laterais .....  | 32        |
| 4.2 Descrição morfológica das estacas .....                           | 38        |
| 4.2.1 Descrição geral do caule de <i>Erythrina crista-galli</i> ..... | 38        |
| 4.2.2 Estacas de brotação do ano e de rebrota de copa .....           | 39        |
| 4.2.3 Estacas de brotação de "cornos" .....                           | 40        |
| 4.2.4 Estacas apicais e laterais .....                                | 41        |
| 4.3 Considerações gerais sobre os cinco tipos de estacas .....        | 47        |
| <b>5 CONCLUSÕES .....</b>   | <b>49</b> |
| <b>REFERÊNCIAS .....</b>  | <b>50</b> |

## LISTA DE TABELAS

|  |    |
|--|----|
| TABELA 1 - Resultados da porcentagem de estacas de brotação do ano de <i>E. crista-galli</i> enraizadas, com calos, sem calos e sem raízes e mortas coletadas em março e novembro/2002 e março/2003 .....  | 33 |
| TABELA 2 - Resultados da porcentagem de estacas de rebrota de copa de <i>E. crista-galli</i> enraizadas, média do número de raízes por estaca e média do comprimento das três maiores raízes por estaca coletadas em março, maio e novembro/2002 e março/2003 .....                              | 34 |
| TABELA 3 - Resultados da porcentagem de estacas de rebrota de copa de <i>E. crista-galli</i> com calos, sem calos e sem raízes e mortas coletadas em março, maio, novembro/2002 e março/2003 .....   | 34 |
| TABELA 4 - Resultados da porcentagem de estacas de brotação de "cornos" de <i>E. crista-galli</i> enraizadas, média do número de raízes por estaca e média do comprimento das três maiores raízes por estaca coletadas em junho e outubro/2002 .....   | 35 |
| TABELA 5 - Resultados da porcentagem de estacas de brotação de "cornos" de <i>E. crista-galli</i> com calos, sem calos e sem raízes e mortas coletadas em junho e outubro/2002 .....   | 35 |
| TABELA 6 - Resultados da porcentagem de estacas apicais de <i>E. crista-galli</i> enraizadas, média do número de raízes por estaca, média do comprimento das três maiores raízes por estaca, porcentagem de estacas com calos, sem calos e sem raízes e mortas coletadas em outubro/2002 .....   | 36 |
| TABELA 7 - Resultados da porcentagem de estacas laterais de <i>E. crista-galli</i> enraizadas, média do número de raízes por estaca, média do comprimento das três maiores raízes por estaca, porcentagem de estacas com calos, sem calos e sem raízes e mortas coletadas em novembro/2002 ..... | 36 |
| TABELA 8 - Quantificação visual de fibras, compostos fenólicos e amido para os cinco tipos de estacas de <i>Erythrina crista-galli</i> .....   | 42 |

## LISTA DE FIGURAS

|             |   |    |
|-------------|---|----|
| Figura 1 -  | Árvore adulta de <i>E. crista-galli</i> com floração .....  | 23 |
| Figura 2 -  | Poda dos ramos terminais para confecção de estacas de brotação do ano .....                                       | 23 |
| Figura 3 -  | Árvore adulta podada previamente para confecção de estacas de rebrota de copa .....                               | 23 |
| Figura 4 -  | Muda de <i>E. crista-galli</i> proveniente de sementes para confecção de estacas apicais e estacas laterais ..... | 23 |
| Figura 5 -  | Preparo das estacas dos "cornos" .....  | 24 |
| Figura 6 -  | Estacas dos "cornos" em caixotes acondicionados em casa-de-vegetação .....  | 24 |
| Figura 7 -  | Brotações dos "cornos" .....  | 24 |
| Figura 8 -  | Preparo das estacas de brotação do ano e rebrota de copa para imersão em diferentes concentrações de IBA .....    | 24 |
| Figura 9 -  | Plantio das estacas em tubetes .....  | 24 |
| Figura 10 - | Bandejas contendo estacas de brotação do ano e rebrota de copa .....  | 24 |
| Figura 11 - | Estacas de brotação do ano mortas .....   | 37 |
| Figura 12 - | Estacas de rebrota de copa vivas e com emissão de brotações .....   | 37 |
| Figura 13 - | Estacas de rebrota de copa enraizadas .....   | 37 |
| Figura 14 - | Estacas laterais enraizadas em todos os tratamentos .....   | 37 |
| Figura 15 - | Secção transversal de estaca caulinar do "corno" mostrando o xilema secundário .....                              | 43 |

|   |    |
|---|----|
| Figura 16 - Detalhe da secção transversal de estaca caulinar do "corno" mostrando células com compostos fenólicos .....                           | 43 |
| Figura 17 - Detalhe da secção transversal de estaca caulinar de brotação do ano mostrando a calota de fibras pericíclicas .....                   | 43 |
| Figura 18 - Secção transversal de estaca caulinar de brotação do ano evidenciando células floemáticas contendo compostos fenólicos .....          | 43 |
| Figura 19 - Secção transversal de estaca caulinar de rebrota de copa com floema contendo compostos fenólicos .....                                | 44 |
| Figura 20 - Secção transversal de estaca caulinar de rebrota de copa com floema contendo compostos fenólicos .....                                | 44 |
| Figura 21 - Secção transversal de estaca caulinar de brotação de "corno" mostrando a epiderme, córtex e tecido de condução .....                  | 44 |
| Figura 22 - Detalhe da secção transversal de estaca caulinar de brotação de "corno" evidenciando as fibras pericíclicas .....                     | 44 |
| Figura 23 - Secção transversal de estaca caulinar apical em início de estágio secundário de desenvolvimento .....                                 | 45 |
| Figura 24 - Detalhe da secção transversal de estaca caulinar apical mostrando fibras pericíclicas .....   | 45 |
| Figura 25 - Secção transversal de estaca caulinar lateral mostrando a epiderme, córtex e tecido de condução .....                                 | 45 |
| Figura 26 - Detalhe da secção transversal de estaca caulinar lateral mostrando fibras pericíclicas .....  | 45 |
| Figura 27 - Secção transversal de estaca caulinar de brotação do ano evidenciando compostos fenólicos através de testes com cloreto férrico ..... | 46 |
| Figura 28 - Secção transversal de estaca caulinar apical mostrando teste negativo para compostos fenólicos .....                                  | 46 |
| Figura 29 - Secção transversal de estaca caulinar de brotação do ano com teste negativo para amido .....  | 46 |
| Figura 30 - Secção transversal de estaca caulinar apical evidenciando amido através de testes com lugol .....                                     | 46 |

## RESUMO

*Erythrina crista-galli* L. pertencente à família Fabaceae é popularmente conhecida por corticeira, corticeira-do-banhado, crista-de-galo, flor-de-coral e mulungu, sendo considerada ornamental, fornecedora de alcalóides, tanino e madeira dentre outros subprodutos. Este trabalho teve por objetivo estudar a propagação vegetativa via estaquia e morfologia de cinco tipos de estacas caulinares de *Erythrina crista-galli*. Foram utilizadas estacas de brotação do ano, de rebrota de copa, de brotação dos "cornos", apicais e laterais de plântulas provenientes de sementes. As estacas foram preparadas com corte em bisel na base sendo imersas numa solução de hipoclorito de sódio (0,5%), por 15 minutos e lavadas em água corrente. Em seguida foi aplicado (Benlate®) Benomyl a  $0,5 \text{ gL}^{-1}$  por 15 minutos na base das estacas. As estacas foram submetidas a imersão em 0, 1500, 3000 e  $6000 \text{ mgL}^{-1}$  IBA por 10 segundos, plantadas em tubetes com vermiculita e acondicionadas em casa-de-vegetação com sistema de nebulização intermitente. As avaliações foram realizadas após 60 dias da instalação dos experimentos, sendo observadas as seguintes variáveis: porcentagem de estacas enraizadas; número de raízes por estaca; comprimento das 3 maiores raízes por estaca; porcentagem de estacas com calos; porcentagem de estacas vivas e porcentagem de estacas mortas. Foram feitas análises morfológicas da porção basal das estacas através de técnicas de fixação, desidratação em série etílica, emblocamento, coloração e montagem de lâminas permanentes. Foram realizados testes histoquímicos para amido e compostos fenólicos. As estacas de brotação do ano, de rebrota de copa e de "cornos" foram as que apresentaram as mais baixas porcentagens de enraizamento; estacas apicais e laterais apresentaram os melhores resultados de enraizamento com 95 e 83,3% para  $3000 \text{ mg.L}^{-1}$  IBA respectivamente. Estacas de brotação do ano, de rebrota de copa e de "cornos" apresentaram grande quantidade de fibras e compostos fenólicos em relação às estacas apicais e laterais. Estas, entretanto, apresentaram grande quantidade de amido. Desta forma foi possível concluir que o tipo de estaca a ser utilizada é fator determinante para o sucesso do enraizamento desta espécie.

Palavras-chave: *Erythrina-crista-galli*, estaquia, IBA, compostos fenólicos, morfologia.

# VEGETATIVE PROPAGATION OF *Erythrina crista-galli* L.: ROOTING AND MORFOLOGICAL RELATIONSHIPS

## ABSTRACT

*Erythrina crista-galli* L. relating Fabaceae family is usually known for corticeira, corticeira-do-banhado, crista-de-galo, flor-de-coral and mulungu. This plants is ornamental, provide alkaloids, tannin and wood among others sub-products. The object this work was study the vegetative propagation for cutting and morphological studies of five types stem cuttings of *E. crista-galli*. Year shoots cuttings, top sprout cutting, "horn" cuttings, apical cuttings and lateral cuttings were employed. Then stem cuttings were prepared with bissell cut in the base stem being their bases immersed in sadie hypoclorit solution (0,5%) for 15 minutes and washed in water-spout. Subsequent, it was applied 0,5 gL<sup>-1</sup> (Benlate ®) Benomyl for 15 minutes in stem cuttings base. Five types cuttings were immersed in 0, 1500, 3000 and 6000 mgL<sup>-1</sup> IBA solution for 10 seconds. Subsequent, cuttings were planted in plastic containers using vermiculite as growing media and kept in greenhouse with intermittent mist. After 60 days the following variables were observed: rooted stem cutting percentage; number of roots per stem cutting; length of the three bigger roots per stem cutting; callus stem cutting percentage; alive stem cutting and dead stem cutting percentage. Morphological studies were made in basal portion stem cuttings through fixation technics, dehydration in ethylic series, putting blocks, staining and mounting permanent slides. Histochemical traits were made to test starch and phenolic compounds. Year shoots cuttings, top sprout cutting, "horn" cuttings had lesser roots percentage; Apical and lateral cuttings had better rooted results with 95 and 83,3% for 3000 mgL<sup>-1</sup> IBA respective. Year shoots cuttings, top sprout cutting and "horn" cuttings had higher amount strands and phenolic compounds by comparison apical and lateral cuttings. However this cuttings had higher amount starch. So was possible conclude that tipy cutting employed is determinant factor to roots percentage success.

Key words: *Erythrina crista-galli*, cutting, IBA, phenolic compounds, morphology.

## 1 INTRODUÇÃO

*Erythrina crista-galli* L, popularmente conhecida como corticeira-do-banhado, é uma espécie nativa do Brasil, Bolívia, Uruguai e Argentina. No Brasil pode ser encontrada desde o Maranhão até o Rio Grande do Sul. É considerada flor nacional na Argentina e também no Uruguai (MAUNDER, 1991; LORENZI, 1998).

É uma espécie pioneira característica de terrenos brejosos e muito úmidos e sua dispersão é maior nas formações secundárias como capoeiras, sendo raramente encontrada no interior de mata primária densa. O maior interesse por esta espécie baseia-se em seu potencial ornamental e na recuperação de ecossistemas de solos alagadiços (MAUNDER, 1991; LONGHI, 1995; LORENZI, 1998).

As flores são muito visitadas por beija-flores, abelhas e besouros, entretanto, somente 6% desenvolvem sementes em populações bem conservadas (GALLETO et al., 2000). As sementes são fortemente atacadas por insetos, diminuindo seu potencial de regeneração natural (LORENZI, 1998).

Em muitas espécies de *Erythrina*, a propagação vegetativa é normalmente tomada de estacas cujo comprimento é acima de 1,5 m. O sucesso de enraizamento depende das plantas utilizadas, posição dos ramos tanto quanto a idade, tamanho e vigor das estacas. O sucesso de enraizamento também é variável de acordo com a espécie utilizada na estaquia (VIQUEZ; CAMACHO, 1993).

Em nosso país não há prescrições para realizar o processo de estaquia da *Erythrina* de forma corriqueira nem mesmo descrições prévias de procedimentos experimentais (CARPANEZZI et al., 2001).

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi estudar a propagação vegetativa via estaquia de cinco tipos de estacas caulinares de *Erythrina crista-galli* pela aplicação de ácido indol butírico, correlacionando o sucesso ou fracasso da técnica com estudos morfológicos das bases das estacas.



## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 O gênero *Erythrina*

*Erythrina* é um gênero amplo, com cerca de 115 espécies compreendendo uma grande classe de variações morfológicas e diversidade ecológica. Cerca de 70 espécies descritas e várias outras ainda não descritas são encontradas nos neotrópicos (NEILL, 1993). No Brasil, ocorre desde o Maranhão até o Rio Grande do Sul (LORENZI, 1998). A maioria das espécies são arbóreas e arbustivas, poucas são herbáceas perenes (NEILL, 1993).

O gênero *Erythrina* é utilizado para diversas finalidades. Sua associação com o cultivo de alimentos tradicionais é bastante freqüente (RUSSO; MORA, 1989). *Erythrina poeppigiana* é um exemplo de espécie associada ao cultivo de café como árvore fixadora de nitrogênio, sendo também usada em associação com pastagens como, por exemplo, capim tropical (SANCHEZ; ALAVEZ, 1989; NIGREN; KASS, 1999). *Erythrina ssp* junto ao capim-elefante são utilizadas para melhorar a taxa de forragem (SANCHEZ et al., 1989). *Erythrina costaricensis* e *Erythrina poeppigiana* proporcionam ótimo desempenho como árvores fornecedoras de sombra em consórcio com o cultivo de cacau e também em plantações de café (OSCAR, 1960).

Nas Filipinas, *Erythrina orientalis* é utilizada como fitoterápico (ROBELLOS, 1976). No Nepal, algumas pesquisas recomendam o uso de *Erythrina stricta* e *Erythrina arborencens* na produção de forragem (NAPIER, 1988).

As Eritrinas brasileiras são essencialmente ornamentais e úteis para o paisagismo. *Erythrina falcata* é empregada nos plantios mistos em florestas

ciliares e *Erythrina mulungu* é utilizada para reflorestamentos mistos e para a recomposição da vegetação em áreas degradadas (LORENZI, 1998).

Para a maioria das espécies de *Erythrina* a propagação vegetativa ocorre comumente com estacas de mais de 1,5 m de comprimento. A estaquia é geralmente feita no final da estação seca ou no início da estação chuvosa. Depois da coleta são imediatamente plantadas ou estocadas a frio em local sombreado por duas semanas. A propagação vegetativa de *E. fusca*, *E. berteroana* e *E. costaricensis* tem tido alto sucesso quando estacas são tomadas de ramos de um a dois anos de idade (VIQUEZ; CAMACHO, 1993). Para *E. crista-galli* bons resultados foram obtidos quando estacas foram provenientes de brotações jovens de touça ou da parte aérea de plantas jovens (CARPANEZZI et al., 2001).

## 2.2 *Erythrina crista-galli*

*Erythrina crista-galli* é uma espécie pertencente à divisão Magnoliophyta, subclasse Rosidae, ordem Fabales e família Fabaceae, conforme CRONQUIST (1981). É mais freqüentemente encontrada nas baixadas, em locais alagadiços, margens de riachos, faixa de restinga ocorrendo também em terrenos úmidos em formações secundárias nos Estados do Paraná e Santa Catarina. Sua madeira é leve, porosa, mole, com densidade de  $340 \text{ Kg m}^{-3}$ . Pode ser empregada para caixaria leve e formação de cercas vivas (LORENZI, 1998; BACKES; IRGANG, 2002).

Essa espécie floresce predominantemente durante os meses de setembro-dezembro e a maturação dos frutos verifica-se em janeiro-fevereiro (LORENZI, 1998).

O maior florescimento ocorre em novembro com dois ou mais episódios de baixa amplitude em janeiro e março, porém este segundo florescimento pode ser variável entre os indivíduos. As flores vermelhas pouco odoríferas, abrem-se diurnamente, no mínimo por três a quatro dias e nascem em racemos. Os racemos axiais são geralmente eretos, mas podem ser pedunculados ou de posição intermediária, principalmente os mais baixos (GALLETO et al., 2000).

As vagens são marrons, arqueadas, coriáceas a sublignificadas, cuja deiscência ocorre por duas margens apresentando de uma a nove sementes. As sementes são marrons com manchas pretas, secas e duras (GALLETO et al., 2000).

Apesar da *Erythrina crista-galli* produzir anualmente boa quantidade de sementes estas são atacadas por insetos, diminuindo seu potencial de regeneração natural (LORENZI, 1998).

Somente 6% das flores desenvolvem sementes em populações naturais bem conservadas sendo que a autogamia pela fragmentação da floresta original prejudica a produção de sementes (NEILL, 1993; GALLETO et al., 2000).

### 2.3 Propagação vegetativa

A propagação sexuada de espécies vegetais é um processo que pode envolver a superação de dormência das sementes. (Barton<sup>1</sup>, 1965 citado por ANDERSON; WIDMER, 1975; EIRA; CALDAS, 2000).

Uma técnica alternativa para espécies vegetais cujas sementes são dormentes ou que produzem poucas sementes ou ainda quando, muitas das

---

<sup>1</sup> (BARTON, L. V. Seed dormancy: survey of types and survey of agents promoting dormancy. *Enciclopedia of Plant Physiology* (W. Ruhland. ed. ) n. 15 v. 2, p. 669-720, 1965).

sementes são estéreis é a propagação vegetativa por estaquia.

No processo de estaquia podem ser utilizadas auxinas sozinhas ou associadas com outras substâncias indutoras para o aumento da porcentagem de enraizamento (MACDONALD, 1996).

Muitas espécies florestais arbóreas são propagadas por estacas caulinares quando não se reproduzem bem por outros processos ou quando se considera importante que as novas plantas venham a ser semelhantes ao progenitor em aspectos de uniformidade de crescimento e características morfológicas assim como, possibilitar a rápida produção e baixo custo de um maior número de mudas em um menor espaço de tempo (BORGES Jr; MARTINS-CORDER, 2002; TOFANELLI et al., 2002).

## 2.4 Fitorreguladores

Auxinas são substâncias químicas reguladoras do crescimento e são sintetizadas nos primórdios foliares e folhas jovens, também encontradas em flores, frutos e sementes. Produzem efeito na dominância apical, proporcionam a diferenciação dos tecidos vasculares, promovem a atividade cambial, induzem a formação de raízes adventícias em estacas, estimulam a síntese do etileno e inibem a abscisão das folhas e frutos (SALISBURY; ROSS, 1992; RAVEN et al., 1996; TAIZ; ZEIGER, 1998). Porém, a aplicação exógena de altas concentrações de auxinas sobre estacas que estão em processo de enraizamento pode inibir o crescimento assim como, concentrações de auxinas abaixo de um nível crítico não são eficazes no enraizamento (HARTMANN et al., 2001). Conforme RAVEN et al. (1996), as auxinas sintéticas diferenciam-se do ácido indol acético (IAA) por não serem facilmente quebradas pelas enzimas naturais das plantas e

microrganismos sendo, portanto, mais convenientes para a utilização comercial. Os análogos sintéticos possuem maior efeito porque não são destruídos pelo sistema enzimático IAA-oxidase/peroxidase persistindo por mais tempo. (SALISBURY; ROSS, 1992).

As auxinas quando misturadas com nutrientes minerais ou fungicidas melhoram o desempenho no enraizamento (KRAMER; KOZLOWISKI, 1979). As estacas caulinares jovens de árvores e arbustos, quando tratadas com ácido indol butírico (IBA), respondem melhor ao enraizamento (SALISBURY; ROSS, 1992).

A ação combinada de auxinas e fatores advindos das folhas são essenciais para a formação de estacas (OVERBEEK et al., 1946; WACHOWICZ; CARVALHO, 2002). Em *Hibiscus rosa-senensis* as folhas podem exercer sua influência tanto no escuro quanto na luz. Porém, os fatores de formação de raízes pelas folhas podem ser inteiramente substituídos por substâncias contendo sacarose e nitrogênio. Análises químicas quantitativas mostram que estas substâncias são transportadas às bases das estacas pelas folhas (OVERBEEK et al., 1946).

Auxinas aplicadas em imersão rápida nas concentrações de 500 a 1250 mgL<sup>-1</sup> são, em geral, utilizadas para o enraizamento de estacas herbáceas; entre 1000 a 1300 mgL<sup>-1</sup>, no máximo 5000 mg. L<sup>-1</sup> para estacas semilenhosas e também entre 1000 a 1300 mgL<sup>-1</sup>, não ultrapassando os 10000 mgL<sup>-1</sup> para estacas lenhosas (HARTMANN et al., 2001).

A adição de ácido indol acético (IAA), ácido indol butírico (IBA), ácido naftaleno acético (NAA) e ácido 2,4 - diclorofenoxiacético (2,4-D) além de outros compostos que não são de natureza auxínica têm sido empregados na promoção da iniciação de raízes em estacas (BASU et al., 1969).

Alguns experimentos com o fenol indol-3-acetato (P-IBA) demonstraram um maior aumento do enraizamento em estacas de hipocótilo de feijão (*Phaseolus vulgaris* variedade Top Crop) e estacas de plântulas de *Pinus banksiana* Lamb (HAISSIG, 1979; HAISSIG, 1983).

A associação de ácido bórico e outros co-fatores de enraizamento com auxinas também é utilizada para o aumento do enraizamento. Trabalhos com estacas de café cv. Novo Mundo submetidas a tratamentos com IBA ou NAA com ou sem boro, proporcionaram melhores taxas de enraizamento (52% no verão e 54% no inverno) em tratamentos com  $100 \text{ mgL}^{-1}$  de NAA juntamente com  $150 \text{ } \mu\text{g mL}^{-1}$  de ácido bórico (ONO et al., 1993).

Estudos sobre o efeito das auxinas em formulações comerciais e cumarina em estacas caulinares de *Platanus acerifolia* em diferentes épocas do ano demonstraram que a melhor época de confecção das estacas ocorreu na primavera. As melhores porcentagens de enraizamento (9,67 e 12,33% ) foram obtidas em tratamentos com NAFASAKU® (produto comercial em pó contendo NAA a 0,5%) e, Q-MUDA® (produto comercial em pó contendo IBA a 0,5%), respectivamente (ONO et al., 1994).

Experimentos realizados por FERREIRA et al. (2001) com *Sapium glandulatum* (pau-de-leite) através de estacas tratadas com diferentes concentrações de IBA em solução e talco e sua associação com ácido bórico demonstraram que IBA ( $4000 \text{ mgL}^{-1}$ ) em solução foi o tratamento que apresentou melhor resposta de enraizamento na estação do verão (28%). Segundo os autores, a associação de ácido bórico com ácido indol butírico nas concentrações de  $150 \text{ mgL}^{-1}$  Boro +  $2000 \text{ mgL}^{-1}$  IBA e  $150 \text{ mgL}^{-1}$  Boro +  $4000 \text{ mg. L}^{-1}$  IBA não proporcionaram efeito sinérgico.

Trabalhos de indução de enraizamento com *Sesbania sesban* e *Sesbania grandiflora* com aplicação de IBA e NAA demonstraram que a associação destes fitorreguladores com o ácido bórico não foi efetiva no processo de enraizamento quando comparados com os tratamentos individuais (VANDANA; BHATT, 2001).

BASU et al. (1969) estudando o efeito de alguns compostos fenólicos sobre o enraizamento de estacas com folhas de *Eranthemum tricolor* observou que o ácido salicílico promoveu o enraizamento quando associado com IAA e NAA, porém não houve sinergismo com IBA; o ácido gálico foi efetivo no enraizamento somente quando associado com NAA e o ácido tânico promoveu sinergismo com NAA em todas as concentrações e com IBA somente em concentrações de 1 mgL<sup>-1</sup>. Segundo os autores, os resultados indicaram que a concentração determina marcadamente o efeito sinérgico dos fenólicos.

É aceito que enquanto auxinas estimulam o enraizamento, citocininas e giberelinas o inibem (DAVIES; et al., 1982; WIESMAN; LAVEE, 1995; HARTMANN et al., 2001). Em trabalhos com estacas de oliveira nos cultivares "Barnea", "Manzanillo" e "Souri" foram testadas duas substâncias químicas: paclobutrazol (PB) e uréia-fosfato (UP) isoladas ou associadas. Sendo o PB um inibidor da síntese de giberilina e UP um fertilizante que incrementa as atividades hormonais foi evidenciado que tratamentos combinados de IBA + UP + PB otimizaram o enraizamento quando comparados à IBA sozinho nos três cultivares de oliveira (WIESMAN; LAVEE, 1995).

## 2.5 Fatores que influenciam no enraizamento das estacas

O sucesso de enraizamento depende da época de coleta da estaca, idade da planta mãe, posição dos ramos, tratamento com os fitorreguladores,

quantidade de substâncias de reserva e, até certo ponto, sobre a condição de umidade, temperatura e tipo de substrato no enraizamento (VANDANA; BHATT, 2001). O enraizamento de estacas também é influenciado pela qualidade de irradiância, intensidade e duração da luz (ANDERSON, 1986; LEAKEY; STORETON-WEST, 1992).

Segundo LAND et al. (1994) rejuvenescimento, estado fisiológico da planta matriz, diferenças na habilidade de enraizamento, tamanho da estaca, características e posição dos nós na planta matriz e métodos de plantio são fatores que afetam a regeneração de estacas de árvores de folhas largas.

O efeito das estações do ano no enraizamento das estacas pode estar relacionado com os níveis endógenos de auxinas e a atividade cambial, embora a aplicação exógena de auxinas possa não modificar esta relação de forma que seu efeito varie conforme a estação do ano sendo estimuladora numa ou inibidora em outra (ROBERTS; FUCHIGAMI, 1973).

Estudos para investigar a capacidade de enraizamento de *Dorycnium hirsutum* e *Dorycnium pentaphyllum* em termos de origem das estacas (apical x medial), temperatura da casa-de-vegetação (2 a 10°C; 15 a 20°C) e presença ou ausência de IBA demonstraram que o enraizamento de estacas apicais foi mais efetivo (45,4 %) em relação às estacas da porção mediana (16,7 %). Temperaturas abaixo de 18 e 25°C foram mais efetivas. Tratamentos com IBA independente da concentração (50 e 200 mgL<sup>-1</sup>) estimularam o enraizamento, incrementando, a sobrevivência das estacas, número de raízes, comprimento de raízes por estacas e comprimento da base de enraizamento, mesmo que de forma diferenciada entre as duas espécies (ALEGRE et al., 1998).



Em *Prosopis cineraria* foi demonstrado melhor enraizamento em estacas tomadas a partir de plântulas de 6 meses de idade (60%) quando comparadas com estacas confeccionadas de plantas de 8 anos de idade (35%) (ARYA et al. 1994).

Em algumas angiospermas lenhosas foi observado que o estiolamento atrasa a lignificação induzindo decréscimo na espessura da periderme aumentando, dessa forma, o potencial de enraizamento (MAYNARD e BASSUK, 1988). Em plantas matrizes de *Pisum sativum* um maior número de raízes por estaca foi obtido em irradiâncias mais baixas, uma vez que altas intensidades de luz podem afetar a quantidade de inibidores das plantas, provocando um decréscimo no transporte de auxinas endógenas e, conseqüentemente, mudanças na concentração de carboidratos na promoção do enraizamento (HANSEN; ERIKSEN, 1974). Estacas confeccionadas a partir de caules estiolados usualmente formam mais raízes do que a partir de caules verdes (HERMANN; HESS, 1963; HANSEN; ERIKSEN, 1974). Isto ocorre pelo fato do estiolamento causar mudanças anatômicas e fisiológicas nestes (MAYNARD; BASSUK, 1996).

O sucesso de enraizamento de *Coleonema aspatalhoides* foi obtido em estacas herbáceas tratadas por 4 horas com 250 mgL<sup>-1</sup> IBA. O sombreamento destas estacas aumentou a sua habilidade de enraizamento (HELLER et al., 1994).

## 2.6 Tipos de estacas

As estacas caulinares podem ser divididas de acordo com a natureza do caule a ser usado: lenhoso, semilenhoso e macio ou herbáceo. As estacas do tipo

lenhoso são aquelas provenientes de ramos maduros e lignificados, coletadas após a abscisão foliar (na estação dormente). Estacas semilenhosas são aquelas confeccionadas a partir de caules parcialmente lignificados, encontradas em ramos juvenis, com folhas, provenientes de plantas decíduas, coletadas entre o verão e início de outono ou então, no final da primavera. Estacas herbáceas são aquelas confeccionadas a partir de ramos tenros, suculentos e macios de espécies sempre verdes (HARTMANN et al., 2001).

A estaca foliar tem maior expressão de uso na floricultura, sendo que em espécies florestais o enraizamento de estaca foliar é normalmente difícil, limitando sua aplicação na produção de mudas. A estaca caulinar é o tipo mais comumente usado para o enraizamento na silvicultura clonal sendo a estaca radicular pouco utilizada, limitando-se à apenas algumas espécies como pessegueiro, cerejeira e caquizeiro (XAVIER, 2002).

A maioria das espécies ornamentais arbustivas é propagada por meio de estacas herbáceas com folhas e em ambientes tradicionais de propagação onde há ampla nebulização. Os viveiristas freqüentemente restringem o diâmetro das estacas (menos de 50 mm) e reduzem o número de folhas sobre as estacas numa tentativa de evitar o estresse hídrico (CAMERON et al., 2001). Freqüentemente, o meristema apical é removido em algumas espécies para prevenir o murchamento e subsequente apodrecimento do ápice (HARTMANN et al., 2001).

Em *Cotinus coggygria* utilizou-se a técnica de excisão do ápice para a indução de gemas axilares e subsequente desenvolvimento dos ramos. Desta forma, a confecção de estacas com ramos acelerou o desenvolvimento de brotos e raízes resultando em uma planta produzida mais rapidamente em relação às

estacas sem ramos, aumentando a eficiência da produção da espécie (CAMERON et al., 2001).

## 2.7 Rejuvenescimento

Uma técnica muito utilizada para melhorar o enraizamento é a confecção de estacas a partir de brotações de árvores adultas previamente podadas. Em razão disto foram empregadas técnicas de poda para rejuvenescer velhos e improdutivos pomares de manga (*Mangifera indica*) cv. Dasherari (LAL et al., 2000). Os efeitos favoráveis de diferentes intensidades de poda em manga com relação à interceptação de luz, conteúdo de clorofila em folhas de árvores podadas e sua relação com produção foram relatados por RAO e SHANMUGAVELU (1976) e SCHAFFER e GAUYE (1989).

Em estacas caulinares de *Pseudotsuga menziesii* o potencial para rejuvenescimento de clones maduros foi examinado pela determinação da resposta desses à repetidas podas de plantas matrizes, sucessivas propagações por enxertos, estaquia e também estocagem a frio das estacas. Dependendo do genótipo, estacas de árvores de 9 anos de idade podem ter 100% de enraizamento, mas declinam rapidamente depois desta idade para menos de 5% entre os 14 e 24 anos de idade. A capacidade de enraizamento das estacas em árvores maduras e clones de *Pseudotsuga menziesii* por meio do rejuvenescimento devido à poda e sucessivas propagações foi aumentada com exceção daquelas tratadas com baixas temperaturas (BLACK, 1973).

O rejuvenescimento em três variedades de café (*Coffea canephora* variedades Robusta, Canela e Arabusta) por meio de técnicas de embriogênese somática foi usado como fonte de produção de estacas rejuvenescidas. Houve um

significativo aumento da porcentagem de enraizamento, número de raízes por estaca, comprimento de raízes, número de raízes laterais por raiz principal e diminuição do período de enraizamento em relação às estacas não rejuvenescidas (VOS; SNIDJER, 2000).

## 2.8 Morfologia

Muitas vezes a baixa porcentagem de enraizamento em estacas de certas espécies induzidas por auxinas pode ser justificada devido à pouca atividade cambial influenciada pela particularidade anatômica do caule. Ambas as espécies *Griselinia litoralis* e *Griselinia lucida* são plantas lenhosas e a pouca capacidade de formação de raízes por meio das estacas de plantas adultas se deve a um aumento dos tecidos lignificados em ramos velhos (WHITE; LOVELL, 1984).

Foi sugerido que um anel contínuo de tecidos esclerenquimáticos pode ser uma barreira mecânica para a emergência de raízes (BEAKBANE, 1969; EDWARDS; THOMAS, 1980). Também ONO e RODRIGUES (1996) sugerem que o alto grau de esclerificação e uma camada de fibras envolvendo o floema primário podem interferir na emergência do primórdio radicial.

A baixa porcentagem de enraizamento de estacas juvenis ou adultas de *Ficus pumila* teve uma base fisiológica e não uma base anatômica a despeito do aumento em esclereídes, fibras perivasculares e laticíferos (DAVIES et al., 1982). Em *Dianthus caryophyllus* e *Coffea robusta* os primórdios radiciais cresceram dentro das bandas de fibras e emergiram através da base das estacas (REAÑO, 1940; STANGLER, 1956).

Em *Griselinia lucida* a banda de fibras interferiu formando uma barreira mecânica durante o desenvolvimento do primórdio e a emergência de raízes.

Porém, a pressão não impediu a ocorrência dos primeiros estágios; uma vez que ocorre a atividade cambial, as divisões celulares proliferam e células irrompem as bandas de fibras fazendo com que o primórdio da raiz force caminho através das fibras (WHITE; LOVELL, 1983).

A facilidade de enraizamento entre variedades de oliveira parece estar associada à facilidade de formação de raízes iniciais e não à influência da restrição mecânica pelo esclerênquima. Uma vez que variedades de fácil enraizamento possuem um caule com a mesma densidade de fibras das variedades de difícil enraizamento, outros fatores tais como presença de reguladores vegetais, época de confecção das estacas, estocagem a frio devem ser estudados pois podem estar relacionados com a atividade na região do câmbio e floema onde surgem os primórdios de raiz (DAVIES et al., 1982).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi conduzido durante os anos de 2002 e 2003 em casa-de-vegetação da Embrapa Florestas, localizada no município de Colombo-PR e no Laboratório de Botânica Estrutural do Departamento de Botânica, Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, localizado em Curitiba - PR.

As estacas de *Erythrina crista-galli* foram coletadas de plantas matrizes localizadas no município de Colombo-PR, latitude 25° 20' S, longitude 49° 14' W e altitude de 941 m (STURION; RESENDE, 1999) (Figura 1).

O clima local é do tipo Cfb, temperado úmido, sem estação seca (1410 mm de chuva por ano), com temperatura média anual de 16,5°C e inverno rigoroso (CARPANEZZI et al., 2001).

#### 3.1 Caracterização dos tipos de estacas

Foram utilizados cinco tipos de estacas caulinares:

- 1) Ramos terminais, oriundos de brotação do ano de árvores adultas (**estacas de brotação do ano**) (Figura 2).
- 2) Ramos terminais, oriundos de rebrota de copa de árvores adultas podadas previamente (**estacas de rebrota de copa**) (Figura 3).
- 3) Brotações terminais formadas a partir das estacas de "cornos" \* (**estacas de brotação de "cornos"**) (Figuras 3 e 7).

\* "Cornos" segundo CARPANEZZI et al. (2001) são ramos principais de brotações jovens de ano, não suberificados e de cor verde-clara, apresentando grande conicidade, semelhantes aos chifres longos de certas raças bovinas (Figura 3).

4) Porção apical de mudas de aproximadamente 4 meses provenientes de sementes (**estacas apicais**) (Figura 4).

5) Ramos laterais de mudas de aproximadamente 5 meses provenientes de sementes (**estacas laterais**).

### 3.2 Instalação dos experimentos e confecção das estacas

#### 3.2.1 Estacas de brotação do ano

Experimentos com estacas de ramos terminais oriundos de brotação do ano foram instalados em março/2002, novembro/2002 e março/2003 sendo estes meses escolhidos por serem aqueles correspondentes ao florescimento de *E. crista-galli*. A coleta foi realizada no período da manhã em vários locais de Colombo-PR. Os ramos podados foram acondicionados em caixotes plásticos umedecidos, e transportados para casa-de-vegetação da Embrapa Florestas.

As estacas foram confeccionadas com corte em bisel na base abaixo da última gema apical e corte reto acima da última gema apical, tendo comprimento de aproximadamente 17 cm e diâmetro médio de 1,0 cm, sem folhas, devido o grande comprimento do pecíolo (Figura 8).

#### 3.2.2 Estacas de rebrota de copa

Experimentos com estacas proveniente de ramos terminais oriundos de rebrota de copa foram instalados em março/2002, maio/2002, novembro/2002 e março/2003. A coleta foi realizada no pomar clonal da Embrapa Florestas. Os ramos podados foram acondicionados em caixotes plásticos a fim de serem transportados para a casa-de-vegetação.

As estacas foram confeccionadas com corte em bisel na base e corte reto acima da última gema apical, tendo comprimento de aproximadamente 17 cm e diâmetro médio de 1,0 cm, sem folhas devido o comprimento do pecíolo.

### 3.2.3 Estacas de brotação de "cornos"

Experimentos com brotações terminais formadas a partir de estacas de "cornos" foram instalados em junho/2002 e em outubro/2002. Os "cornos" foram plantados em caixas de PVC com vermiculita de granulação média sem a aplicação de fitorregulador e acondicionados previamente em casa-de-vegetação por cerca de 60 dias para a emissão de brotações (Figuras 5 a 7). As brotações foram coletadas para a confecção de estacas com corte reto no ápice e em bisel na base tendo comprimento aproximado de 15 cm e diâmetro médio de 0,7 cm deixando-se duas folhas reduzidas à metade para diminuir a transpiração das estacas.

### 3.2.4 Estacas apicais

As estacas provenientes da porção apical de mudas de 4 meses de idade mantidas em viveiro da Embrapa Florestas (Figura 4) foram instaladas em outubro/2002. As estacas foram confeccionadas da mesma forma que as demais, porém com comprimento aproximado de 12 cm e diâmetro médio de 0,6 cm deixando-se duas folhas reduzidas pela metade.



### 3.2.5 Estacas laterais

As estacas provenientes dos ramos laterais de mudas de 5 meses de idade mantidas em viveiro da Embrapa Florestas foram instaladas em novembro/2002. Foram retirados três ramos de cada muda para a confecção das estacas.

As estacas também foram confeccionadas da mesma forma que as demais com comprimento aproximado de 12 cm e diâmetro médio de 0,6 cm deixando-se duas folhas reduzidas pela metade.

### 3.3 Desinfestação e tratamento com fitorregulador

Todos os tipos de estacas foram imersos numa solução de hipoclorito de sódio (0,5 %), por 15 minutos sendo posteriormente lavadas em água corrente. Em seguida, foi aplicado (Benlate<sup>®</sup>) Benomyl 0,5 g.L<sup>-1</sup> por 15 minutos na base das estacas como tratamento fitossanitário (Figura 8).

As bases das estacas de cada tipo foram tratadas por meio de imersão em diferentes concentrações de ácido indol butírico (IBA) por um período de 10 segundos conforme os seguintes tratamentos (T): T1: 0 mgL<sup>-1</sup> IBA, T2: 1500 mgL<sup>-1</sup> IBA, T3: 3000 mgL<sup>-1</sup> IBA, T4: 6000 mgL<sup>-1</sup> IBA (Figura 8).

Em seguida as estacas foram plantadas em tubetes com vermiculita de granulometria média (Figuras 9 e 10) e acondicionadas em casa-de-vegetação com sistema de nebulização intermitente de 5 segundos a cada 10 minutos. A temperatura mínima da casa-de-vegetação foi em média 18 °C e a máxima 29 °C.

Foi aplicada na porção apical das estacas, uma pasta de lanolina com (Benlate<sup>®</sup>) Benomyl a 0,3%, a fim de obstruir a fistula formada, impedindo a

entrada de patógenos. Quinzenalmente foram realizadas adubações foliares com adubo líquido da marca Boutin (N total: 16%, P solúvel em CNA + água = 4%, K solúvel em água = 4%, S = 0,1%, B = 0,02%, Cu = 0,05%, Zn = 0,05%, Mn = 0,02%, Mg = 0,01%, Mo = 0,0005%).

### 3.4 Variáveis analisadas

As avaliações foram realizadas após 60 dias da instalação dos experimentos, sendo observadas as seguintes variáveis:

- porcentagem de estacas enraizadas (estacas que emitiram raízes com comprimento mínimo de 0,1 cm);

- número de raízes por estaca (média do número de raízes por estaca enraizada em cada repetição);

- comprimento das três maiores raízes por estaca (média do comprimento das três maiores raízes por estaca enraizada em cada repetição);

- porcentagem de estacas com calos (estacas vivas que não enraizaram, mas que apresentaram calos);

- porcentagem de estacas vivas (estacas que não emitiram raízes ou calos, mas que permaneceram vivas);

- porcentagem de estacas mortas.

### 3.5 Delineamento experimental e análise estatística

Os dados foram analisados segundo um delineamento inteiramente casualizado, com quatro doses de IBA para cada tipo de estaca. Para os experimentos com estacas de brotações do ano e estacas de rebrota de copa foram feitas 4 repetições com 30 estacas por repetição, totalizando 480 estacas.

Para os experimentos com estacas de brotações dos “cornos” foram feitas 3 repetições com 12 estacas por repetição, totalizando 144 estacas (o número de estacas foi menor em relação aos demais tipos devido à pequena quantidade de brotações dos “cornos”).

Para os experimentos com estacas apicais e estacas laterais foram feitas 4 repetições com 15 estacas por repetição, totalizando 240 estacas (o número de estacas também diminuiu devido a quantidade de material disponível).

As variâncias dos tratamentos foram testadas quanto a sua homogeneidade pelo teste de Bartlett. Os resultados da análise de variância que revelaram diferenças significativas entre as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

### 3.6 Estudo morfológico

A análise morfológica foi realizada tomando-se por amostra segmentos caulinares provenientes das bases dos cinco tipos de estacas. Foram coletadas duas amostras para cada tipo de estaca, sendo essas fixadas em FAA 70 (JOHANSEN, 1940) e armazenadas em etanol 70%.

Para preparação das lâminas permanentes as amostras foram desidratadas em série etílica crescente e incluídas em historresina (metacrilatoglicol JB4 da Polysciences-USA) de acordo com a técnica de FEDER e O'BRIEN (1968). Os blocos foram seccionados em micrótomo rotativo com 7  $\mu\text{m}$  de espessura. As lâminas foram coradas com azul de toluidina 0,05% (SAKAI, 1973) em solução aquosa e montadas com resina sintética (Entelan<sup>®</sup>).

Os testes microquímicos foram feitos em lâminas montadas de forma semipermanente a partir do material incluído em resina. Após o seccionamento e

distensão dos cortes, foram feitos testes para evidenciar amido, com lugol (JOHANSEN, 1940); lipídios, paredes cutinizadas e suberificadas com Sudan IV (FOSTER, 1949) e compostos fenólicos com cloreto férrico (JOHANSEN, 1940). Após os testes as lâminas foram montadas em água para análise e registro fotográfico e em seguida desmontadas.

As ilustrações foram feitas a partir de fotografias em câmera digital, escanização das estacas e fotomicrografias em microscópio da marca Zeiss modelo Axiolab (LR 66238C) com câmera fotográfica acoplada. As escalas foram feitas nas mesmas condições ópticas.



**Figuras 1 a 4** – *Erythrina crista-galli*. **1** – Árvore adulta com floração. **2** – Poda dos ramos terminais para confecção de estacas de brotação do ano. **3** – Árvore adulta podada previamente para confecção de estacas de rebrota de copa. **4** – Muda de *Erythrina crista-galli* proveniente de sementes para confecção de estacas apicais e estacas laterais. (co) “corno”.





**Figuras 5 a 10** – Confeção das estacas. **5** – Preparo das estacas dos “cornos”. **6** – Estacas dos “cornos” em caixotes acondicionados em casa-de-vegetação. **7** - Brotações dos “cornos”. **8** – Preparo das estacas de brotação do ano e de rebrota de copa para imersão em diferentes concentrações de IBA. **9** – Plantio das estacas em tubetes. **10** – Bandejas contendo estacas de brotação do ano e de rebrota de copa.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Tipos de estacas

#### 4.1.1 Estacas de brotação do ano

Os resultados referentes às estacas de brotação do ano de *Erythrina crista-galli* são apresentados na Tabela 1. As estacas coletadas em março/2002 e março/2003 tiveram 100% de mortalidade em todos os tratamentos (Figura 11). Para as estacas coletadas em novembro/2002 observou-se 96,6% de mortalidade na ausência de IBA. Este valor diferiu estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade de T2 (1500 mgL<sup>-1</sup> IBA).

Com relação às estacas sem calos e sem raízes, as maiores porcentagens (10%) foram encontradas nas estacas coletadas em novembro/2002 quando aplicados 1500 e 3000 mgL<sup>-1</sup> IBA. Somente as estacas coletadas em novembro/2002 apresentaram 3,4% de calos com a aplicação de 1500 mgL<sup>-1</sup> IBA.

Trabalhos com estacas de brotação de *Erythrina falcata* coletadas no mês de novembro/2002 apresentaram 70% de mortalidade após 30 dias da instalação do experimento (REGO et al., 2003).

Em experimentos preliminares utilizando-se estacas semilenhosas de *Chamaelaucium uncinatum* nenhuma resposta de enraizamento foi encontrada (CURIR et al., 1993).

Uma vez que as estacas de brotações do ano de *E. crista-galli* foram provenientes de árvores adultas, o grau de maturidade pode ter reduzido as chances de enraizamento independente das diferentes concentrações de IBA aplicadas nas bases das estacas. Frequentemente tem sido observado que a

habilidade de enraizamento das estacas de muitas espécies lenhosas declina com o aumento da idade de plantas matrizes provenientes de sementes (BLACK, 1973; DAVIES et al., 1982; ARYA et al., 1994; HARTMANN et al., 2001) mesmo quando são aplicadas auxinas sozinhas ou associadas a co-fatores de enraizamento (FERREIRA et al., 2001; VANDANA; BHATT, 2001).

#### 4.1.2 Estacas de rebrota de copa

Os resultados obtidos com as estacas de rebrota de copa são apresentados nas Tabelas 2 e 3. As estacas coletadas em março/2002 não enraizaram em nenhuma das concentrações. Em contrapartida, nas estacas coletadas em março/2003 foi observado 13,4% de enraizamento para T2 (1500 mgL<sup>-1</sup> IBA) não diferindo estatisticamente de T3 (3000 mgL<sup>-1</sup> IBA). Não houve diferenças estatisticamente significativas nas estacas coletadas em maio/2002 em todos os tratamentos. Para as estacas coletadas em novembro/2002 a maior porcentagem de enraizamento foi de 8,4% na concentração de 3000 mgL<sup>-1</sup> IBA diferindo estatisticamente de T4 (6000 mgL<sup>-1</sup> IBA) (Tabela 2 e Figura 13).

Não houve diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos para o número de raízes por estacas em estacas coletadas em maio e novembro/2002 e março/2003 (Tabela 2).

Para o comprimento das três maiores raízes observou-se que o maior valor (4,9 cm) foi encontrado em 3000 mgL<sup>-1</sup> IBA. Este valor diferiu estatisticamente apenas de 1500 mgL<sup>-1</sup> IBA. Da mesma forma, as estacas coletadas em novembro/2002 e março/2003 apresentaram os maiores valores, 5,3 e 4,2 cm, respectivamente, na concentração de 3000 mgL<sup>-1</sup> IBA. Ambos os



valores diferiram estatisticamente dos apresentados em 6000 mgL<sup>-1</sup> IBA (Tabela 2).

A maior porcentagem (5,0%) de estacas com calos coletadas em maio/2002 foi observada T1 (0 mgL<sup>-1</sup>). Porém, não houve diferença estatística dos demais tratamentos (Tabela 3). Igualmente, para as estacas coletadas em novembro/2002 o maior valor (5,6%) foi encontrado em T1 (0 mgL<sup>-1</sup> IBA). Este valor diferiu estatisticamente apenas de 2,0% para T4 (6000 mgL<sup>-1</sup> IBA). Entretanto, para as estacas coletadas em março/2003 a maior porcentagem de estacas com calos (3,5%) ocorreu em T3 (3000 mgL<sup>-1</sup> IBA), não diferindo estatisticamente de T1(0 mgL<sup>-1</sup> IBA).

Com relação às estacas sem calos e sem raízes coletadas em maio/2002 observou-se, também, que o baixo percentual (36,7%) foi encontrado para a testemunha diferindo estatisticamente apenas de T2 (1500 mgL<sup>-1</sup> IBA). Em novembro/2002 o maior valor (15%) foi encontrado para T1 (0 mgL<sup>-1</sup> IBA). Porém para as estacas coletadas em março/2003 o maior valor (13,3%) ocorreu em T2 (1500 mgL<sup>-1</sup> IBA). Este valor diferiu estatisticamente daqueles apresentados em T1 (0 mgL<sup>-1</sup> IBA) e T4 (6000 mgL<sup>-1</sup> IBA )(Tabela 3 e Figura 12).

De acordo com os resultados obtidos com as estacas de rebrota de copa houve diferença de enraizamento tanto para os diferentes meses de instalação dos experimentos quanto para as diferentes concentrações de IBA. Todas as estacas coletadas no mês de março/2002 morreram enquanto que as estacas coletadas no mês de março/2003 tiveram uma baixa porcentagem de enraizamento. De acordo com MACDONALD (1996) o efeito das auxinas pode variar de ano para ano sendo que os mesmos tratamentos podem ocasionar diferentes resultados de enraizamento.

Independente da época de instalação ou das concentrações administradas, o enraizamento foi abaixo do esperado para este tipo de estaca, uma vez que tal material foi proveniente de ramos terminais de rebrota de árvores adultas previamente podadas.

Experimentos com estacas de rebrota de *Erythrina falcata* tratadas com 6000 mgL<sup>-1</sup> IBA permaneceram vivas até 30 dias da instalação, porém ao final da avaliação encontravam-se mortas (REGO et al., 2003). Outros experimentos envolvendo estaquia de ramos herbáceos de *E. speciosa* demonstraram que alta taxa de mortalidade (64%) foi encontrada na concentração de 6000 mgL<sup>-1</sup> IBA.

A porcentagem de sobrevivência de estacas de rebrota de copa de *E. crista-galli* foi maior que a porcentagem de enraizamento. Algumas destas estacas emitiram brotações (Tabela 3).

Técnicas de rejuvenescimento através de embriogênese somática aumentaram a porcentagem de enraizamento de café nas variedades Robusta, Canela e Arabusta (VOS; SNIJDER, 2000). Entretanto, o rejuvenescimento de árvores de *E. crista-galli* através de poda para emissão de ramos mais vigorosos não proporcionou alta porcentagem de enraizamento nas estacas.

Em experimentos com estacas de *Eucalyptus grandis*, o acúmulo de algumas substâncias fenólicas foi associado com a perda da habilidade de enraizamento em estacas de *Eucalyptus grandis* (PATON et al., 1970). Provavelmente grandes quantidades de compostos fenólicos e fibras pericíclicas influenciaram negativamente no enraizamento das estacas de rebrota de copa de *Erythrina crista-galli*.

#### 4.1.3 Estacas de brotação de “cornos”

Os resultados referentes às estacas de brotação de “cornos” são apresentados nas Tabelas 4 e 5. Conforme observado na Tabela 4, a porcentagem de enraizamento para estacas coletadas em junho/2002 foi muito baixa em todas as concentrações, sendo 0% em T1 (0 mgL<sup>-1</sup> IBA) e apenas 2,8 % para os demais tratamentos. Em outubro/2002 o maior valor 21,0% (3000 mgL<sup>-1</sup> IBA) não diferiu estatisticamente de T2 (1500 mgL<sup>-1</sup> IBA).

Com relação à média do número de raízes por estaca observou-se T2 (1500 mgL<sup>-1</sup> IBA) não diferiu estatisticamente de T4 (6000 mgL<sup>-1</sup> IBA) para junho/2002. Para as estacas coletadas em outubro/2002, os valores em T2, T3 e T4 também não diferiram estatisticamente entre si (Tabela 4).

Observou-se com relação ao comprimento das três maiores raízes por estaca que os maiores resultados (7,3 e 3,5 cm) foram encontrados em T2 (1500 mgL<sup>-1</sup> IBA) tanto em junho/2002 como também em outubro/2002, respectivamente.

Nas estacas coletadas em junho/2002 apenas a testemunha (0 mgL<sup>-1</sup> IBA) apresentou 2,8% de calos. Em outubro/2002 tanto T1 (0 mgL<sup>-1</sup> IBA), quanto T2 (1500 mgL<sup>-1</sup> IBA) apresentaram 12,5% de calos (Tabela 5).

Nas estacas coletadas em junho/2002 que não apresentaram calos e raízes o percentual de 2,8% foi encontrado em T1(0 mgL<sup>-1</sup> IBA) e T4 (6000 mgL<sup>-1</sup> IBA). Em outubro/2002 o maior valor (33,3%) foi observado em T3 (3000 mgL<sup>-1</sup> IBA), sendo que, este diferiu estaticamente de T4 (6000 mgL<sup>-1</sup> IBA).

Observou-se que as estacas do brotação de “cornos” coletadas em outubro/2002 tiveram um maior percentual de enraizamento em comparação com as estacas coletadas em junho/2002 exceto para T1. O mesmo foi observado com

a porcentagem de estacas sem calos e sem raízes. Estes dados foram o inverso do esperado para as épocas de instalação, uma vez que esperava-se que da primeira brotação dos cornos surgissem estacas mais vigorosas para emissão de raízes. Por outro lado, talvez o período de exposição à luz, maior durante outubro, estivesse influenciando na otimização da taxa fotossintética das folhas, proporcionando maiores reservas para o enraizamento.

Com relação ao tipo de estaca, observou-se que as estacas provenientes de brotação de "cornos" tiveram maior porcentagem de enraizamento em relação às estacas de brotação do ano e de rebrota de copa.

Em experimentos realizados com "cornos" jovens obtidos da parte basal e parte distal de árvores adultas de *E. crista-galli* foi encontrado uma porcentagem de enraizamento de 22,5 e 12,5% respectivamente. Outros testes feitos com brotações de touça de *E. crista-galli* sem tratamento com auxinas resultaram em 53% de enraizamento (CARPANEZZI et al., 2001).

A comparação destes resultados com os encontrados no presente trabalho sugere que o grau de maturidade e a origem do material vegetal a ser usado na confecção de estacas podem influenciar no aumento da porcentagem de enraizamento das estacas, com ou sem tratamento com auxinas. Isto pode ser demonstrado citando-se experimentos realizados com estacas herbáceas e semilenhosas de *Coleonema aspalathoides*. Para essa espécie, a porcentagem de enraizamento foi aumentada com o grau de juvenilidade das estacas, sendo que o melhor tratamento foi encontrado para estas estacas imersas por 4 horas ou mais em 250 mgL<sup>-1</sup> IBA nos meses de inverno (HELLER et al., 1994).

#### 4.1.4 Estacas apicais

Os resultados relativos às estacas apicais estão apresentados na Tabela 6. A maior porcentagem de enraizamento (95%) foi encontrada na concentração de 3000 mgL<sup>-1</sup> IBA não diferindo estatisticamente dos outros tratamentos (Figura 14).

Não houve diferenças estatisticamente significativas para o número de raízes por estaca e comprimento das três maiores raízes .

A maior porcentagem de estacas com calos (6,7%) foi encontrada em estacas que não foram tratadas com IBA. Este valor diferiu estatisticamente de T4 (6000 mgL<sup>-1</sup> IBA).

Para estacas que não apresentaram calos e nem raízes o maior valor (3,3%) também foi encontrado em T4 (6000 mgL<sup>-1</sup> IBA).

As estacas apicais foram as que apresentaram os melhores resultados de enraizamento em comparação aos outros tipos de estacas em todos os tratamentos. Isto demonstra que estacas herbáceas provenientes de indivíduos jovens têm um maior potencial de enraizamento do que estacas semilenhosas proveniente de indivíduos mais velhos.

Lacock e Nizanska<sup>1</sup> (1963) citados por ARYA et al. (1994) mostraram que as estacas mais jovens enraizaram mais facilmente. Segundo DAVIES et al. (1982) a planta adulta de *Ficus pumila* é mais difícil de se estabelecer do que plantas juvenis crescidas vigorosamente.

---

<sup>1</sup> (LACOCK. P.; NIZANSKA, A. A note on (physiology) vegetative propagation of poplars. *Biologia Bratislava*, n. 17, p, 132-140, 1963).

#### 4.1.5 Estacas laterais

Os resultados referentes às estacas laterais estão na Tabela 7. A maior porcentagem de estacas enraizadas (83,3%) foi encontrada em T3 (3000 mgL<sup>-1</sup> IBA) diferindo estatisticamente de T1.

O maior valor encontrado para o número de raízes por estaca (8,6 cm) foi encontrado em T3 (3000 mgL<sup>-1</sup> IBA) diferindo estatisticamente de 4,3 cm (sem aplicação de IBA).

Não houve diferenças estatisticamente significativas para o comprimento das três maiores raízes. Para estacas que apresentaram calos, o maior valor (3,4%) foi encontrado em T2 (1500 mgL<sup>-1</sup> IBA) e T4 (6000 mgL<sup>-1</sup> IBA). Este valor foi diferente estatisticamente de T3 (3000 mgL<sup>-1</sup> IBA).

As estacas laterais conforme os resultados, também apresentaram alta porcentagem de enraizamento em relação às estacas de brotação do ano, estacas de rebrota de copa e estacas de brotações de “cornos”. Porém os resultados foram inferiores em comparação com as estacas apicais. A diferença de resultados de enraizamento entre as estaca apicais e estacas laterais deve-se provavelmente ao fato de que as estacas apicais devem ter maior concentração de auxinas endógenas que estacas laterais.

TABELA 1 - Resultados da porcentagem de estacas de brotação do ano de *E. crista-galli* enraizadas, com calos, sem calos e sem raízes e mortas coletadas em março e novembro/2002 e março/2003.

| Variáveis                       | Estacas vivas  |      |      |               |       |      |                            |        |      | Estacas mortas (%) |         |        |
|---------------------------------|----------------|------|------|---------------|-------|------|----------------------------|--------|------|--------------------|---------|--------|
|                                 | Enraizadas (%) |      |      | Com calos (%) |       |      | Sem calos e sem raízes (%) |        |      | mar/               | nov/    | mar/   |
| Instalação                      | mar/           | nov/ | mar/ | mar/          | nov/  | mar/ | mar/                       | nov/   | mar/ | mar/               | nov/    | mar/   |
| Tratamentos                     | 2002           | 2002 | 2003 | 2002          | 2002  | 2003 | 2002                       | 2002   | 2003 | 2002               | 2002    | 2003   |
| T1 (0 mgL <sup>-1</sup> IBA)    | 0,0            | 0,0  | 0,0  | 0,0           | 0,0 b | 0,0  | 0,0                        | 3,4 b  | 0,0  | 100,00             | 96,6 a  | 100,00 |
| T2 (1500 mgL <sup>-1</sup> IBA) | 0,0            | 0,0  | 0,0  | 0,0           | 3,4 a | 0,0  | 0,0                        | 10,0 a | 0,0  | 100,00             | 86,6 b  | 100,00 |
| T3 (3000 mgL <sup>-1</sup> IBA) | 0,0            | 0,0  | 0,0  | 0,0           | 0,0 b | 0,0  | 0,0                        | 10,0 a | 0,0  | 100,00             | 90,0 ab | 100,00 |
| T4 (6000 mgL <sup>-1</sup> IBA) | 0,0            | 0,0  | 0,0  | 0,0           | 0,0 b | 0,0  | 0,0                        | 6,6 ab | 0,0  | 100,00             | 93,3 ab | 100,00 |
| Média total (%)                 | 0,0            | 0,0  | 0,0  | 0,0           | 0,8   | 0,0  | 0,0                        | 7,5    | 0,0  | 100,00             | 91,6    | 100,00 |

Médias seguidas por letra diferente na coluna diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

TABELA 2 – Resultados da porcentagem de estacas de rebrota de copa de *E. crista-galli* enraizadas, média do número de raízes por estaca e média do comprimento das três maiores raízes por estaca coletadas em março, maio e novembro/2002 e março/2003.

| Variáveis                       | Estacas vivas  |       |        |        |                             |       |       |       |                                       |        |        |        |
|---------------------------------|----------------|-------|--------|--------|-----------------------------|-------|-------|-------|---------------------------------------|--------|--------|--------|
|                                 | Enraizadas (%) |       |        |        | Número de raízes por estaca |       |       |       | Comprimento das 3 maiores raízes (cm) |        |        |        |
|                                 | Instalação     | mar/  | mai/   | nov/   | mar/                        | mar/  | mai/  | nov/  | mar/                                  | mar/   | mai/   | nov/   |
| Tratamentos                     | 2002           | 2002  | 2002   | 2003   | 2002                        | 2002  | 2002  | 2003  | 2002                                  | 2002   | 2002   | 2003   |
| T1 (0 mgL <sup>-1</sup> IBA)    | 0,0            | 4,9 a | 3,4 b  | 1,1 c  | 0,0                         | 1,6 a | 3,0 a | 0,6 a | 0,0                                   | 3,4 ab | 3,5 ab | 1,3 ab |
| T2 (1500 mgL <sup>-1</sup> IBA) | 0,0            | 5,0 a | 6,7 ab | 13,4 a | 0,0                         | 0,6 a | 3,0 a | 2,3 a | 0,0                                   | 1,9 b  | 4,5 ab | 1,6 ab |
| T3 (3000 mgL <sup>-1</sup> IBA) | 0,0            | 9,8 a | 8,4 a  | 8,3 ab | 0,0                         | 2,4 a | 2,6 a | 1,7 a | 0,0                                   | 4,9 a  | 5,3 a  | 4,2 a  |
| T4 (6000 mgL <sup>-1</sup> IBA) | 0,0            | 5,6 a | 3,3 b  | 4,8 bc | 0,0                         | 2,5 a | 4,5 a | 1,2 a | 0,0                                   | 3,2 ab | 2,6 b  | 0,3 b  |
| Média Total (%)                 | 0,0            | 6,3   | 5,4    | 7,0    | 0,0                         | 1,7   | 3,3   | 1,4   | 0,0                                   | 3,3    | 4,0    | 7,4    |

Médias seguidas por letra diferente na coluna diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

TABELA 3 – Resultados da porcentagem de estacas de rebrota de copa de *E. crista-galli* com calos, sem calos e sem raízes e mortas coletadas em março, maio e novembro/2002 e março/2003.

| Variáveis                       | Estacas vivas |       |        |       |                            |         |         |         | Estacas mortas (%) |         |         |         |
|---------------------------------|---------------|-------|--------|-------|----------------------------|---------|---------|---------|--------------------|---------|---------|---------|
|                                 | Com calos (%) |       |        |       | Sem calos e sem raízes (%) |         |         |         |                    |         |         |         |
|                                 | Instalação    | mar/  | mai/   | nov/  | mar/                       | mar/    | mai/    | nov/    | mar/               | mar/    | mai/    | nov/    |
| Tratamentos                     | 2002          | 2002  | 2002   | 2003  | 2002                       | 2002    | 2002    | 2003    | 2002               | 2002    | 2002    | 2003    |
| T1 (0 mgL <sup>-1</sup> IBA)    | 0,0           | 5,0 a | 5,6 a  | 3,3 a | 0,0                        | 36,7 a  | 15,0 a  | 0,0 c   | 100,0              | 53,4 b  | 76,0 ab | 95,6 a  |
| T2 (1500 mgL <sup>-1</sup> IBA) | 0,0           | 2,8 a | 5,0 ab | 0,0 b | 0,0                        | 23,6 b  | 10,0 b  | 13,3 a  | 100,0              | 68,6 a  | 78,3 ab | 73,3 b  |
| T3 (3000 mgL <sup>-1</sup> IBA) | 0,0           | 4,9 a | 5,0 ab | 3,5 a | 0,0                        | 26,8 ab | 13,3 ab | 11,6 ab | 100,0              | 58,5 ab | 73,3 b  | 76,6 ab |
| T4 (6000 mgL <sup>-1</sup> IBA) | 0,0           | 3,3 a | 2,0 b  | 0,4 b | 0,0                        | 30,1 ab | 13,1 ab | 7,5 bc  | 100,0              | 61,0 ab | 81,6 a  | 87,2 ab |
| Média Total (%)                 | 0,0           | 4,0   | 4,0    | 1,0   | 0,0                        | 29,3    | 12,5    | 8,3     | 100,0              | 61,3    | 76,0    | 83,7    |

Médias seguidas por letra diferente na coluna diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade



TABELA 4 – Resultados da porcentagem de estacas de brotação de “cornos” de *E. crista-galli* enraizadas, média do número de raízes por estaca e média do comprimento das três maiores raízes por estaca coletadas em junho e outubro/2002.

| Variáveis                       | Estacas vivas |                |          |                             |          |                                 |          |
|---------------------------------|---------------|----------------|----------|-----------------------------|----------|---------------------------------|----------|
|                                 | Instalação    | Enraizadas (%) |          | Número de raízes por estaca |          | Comp. das 3 maiores raízes (cm) |          |
|                                 |               | jun/2002       | out/2002 | jun/2002                    | out/2002 | jun/2002                        | out/2002 |
| Tratamentos                     |               |                |          |                             |          |                                 |          |
| T1 (0 mgL <sup>-1</sup> IBA)    | 0,0 b         | 0,0 c          | 0,0 b    | 0,0 b                       | 0,0 b    | 0,0 b                           |          |
| T2 (1500 mgL <sup>-1</sup> IBA) | 2,8 a         | 12,5 ab        | 4,0 ab   | 3,2 a                       | 7,3 a    | 3,5 a                           |          |
| T3 (3000 mgL <sup>-1</sup> IBA) | 2,8 a         | 21,0 a         | 1,0 b    | 2,3 a                       | 4,6 ab   | 2,7 a                           |          |
| T4 (6000 mgL <sup>-1</sup> IBA) | 2,8 a         | 8,3 bc         | 7,0 a    | 4,5 a                       | 2,8 ab   | 3,4 a                           |          |
| Média total (%)                 | 2,0           | 10,4           | 3,0      | 2,5                         | 2,7      | 2,4                             |          |

Médias seguidas por letra diferente na coluna diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

TABELA 5 – Resultados da porcentagem de estacas de brotação de “cornos” de *E. crista-galli* com calos, sem calos e sem raízes e mortas coletadas em junho e outubro/2002.

| Variáveis                       | Estacas vivas |               |          |                            | Estacas mortas (%) |          |          |
|---------------------------------|---------------|---------------|----------|----------------------------|--------------------|----------|----------|
|                                 | Instalação    | Com calos (%) |          | Sem calos e sem raízes (%) |                    | jun/2002 | out/2002 |
|                                 |               | jun/2002      | out/2002 | jun/2002                   | out/2002           |          |          |
| Tratamentos                     |               |               |          |                            |                    |          |          |
| T1 (0 mgL <sup>-1</sup> IBA)    | 2,8 a         | 12,5 a        | 2,8 a    | 21,0 ab                    | 94,4 a             | 66,5 ab  |          |
| T2 (1500 mgL <sup>-1</sup> IBA) | 0,0 b         | 12,5 a        | 0,0 b    | 21,0 ab                    | 97,2 a             | 54,0 ab  |          |
| T3 (3000 mgL <sup>-1</sup> IBA) | 0,0 b         | 0,0 b         | 0,0 b    | 33,3 a                     | 97,2 a             | 45,7 b   |          |
| T4 (6000 mgL <sup>-1</sup> IBA) | 0,0 b         | 0,0 b         | 2,8 a    | 12,5 b                     | 94,4 a             | 79,2 a   |          |
| Média total (%)                 | 0,7           | 6,25          | 1,4      | 22,0                       | 95,8               | 61,3     |          |

Médias seguidas por letra diferente na coluna diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

TABELA 6 – Resultados da porcentagem de estacas apicais de *E. crista-galli* enraizadas, média do número de raízes por estaca, média do comprimento das três maiores raízes por estaca, porcentagem de estacas com calos, sem calos e sem raízes e mortas coletadas em outubro/2002.

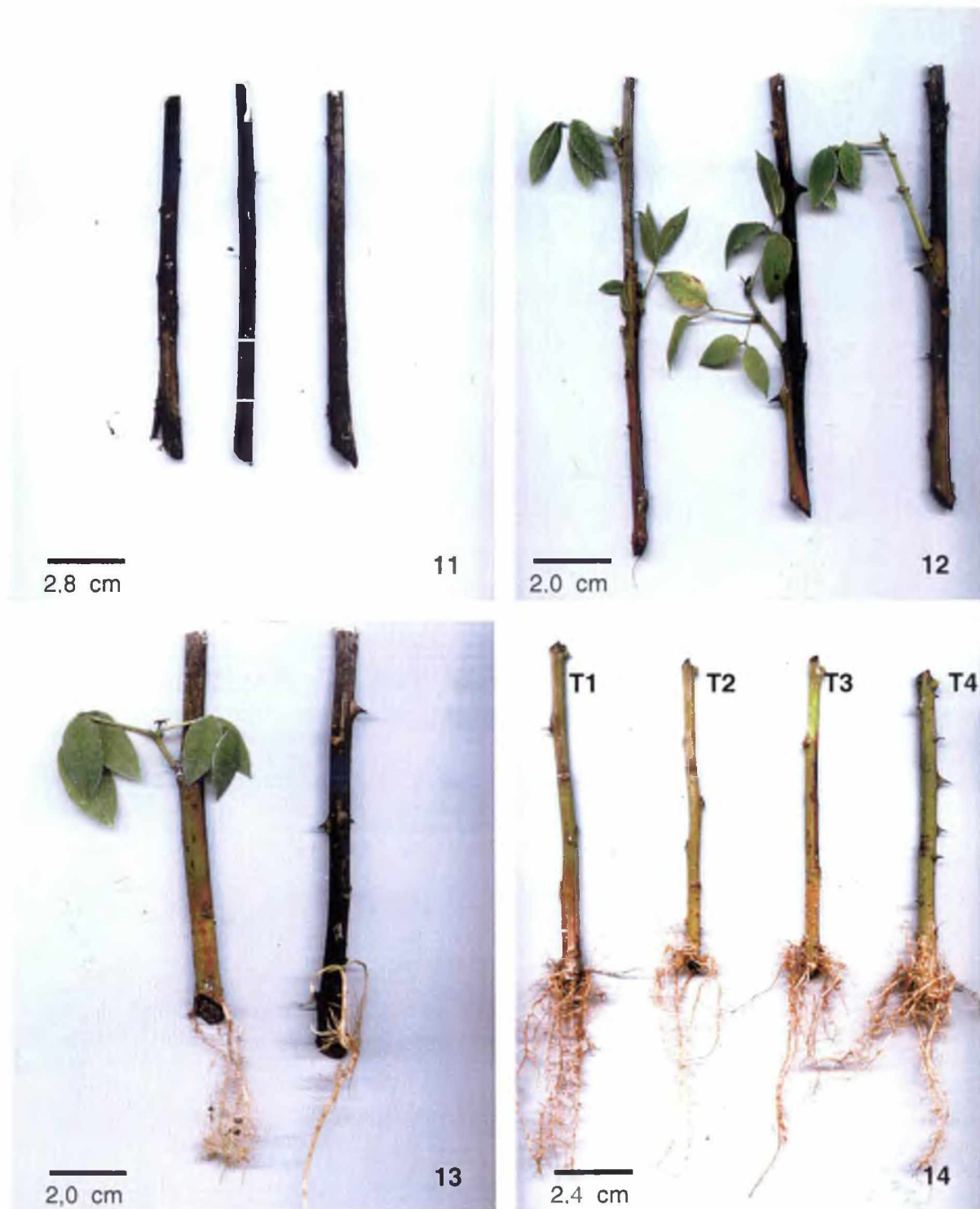
| Variáveis           | Estacas vivas  |                             |                                 |               |                            | Estacas mortas |
|---------------------|----------------|-----------------------------|---------------------------------|---------------|----------------------------|----------------|
|                     | Enraizadas (%) | Número de raízes por estaca | Comp. das 3 maiores raízes (cm) | Com calos (%) | Sem calos e sem raízes (%) |                |
|                     | Instalação     | Out/2002                    | Out/2002                        | Out/2002      | Out/2002                   | Out/2002       |
| <b>Tratamentos</b>  |                |                             |                                 |               |                            |                |
| T1 (0 mgL-1 IBA)    | 85,0 a         | 5,5 a                       | 7,4 a                           | 6,7 a         | 1,7 ab                     | 6,6 a          |
| T2 (1500 mgL-1 IBA) | 91,6 a         | 5,2 a                       | 8,0 a                           | 5,0 ab        | 0,0 b                      | 3,4 a          |
| T3 (3000 mgL-1 IBA) | 95,0 a         | 6,7 a                       | 8,9 a                           | 3,4 ab        | 1,6 ab                     | 0,0 b          |
| T4 (6000 mgL-1 IBA) | 88,3 a         | 7,0 a                       | 9,0 a                           | 1,6 b         | 3,3 a                      | 6,7 a          |
| Média Total (%)     | 90,0           | 6,1                         | 8,3                             | 4,1           | 1,7                        | 4,1            |

Médias seguidas por letra diferente na coluna diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

TABELA 7 – Resultados da porcentagem de estacas laterais de *E. crista-galli* enraizadas, média do número de raízes por estaca, média do comprimento das três maiores raízes por estaca, porcentagem de estacas com calos, sem calos e sem raízes e mortas coletadas em novembro/2002.

| Variáveis           | Estacas vivas  |                             |                                 |               |                            | Estacas mortas |
|---------------------|----------------|-----------------------------|---------------------------------|---------------|----------------------------|----------------|
|                     | Enraizadas (%) | Número de raízes por estaca | Comp. das 3 maiores raízes (cm) | Com calos (%) | Sem calos e sem raízes (%) |                |
|                     | Instalação     | Nov/2002                    | Nov/2002                        | Nov/2002      | Nov/2002                   | Nov/2002       |
| <b>Tratamentos</b>  |                |                             |                                 |               |                            |                |
| T1 (0 mgL-1 IBA)    | 61,5 b         | 4,3 b                       | 5,8 a                           | 1,7 ab        | 6,7 a                      | 30,1 a         |
| T2 (1500 mgL-1 IBA) | 80,0 a         | 6,8 ab                      | 7,1 a                           | 3,4 a         | 5,0 a                      | 11,6 b         |
| T3 (3000 mgL-1 IBA) | 83,3 a         | 8,6 a                       | 7,6 a                           | 0,0 b         | 1,7 b                      | 15,0 b         |
| T4 (6000 mgL-1 IBA) | 75,0 ab        | 8,2 a                       | 7,3 a                           | 3,4 a         | 5,0 a                      | 16,6 b         |
| Média Total (%)     | 75,0           | 7,0                         | 7,0                             | 2,0           | 4,5                        | 18,3           |

Médias seguidas por letra diferente na coluna diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade



**Figuras 11 a 14** – Estacas de *E. crista-galli* após 60 dias da instalação. **11** - Estacas de brotação do ano, mortas. **12** – Estacas de rebrota de copa, vivas e com emissão de brotações. **13** - Estacas de rebrota de copa, enraizadas. **14** – Estacas laterais enraizadas em todos os tratamentos.

## 4.2 Descrição morfológica das estacas

### 4.2.1. Descrição geral do caule de *Erythrina crista-galli*

Essa descrição foi baseada na análise anatômica de caules jovens provenientes de estacas de plântulas e dos cornos (crescimento secundário).

O caule jovem de *E. crista-galli* em secção transversal apresenta epiderme uniestratificada composta por células de formato retangular a quadrado, com paredes periclinais externas espessadas e cutícula relativamente espessa. Internamente à epiderme, ocorrem duas a três camadas de células de colênquima do tipo angular, seguido internamente por parênquima cujas camadas mais externas são fotossintetizantes.

A camada mais interna do córtex é uma endoderme unisseriada com células contendo cristais prismáticos. O cilindro vascular é composto externamente por calotas de fibras pericíclicas, feixes vasculares colaterais e câmbio completamente instalado (início de crescimento secundário). Os tecidos vasculares contêm pequena quantidade de compostos fenólicos. Na periferia do floema ocorrem estruturas secretoras. A região medular é composta de parênquima com células isodiamétricas de paredes finas.

No caule de *E. crista-galli* em estágio secundário de desenvolvimento ("cornos") ocorre a instalação da periderme em alguns pontos. A periderme possui várias camadas de células suberizadas altamente compactadas e em algumas regiões as lenticelas estão presentes. O lenho (xilema secundário) apresenta vasos solitários ou em grupos, raios estreitos com cerca de três células de largura, parênquima axial não associado aos elementos traqueais e fibras

arranjadas em faixas (Figuras 15 e 16). As células xilemáticas apresentam grande quantidade de compostos fenólicos.

#### 4.2.2 Estacas de brotação do ano e de rebrota de copa.

O córtex desses tipos de estacas é semelhante à descrição do caule dos "cornos". O parênquima cortical é fotossintetizante e apresenta células maiores em relação às estacas de caules jovens. O câmbio encontra-se completamente instalado (estádio secundário). Nos dois tipos de estacas há também a presença de fibras pericíclicas externas ao floema (Figura 17, 21 e 22).

Os testes microquímicos foram positivos para compostos fenólicos de tal forma que essas estacas possuem grande quantidade de compostos fenólicos em relação às estacas de brotação dos "cornos" (Tabela 8 e figuras 18 a 21).

O teste para amido foi negativo para os dois tipos de estacas (Figura 29). A presença de grande quantidade de compostos fenólicos neste tipo de estaca também é um fato que deve ser levado em consideração uma vez que compostos fenólicos da classe dos monofenóis atuam potencializando o sistema IAA-oxidase/peroxidase (IAA-O) inativando a ação de auxinas endógenas (MAYNARD; BASSUK, 1988).

Da mesma forma, a grande quantidade de fibras encontradas neste tipo de estaca poderia estar ocasionando um efeito mecânico de inibição no desenvolvimento de raízes adventícias. MAHLSTEDE e WATSON (1952) relatam que um anel de fibras pericíclicas em *Vaccinium corymbosum* pode ser um obstáculo para a projeção de raízes adventícias uma vez que, as células iniciais encontram dificuldades em atravessá-las.

#### 4.2.3 Estacas de brotação de "cornos"

O córtex possui células parenquimáticas externas às fibras compactadas devido à maior quantidade de fibras pericíclicas em relação ao caule jovem de *E. crista-galli* (Figura 21). Foi observada maior quantidade de fibras em relação às estacas de brotações do ano e rebrota de copa. As fibras destas estacas apresentam paredes mais espessas quando comparadas com as das estacas de brotação do ano e de rebrota de copa (Figuras 17, 21 e 22).

Foi evidenciado através de testes histoquímicos a presença de compostos fenólicos no floema. Não foi constatada presença de amido (Tabela 8).

Foi observada maior quantidade de fibras e menor quantidade de compostos fenólicos em relação às estacas de brotação do ano e de rebrota de copa. Mesmo apresentando maior quantidade de esclerênquima que as estacas de brotação do ano e de rebrota de copa a porcentagem de enraizamento das estacas de brotação de "cornos" foi superior aquelas em pelo menos 3 tratamentos. Tais resultados poderiam sugerir que a quantidade e espessura das fibras não estaria diretamente relacionada com a baixa porcentagem de enraizamento, e sim com a presença de compostos fenólicos. Porém, como a porcentagem de enraizamento para as estacas do brotações de "cornos" foi muito baixa e o número de amostras tomadas para as análises foi pequena, não há como afirmar se as fibras estão ou não relacionadas com ausência de raízes nas mesmas.

Resultados de pesquisas mostram que não há simples relação entre a densidade ou continuidade do anel de esclerênquima com o enraizamento de estacas de oliveira, pereira e cerejeira. Em caules de cravo, o anel de esclerênquima parece impenetrável aos primórdios de raiz e ainda, assim,

aproximadamente todas as variedades enraizaram bem por meio de estacas. Então as diferenças entre as variedades de fácil enraizamento parecem estar associadas à facilidade de formação de raízes e não à influência de restrição mecânica do esclerênquima (SACHS et al., 1964).

DAVIES et al. (1982) sugerem que o pobre enraizamento de material adulto têm base fisiológica e não anatômica a despeito da presença de esclereides, fibras vasculares e laticíferos.

#### 4.2.4 Estacas apicais e laterais

O córtex das estacas apicais e laterais é semelhante ao descrito para o caule de plantas jovens de *E. crista-galli* (Figura 23 e 25). O cilindro vascular é composto externamente por calotas de fibras pericíclicas cujas paredes são mais delgadas que nos demais tipos de estacas. A quantidade de fibras pericíclicas nestes dois tipos de estacas é bem menor em relação aos outros tipos de estacas (Figura 24 e 26). Os feixes vasculares são colaterais e o câmbio encontra-se em início de instalação (Figuras 23 e 25).

Os testes microquímicos (Tabela 8) demonstraram que as estacas apicais e laterais possuem pouca quantidade de compostos fenólicos em relação às demais estacas (Figura 28) e grande quantidade de amido em relação aos demais tipos de estacas (Figura 30). A grande quantidade de amido observada nessas estacas pode ter contribuído na origem e desenvolvimento de raízes adventícias e novas folhas nas estacas apicais.

Conforme HAISSIG (1974), o amido quando presente em estacas, aparentemente é o primeiro e único recurso de carboidrato para a iniciação do primórdio de raiz e seu desenvolvimento. O livre "pool" de açúcar declina em

estacas que não contêm amido. O aumento do metabolismo de amido em estacas provavelmente resulta dos efeitos diretos ou indiretos do transporte basípeto de IAA. HANSEN e ERIKSEN (1974) relatam que auxinas podem promover ou inibir a iniciação da raiz dependendo do conteúdo de glicose do meio.

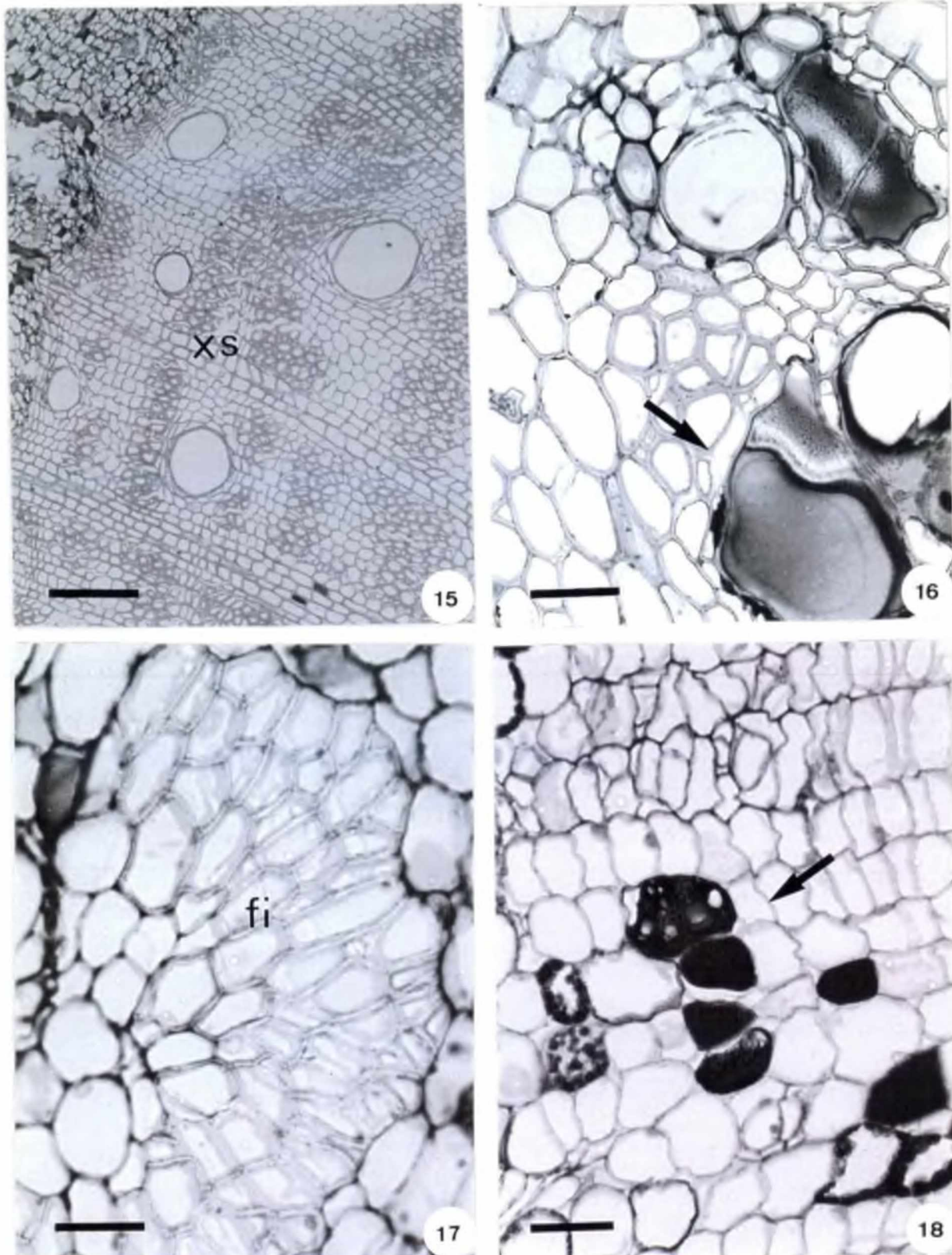
As estacas laterais também apresentaram grande quantidade de amido. Análises histológicas para se observar a habilidade de enraizamento de *Corylus avellana* demonstraram que todas as estacas enraizadas apresentaram deposição de grânulos de amido em sua base especialmente na região cortical, parênquima do floema e raios do xilema. Estes grânulos foram quase que completamente ausentes em estacas não enraizadas (RODRIGUEZ et al., 1988).

TABELA 8 – Quantificação visual de fibras, compostos fenólicos e amido para os cinco tipos de estacas de *Erythrina crista-galli*.

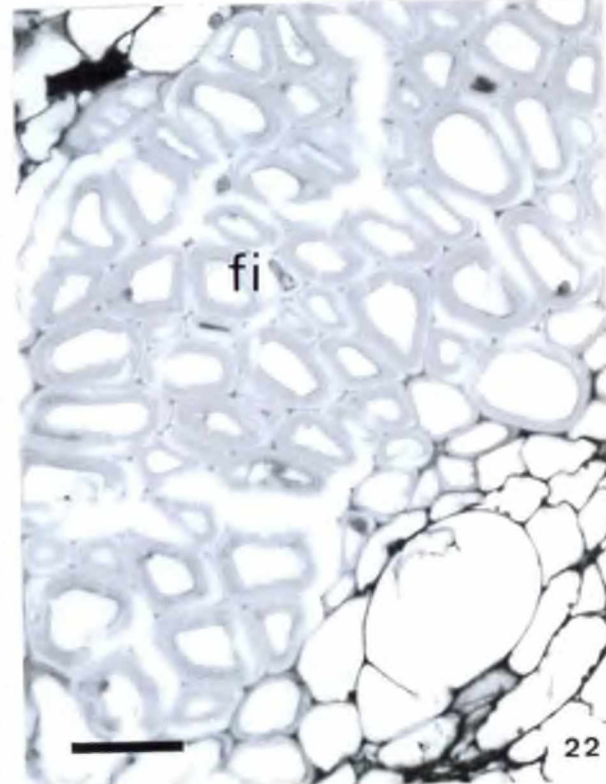
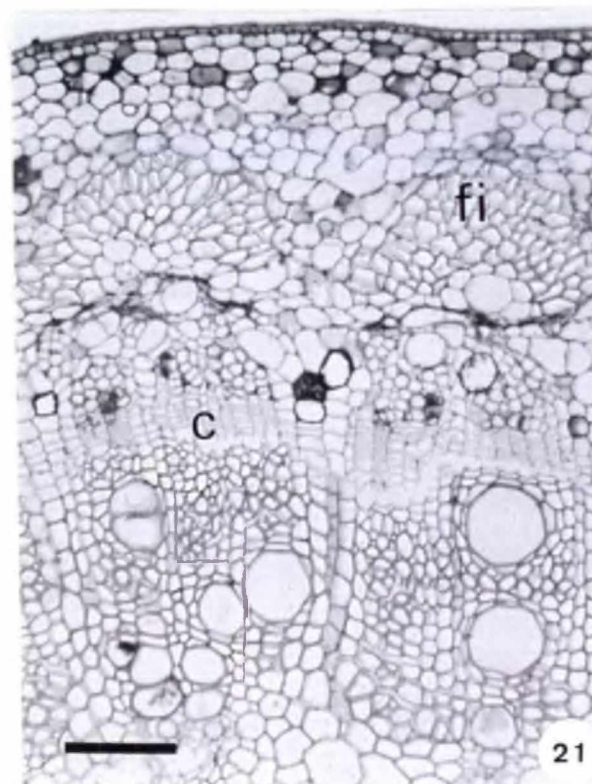
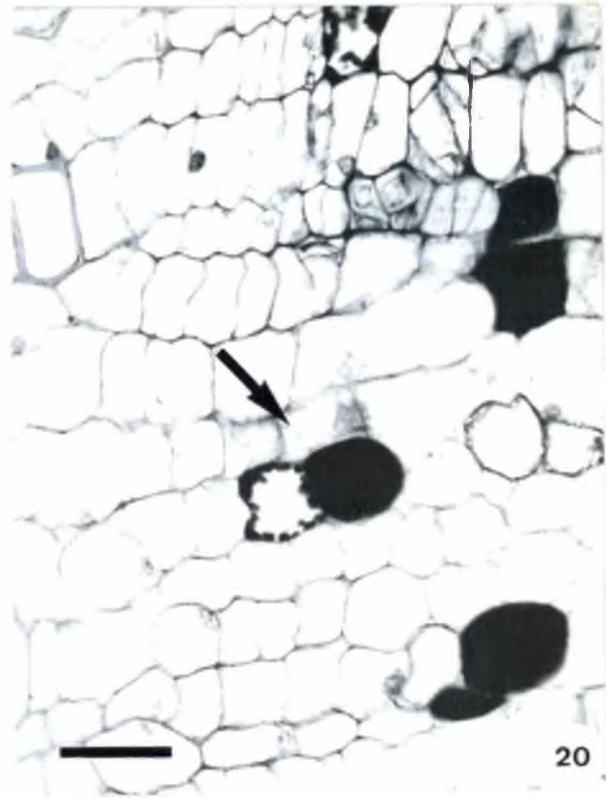
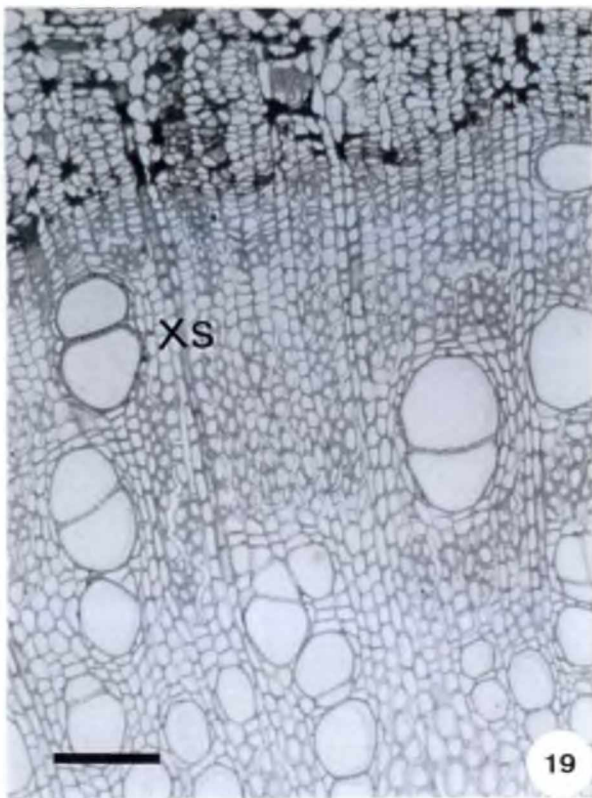
| Estacas                    | Estaca de brotação do ano | Estaca de rebrota de copa | Estaca de brotação dos cornos | Estacas apicais | Estacas laterais |
|----------------------------|---------------------------|---------------------------|-------------------------------|-----------------|------------------|
| <b>Fibras</b>              | +++                       | +++                       | ++++                          | ++              | ++               |
| <b>Compostos fenólicos</b> | ++++                      | +++                       | ++                            | +               | +                |
| <b>Amido</b>               | -                         | -                         | -                             | ++++            | ++++             |

Grau de intensidade: +++++ = bastante alta ; +++ = alta; ++ = média; + = baixa; - = negativo



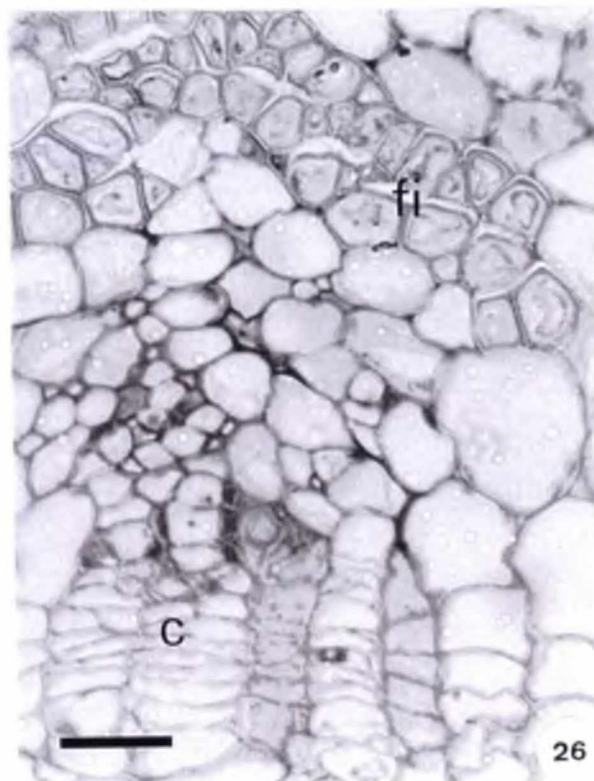
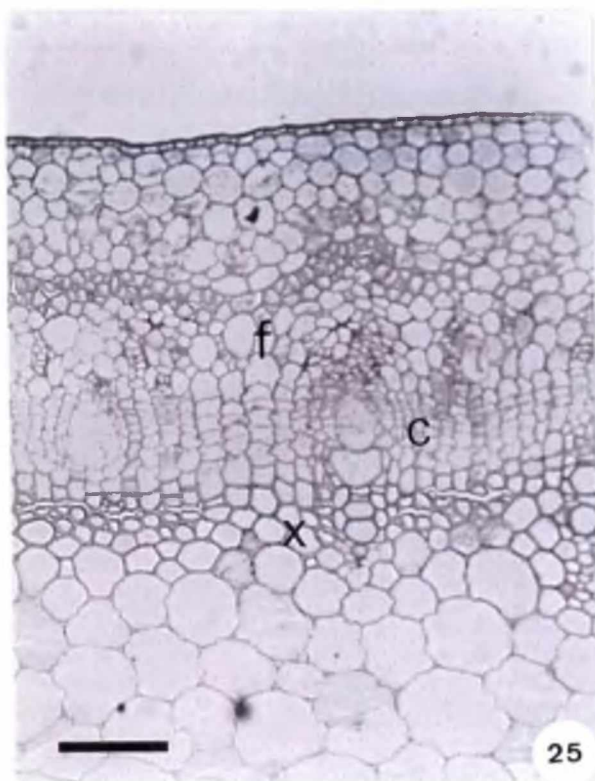
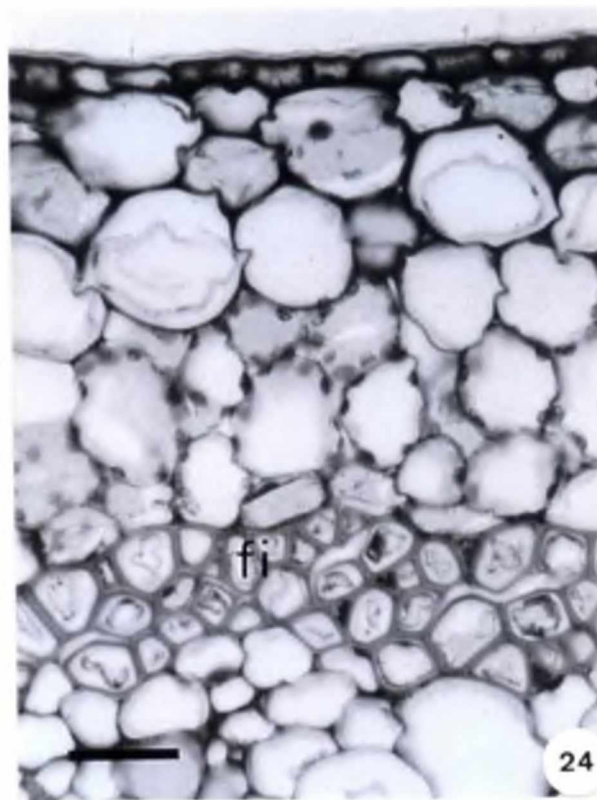
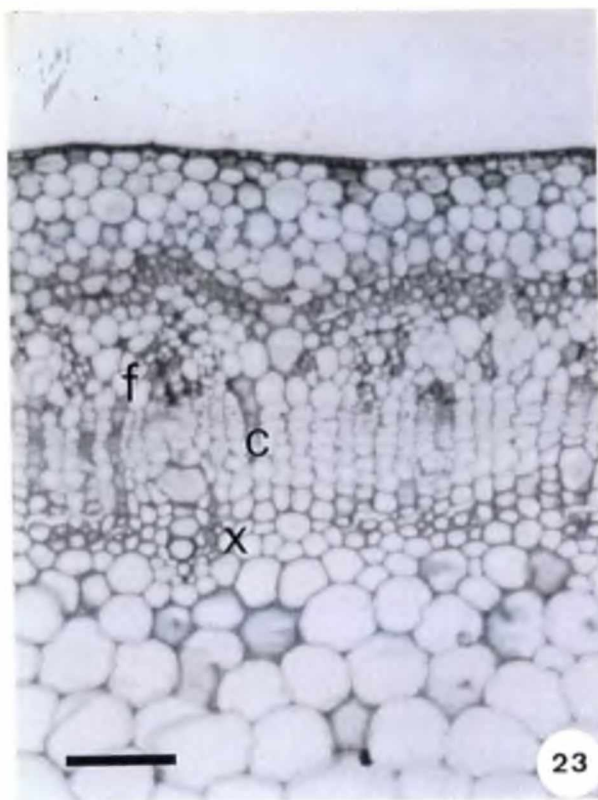


**Figuras 15 a 18** – Secções transversais de estacas caulinares de *Erythrina crista-galli*. **15** – Estaca caulinar do “corno” mostrando o xilema secundário. **16** – Detalhe de estaca caulinar do “corno” mostrando células com compostos fenólicos. **17** – Detalhe de estaca caulinar de brotação do ano mostrando a calota de fibras pericíclicas. **18** – Estaca caulinar de brotação do ano evidenciando células floemáticas contendo compostos fenólicos. (fi) fibras, (→) compostos fenólicos, (xs) xilema secundário. (barra = 140 µm na figura 15; barra = 35 µm nas figuras 16, 17 e 18).

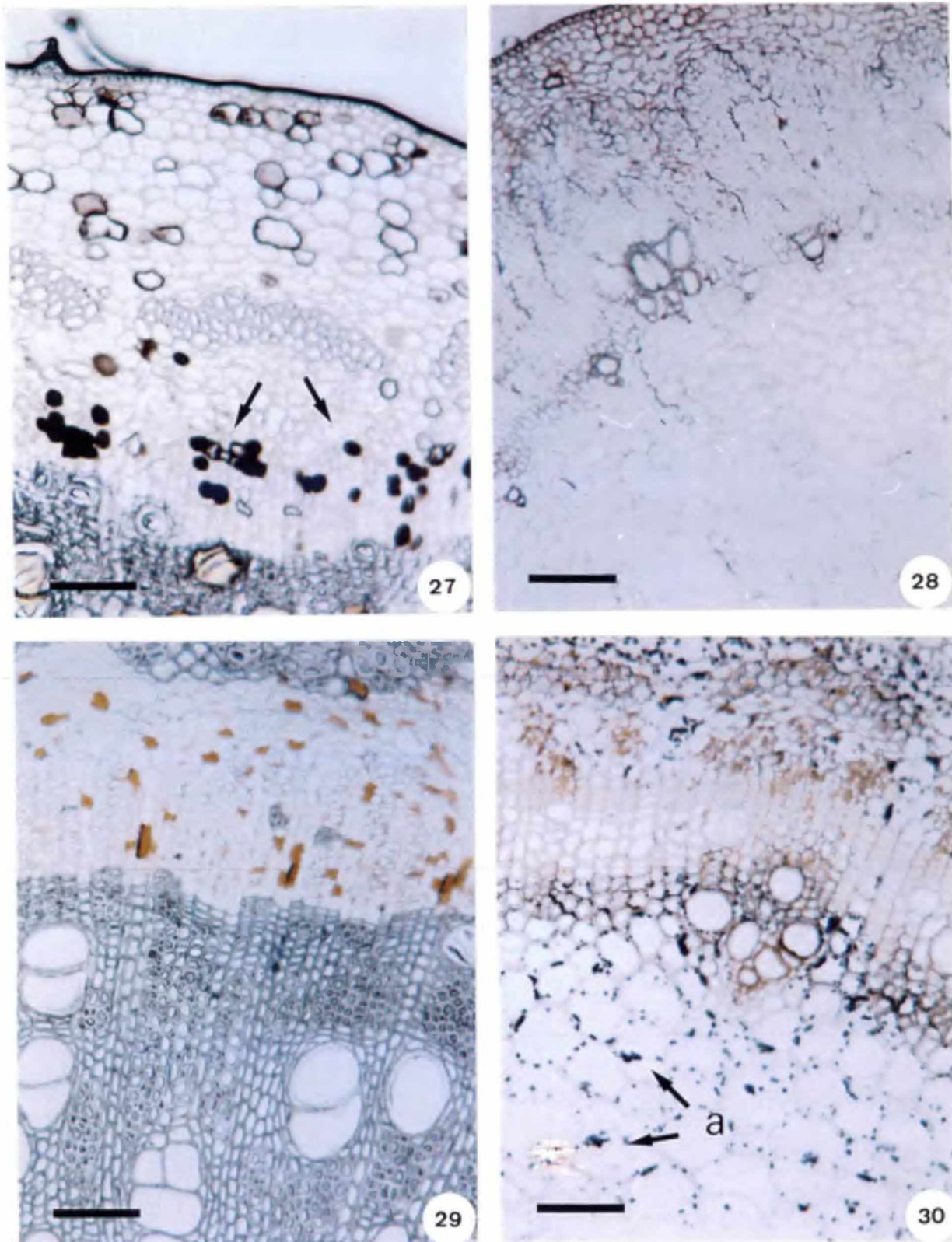


Figuras 19 a 22 – Secções transversais de estacas caulinares de *Erythrina crista-galli*  
 19 e 20 – Estaca caulinar de rebrota de copa com floema contendo compostos fenólicos.  
 21 – Estaca caulinar de brotação de “corno” mostrando a epiderme, córtex e tecido de condução.  
 22 – Detalhe de estaca caulinar de brotação de “corno” evidenciando as fibras pericíclicas. (→) compostos fenólicos, (c) câmbio, (fi) fibras, (xs) xilema secundário. (barra = 140 µm nas figuras 19 e 21; barra = 35 µm nas figuras 20 e 22).





**Figuras 23 a 26** – Secções transversais de estacas caulinares de *Erythrina crista-galli*. **23** – Estaca caulinar apical em início de estágio secundário de desenvolvimento. **24** – Detalhe de estaca caulinar apical mostrando fibras pericíclicas. **25** – Estaca caulinar lateral mostrando a epiderme, córtex e tecido de condução. **26** – Detalhe de estaca caulinar lateral mostrando fibras pericíclicas. (c) câmbio, (fi) fibras, (x) xilema, (f) floema. (barra = 140  $\mu$ m nas figuras 23 e 25; barra = 35  $\mu$ m nas figuras 24 e 26).



**Figuras 27 a 30** – Secções transversais de estacas caulinares de *Erythrina crista-galli* com testes microquímicos. **27** – Estaca caulinar de brotação do ano evidenciando compostos fenólicos através de testes com cloreto férrico. **28** – Estaca caulinar apical mostrando teste negativo para compostos fenólicos. **29** – Estaca caulinar de brotação do ano com teste negativo para amido. **30** – Estaca caulinar apical evidenciando amido através de testes com lugol. (a) amido, (→) compostos fenólicos. (barra = 140 µm nas figuras 27 a 30).



#### 4.3. Considerações gerais sobre os cinco tipos de estacas estudados

As estacas de brotação do ano apresentaram 100% de mortalidade, mesmo utilizando-se material proveniente de indivíduos diferentes. Isto demonstra que estacas provenientes de material rejuvenescido têm maior potencial para o enraizamento em comparação com material proveniente de árvores adultas não podadas, mesmo quando os valores de enraizamento foram baixos.

As estacas laterais e estacas apicais apresentaram os melhores resultados de enraizamento quando comparadas às estacas de rebrota de copa e estacas de brotações dos “cornos”. O fato de que foram obtidas elevadas porcentagens de enraizamento (95,0 e 83,3% para estacas apicais e laterais nas concentrações de 3000 mgL<sup>-1</sup> IBA, respectivamente) provavelmente confirma que tanto a idade da planta matriz, quanto a procedência das mudas (neste caso sementes) estão relacionadas com o sucesso de enraizamento de estacas.

Nem sempre o melhor tratamento para indução de raízes adventícias foi o mesmo que proporcionou o maior número de raízes por estaca e o maior comprimento das três maiores raízes por estaca. Isto seria desejável no caso de desenvolvimento de mudas no campo.

Pôde-se verificar que a *Erythrina crista-galli* pode ser uma espécie de difícil enraizamento de acordo com o tipo de estaca a ser usada, sendo apropriada a utilização de estacas provenientes de mudas de sementes mantidas através de um pomar clonal.

Recomenda-se que posteriores experimentos para a indução de raízes em estacas de *Erythrina crista-galli* sejam feitos por meio de outras concentrações próximas a 3000 mgL<sup>-1</sup> de ácido indol butírico. Também é apropriada a instalação

de estacas de mudas em diferentes estações do ano e rebrota de touça para determinação da melhor época para a obtenção do máximo de enraizamento.

## 5 CONCLUSÕES

Conforme os resultados obtidos no enraizamento e morfologia dos cinco tipos de estacas caulinares de *Erythrina crista-galli* estudados foi possível concluir que o tipo de estaca a ser utilizada é fator determinante do sucesso de enraizamento, uma vez que estacas laterais e estacas apicais, oriundas de mudas, apresentaram as maiores porcentagens de enraizamento (95,0 e 83,3% respectivamente). Isso provavelmente se deve à maior presença de amido e menor quantidade de fibras e compostos fenólicos quando comparadas às estacas mais velhas cronologicamente.

## REFERÊNCIAS \*

ALEGRE, J.; TOLEDO, J. L.; MARTINEZ, A.; MORA, O.; DE ANDRÉS, E. F. Rooting ability of *Dorycnium spp.* Under different conditions. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, n. 76, p. 123-129, 1998.

ANDERSON, R. G; WIDMER, R. Improvising Vigor Expression of Cyclamen Seed Germination with Surface Disinfestation and Gibberellin Treatments. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, USA, v. 6, n.100, p. 597-601, 1975.

ANDERSON, A. S. Environmental influences on adventitious rooting in cuttings of nonwood species. In: *New Root formation in Plants and Cuttings*. Dordrecht, The Netherlands: **Martinus Nijhoff Publishers**. ,1986. p. 223-254.

ARYA, S.; TOMAR, R.; TOKY, O. P. Effect of plant age and auxin treatment on rooting response in stem cuttings of *Prosopis cineraria*. **Journal of Arid Enviroments**, India, n. 27, p. 99-103, 1994.

BACKES P.; IRGANG, B. **Árvores do Sul. Guia de Indentificação e interesse Ecológico**. Clube da árvore. Instituto Souza Cruz, Brasil, 2002.

BASU, N. R; BOSE, K. T; ROY, B. N; MUKHOPADHYAY, A. Auxin Synergists in Rooting of Cuttings. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 22, p. 649-652, 1969.

BEAKBANE, A. B. Relationship between structure and adventitious rooting. **The International Plant Propagator's Society Combined Proceedings**, n. 19, p. 192-201, 1969.

BLACK, D. K. Influences of shoot origin and certain pré- and post-severence treatments on the rooting and growth characteristics of Douglas-Fir (*Pseudotsuga menziessi* (Mirb.) Franco) stem cuttings. **Dissertation-Abstracts-International B.**

---

\*UFPR. Sistema de Bibliotecas. Refe. Análise. I. A. da UFPR, 2000.



**Sciences and Engineering, USA, v. 33, n. 8, p.33- 99, 1973.**

BORGES-JUNIOR, N; MARTINS-CORDER, M. P. Efeito do Ácido Indol Butírico no Enraizamento de Estacas de Acácia-Negra (*Acacia meamsii* De Wild.). **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 26, n. 2, p. 223-227, 2002.

CAMERON, R. W. F.; MURRAY-HARRISON, R. S.; CAMPFORT, K. VAN; KESTERS; KNIGHT, J. L. The influence of branches and leaf area on rooting and development of *Cotinus coggygria* cv. Royal Purple cuttings. **Annals of applied Biology**,UK, n. 139, p. 155-164, 2001.

CARPANEZZI, A. A.; TAVARES, F. R.; SOUZA, V. A. Estaquia de Corticeira-do-Banhado (*Erythrina crista-galli* L.). Colombo, Embrapa-Florestas, n. 64, 2001. 6 p. **Comunicado Técnico.**

CRONQUIST, A. **An Integrated System of classification of flowering Plants.** New York: Columbia University Press, 1981.

CURIR, P.; VANSUMERE, C. F.; TERMINI, A.; BARTHE, P.; MARCHESINI, A.; DOLCI, M. Flavonoid accumulation is correlated with adventitious roots formation in *Eucaliptus gunnii* Hook micropropagated through axillary bud stimulation. **Plant Physiology**, n. 92, p. 1148-1153, 1990.

DAVIES, F.T. JR.; LAZARTE, J. E.; JOINER, J. N. Initiation and development of roots in juvenile and mature leaf bud cuttings of *Ficus pumila* L. **American Journal of Botany**, n. 69, p. 804-811, 1982.

DAVIES, T. D.; HAISSIG, B. E.; SANKHALA, N. Adventitious root formation in cuttings. Portland, Oregon: **Dioscords Press**, 1998. p. 29-46.

EIRA, M. T. S.; CALDAS, L. Seed dormancy and germination as concurrent processes. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Brasília, n. 12, 2000. p. 85-104.

ESAU, K. **Anatomia das plantas com sementes**. São Paulo: Edgard Blücher, 1974.

EDWARDS, R. A.; THOMAS, M. B. Observations on physical barrier to root formation in cuttings. **The Plant Propagator**, USA, n. 26, p. 6-8, 1980.

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

FERREIRA, B. G. A.; ZUFFELATO-RIBAS, K. C.; CARPANEZZI, A. A.; TAVARES, F. R.; KOEHLER, H. S. Efeitos dos Ácidos Indol Bútrico e Bórico no Enraizamento de Estaca de *Sapium glandulatum* (Vell.) Pax. **SBPN-Scientific Journal**, Brasília, v. 5, n. 1, p. 122-123, 2001.

FOSTER, A. S. **Practical plant anatomy**. New York, Van Nostrand. 1949.

GALLETO, L.; BERNARDELLO, I. C. L.; VESPRINI, J.; SPERONI, G.; BERDUC, A. Reproductive biology of *Erythrina crista-galli* (Fabaceae). **Annals of Missouri Botanical Garden**, Saint Louis, v. 87, n. 2, p. 127-145, 2000.

HAISSIG, B. E. Metabolism during adventitious root primordium initiation and development. **New Zeland Journal For Science**, n. 4, v. 2, pp. 324-327, 1974.

HAISSIG, B. E. Influence of Aryl Esters of Indole-3-acetic and Indole-3-butyric Acids on Adventitious Root Primordium Initiation and Development. **Physiology Plant**, Copenhagen, n. 47, p. 29-33, 1979.

HAISSIG, B. E. N-phenyl indol-3- butyramide and phenyl indole-3- thiolobutyrate enhance adventitious root primordium development. **Physiology Plant**, Copenhagen, n. 57, p. 435-440, 1983.

HANSEN, J.; ERIKSEN, E. N. Root formation in pea cuttings in relation to irradiance of the stock plants. **Physiology Plant**, Copenhagen, n. 32, p. 170-173, 1974.

HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E.; DAVIS JR., F. T.; GENEVE, R. L. **Plant propagation: principles and practices**. 7 ed. New Jersey: Prentice-Hall, inc., 2001.

HERMANN, D. E.; HESS, C. E. The effect of etiolation upon the rooting of cuttings. **Comercial Procediments Internation Plant Propagator Society.**, USA, n. 13, p. 42-62, 1963.

HELLER, A.; BOROCHOV, A.; HALEVY, A. H.; Factors affecting rooting ability of *Coleonema aspalathoides*. **Scientia Agriculturae**, Amsterdan, n. 58, p. 335-341, 1994.

JOHANSEN, D. A. **Plant microtechnique**. New York, London, MacGraw-Hill Company Inc. 1940.

KRAMER, P. J; KOZLOWSKI, T. T. **Physiology of woody plants**. New York: Academic Press, 1979.

LAND, S. B. JR.; CUNNINGHAM, M.; FOSTER, G. S.; DINER, A. M. Rooted cutting macropropagation of hardwoods. Aplications of vegetative propagation in forestry. General-Thechnical-Report-Southern-Forest-Experiment-Station, **USDA-Forest-Service**, New Orleans, n.108, p. 75-96, 1994.

LAL, B.; RAJPUT, M. S.; RATHORE, D. S. Effect of pruning on rejuvenation of old mango trees. **Indian Journal of Horticulture**, India, v. 3, n. 53, p. 240-242, 2000.

LEAKEY, R. R. B.; STORETON-WEST, R. The rooting ability of *Triplchiton scleroxylon* cuttings: the interactions between stock plant irradiance, light quality and nutrients. **Forest Ecology and Management**, Amsterdan, n. 49, p. 133-150, 1992.

LONGHI, R. **Livro das Árvores: árvores e arvoretas do Sul**. Porto Alegre: L & PM, 1995.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**. Manual de Identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. v.2. Nova Odessa, SP. Editora Plantarum, 1998.

MACDONALD, B. **Practical woody plant propagation for nursery growers**. v.1, Portland, Oregon: Timber press, 1996.

MAHLSTEDE, J. P.; WATSON, D. P. Na anatomical study of adventitious root development in stems of *Vaccinium corymbosum*. **Botanical Gazzete**, Chicago, v. 113, p. 279-85, 1952.

MAYNARD, B. O. K.; BASSUK, N. L. Etiolation and banding effects on adventitious root formation. In: Davies, T. D.; Haissig, B. E.; Sankhala, N. Adventitious root formation in cuttings. v.2. Portland, Oregon: **Dioscords Press**, 1996. p. 29-46.

MAYNARD, B. O. K.; BASSUK, N. L. Effect of stock plant etiolation, shading, banding and shoot development on histology and cutting propagation of *Carpinus betulus* L. fastigiata. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, USA, v. 5, n. 125, p. 853-860, 1988.

MAUNDER, M. The coral tree; *Erythrina crista-galli* L. **Plantsman**, Hampton, v. 12, n. 4, p. 193-200. 1991.

NAPIER. I. A. Vegetative propagation of fodder trees. Preliminary research results and pratical recommendations. **Forest Research and Information Centre**, Kathmandu, Nepal. v.2, n.1, p. 21-30, 1988.

NEILL, D. A. Interspecific hybridization in *Erythrina*: a homogamic complex. In: Westley, S. B.; Powell, M. H. ed. ***Erythrina in the New and Old Worlds***. Paia: Nitrogen Fixing Tree Association, Turrialba, 1993. p. 250-257.

NYGREN, P.; KASS, D. ***Erythrina poeppigiana*: árvore sombreadora ganha novas perspectivas**. Nitrogen Fixing Tree Association. Turrialba, Costa Rica, 1999.

ONO, E. O.; RODRIGUES, J. D. **Aspectos da fisiologia do enraizamento de estacas caulinares**. Jaboticabal: FUNESP, 1996.

ONO, E. O.; BARROS, S. A.; RODRIGUES, J. D.; PINHO, S. Z. Enraizamento de estacas de *Platanus Acerifolia*, tratadas com auxinas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 9, 1994.

ONO, E. O.; RODRIGUES, J. D.; PINHO, S. Z. RODRIGUES, S. D. Enraizamento de estacas de café cv. novo mundo submetidas a tratamentos auxínicos e com boro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 7, 1993.

OSCAR, R. L. J. Effect of different diametres, planting dates, and growthregulator treatments on the rooting of three espécies used as living posts. **Comu. Cient. Agric. Inst. Interamer. Cienc. Agric.** Turrialba, n. 13, p.2, 1960.

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

PATON, D. M.; WILLING, R. R.; NICHOLLS, W.; PRYOR, L. D. Rooting of stem cuttings of Eucalyptus: a rooting inhibitor in adult tissue. **Australian Journal of Botany**, n. 18, p. 175-183, 1970.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Biologia vegetal**. 5 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1996.

RAO, V. N. M; SHANMUGAVELU, K. G. Studies on the effect of pruning in mango. **Propagation and Horticulture**, India, n. 8, p. 21-28, 1976.

REANO, P.C. Histological study and observtions on the effects of some synthetic growth substances on stem tip cuttings of coffe. **Philippine Agriculturist**, n. 29, p. 87-99, 1940.

RÊGO, G. M.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; de C. SILVA, C. Enraizamento de estacas caulinares de corticeira-do-seco (*Erythrina falcalta* (Benth-Fabaceae). In: XII CONGRESSO BRASILEIRO DE SEMENTES, 2003, Londrina. Associação Brasileira de Tecnologia de sementes. Londrina: **Informativo Abrates**, v. 13, n. 3 set/2003.

ROBELLOS, Y. U. Some medicinal forest trees in the Philippines. **Forpridecon Technical Note**. Laguna. Philippines, n.169, p. 3, 1976.

ROBERTS, A. N.; FUCHIGAMI, L. H. Season changes in auxin effects on rooting of Douglas-fir, *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco, stem cuttings as related to bud activity. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen v. 28, n. 2, p. 215-221, 1973.

RODRIGUEZ, A ; ALBUERNE, M.; SÁNCHEZ TAMÉS, R. Rooting ability of *Corylus avellana* L.: macromorphological and histological study **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, n. 35, p. 131-142, 1988.

RUSSO, R.; MORA, E. Parcelas demonstrativas de *Erythrina poeppigiana* com 3 densidades de plantation. In: **Informe técnico final del proyecto –CATIE**, Costa Rica, 217s, Fase 1, p. 17-20, 1989.

SACHS, R. M.; LORETI, F; DE BIE, J. Plant rooting studies indicate sclerenchyma tissue is not a restricting factor. **California Agriculture** , n. 18, p. 4-5, 1964.

SAKAI, W. S. Simple method for differential staining of paraffin embedded plant material using toluidine blue O. **Stain technology**, v. 43, n. 5, p. 274-249, 1973.

SALISBURY, F. B; ROSS, C. W. **Plant Physiology**. 4. ed. California: Wadsworth Publishing Company, 1992.

SÁNCHEZ, G.; ALAVEZ, S. Efecto Del Poro Gigante (*Erythrina poeppigiana*) plantadas en hileras, sobre la produccion del maiz como cultivo asociado. In: **Informe tecnico final del proyecto-CATIE**, Costa Rica, 217s, fase 1, pp. 39-41, 1989.

SÀNCHEZ, G.; ALBA, J.; VIQUEZ, E. Introducción del Poro (*E. poeppigiana*) al modulo demostrativo de propósito múltiple de CATIE. In: **Informe técnico final de projeto-CATIE**, Costa Rica, 217s, fase 1. pp. 62-65, 1989.

SANMUNGAVELU,

SCHAFFER, B; GAUYE, G. O. Seasonal effects of pruning on light penetration, specific leaf density and chlorophyll content of mango. **Science and Horticulture**, Amsterdam, n. 41, p. 55-61, 1989.

STANGLER, B. B. Origin and development of adventitious roots in stem cuttings of *Crysanthemum*, carnation and rose. **Cornell Experimental Station Memoir**, n. 362, p. 1-24, 1956.

STURION, J. A.; RESENDE, M. D. V. Comparação da produção de massa foliar entre clones de Erva-mate. n. 36, março/1999, 4 p. **Comunicado Técnico**.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant Physiology**. 2 ed. Massachusetts, Sinauer Associates Inc. 1998.

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

VANDANA; BHATT, R. K. Vegetative propagation of *Sesbania sesban* and *S. grandiflora* through stem cutting. **Indian Journal Plant Physiology**, v. 6, n.4, p. 416-419, oct-dec., 2001.

VIQUEZ, E. ; CAMACHO, Y. Establishment. In: POWEL, M. H.; WESTLEY, S. B.; **Erythrina production and use: a field Manual**. Paia: Nitrogen tree association, USA, p. 7-11, 1993.

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

WHITE, J; LOVELL, P. H. The anatomy of root initiation in cuttings of *Griselinia littoralis* and *Griselinia lucida*. **Annals of Botany**, UK, n. 56, p. 7-20,1984.

WIESMAN, Z.; LAVEE, S. Enhancement of IBA stimulatory effect on rooting of olive cultivar stem cuttings. **Scientia Horticulturae**, Amsterdan, n. 62, p. 189-198, 1995.

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