

**EFEITOS MORFO-FISIOLÓGICOS DO ANELAMENTO NO
ENRAIZAMENTO DE ESTACAS LENHOSAS DE MACIEIRA
CULTIVAR MALLING-MERTON 106**

JOSÉ CARLOS FACHINELLO

Orientador: Prof. ANTONIO AUGUSTO LUCCHESI

Tese apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Doutor em Agronomia. Área de concentração: Solos e Nutrição de Plantas.

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Julho - 1986

À minha esposa STELLA

Aos meus filhos ALEXANDRE
ANDRÉ
PEDRO

Aos meus pais JOSÉ (in memoriam)
ZELINDA

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

- . À Universidade Federal de Pelotas, através do Departamento de Fitotecnia da Faculdade de Agronomia "Eliseu Maciel" pela liberação para realização do curso de Pós-Graduação;
 - . À Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", pela oportunidade de realização do curso;
 - . À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de estudos;
 - . Ao Professor Antonio Augusto Lucchesi, pela eficiente e dedicada orientação e amizade;
 - . Aos Professores do Curso de Solos e Nutrição de Plantas, pelos ensinamentos ministrados;
 - . Aos colegas pós-graduados pela amizade, apoio e convívio inesquecíveis fornecidos durante o curso;
 - . Ao Departamento de Química da ESALQ, nas pessoas dos Professores Antônio Roque Dechen e Luiz Eduardo Gutierrez, pelas facilidades oferecidas quando da realização de análises de nutrientes minerais e carboidratos;
- Ao Professor Vladimir Rodrigues Sampaio, pela cessão de área e equipamentos para o plantio de material propagativo;
- Aos Professores e funcionários do Departamento de Botânica da ESALQ, pelo apoio e amizade;
- Ao Centro de Informática na Agricultura - CIAGRI da ESALQ, pelas facilidades durante a realização das análises estatísticas;

- . Aos colegas José Ubirajara Fontoura e Morel Pereira Barbosa Filho pela grande amizade, companheirismo e colaboração durante o curso de Pós-Graduação;
- . Ao Professor Elio Kersten, amigo e colega pelo apoio e incentivo;
- . À Reflorestadora Monte Carlo Ltda., Campos Novos, Santa Catarina pela doação do material propagativo utilizado no experimento; e
- . Ao Eng^o Agr^o MSc. Milton Losso pelas facilidades na obtenção do material propagativo e pela amizade e dedicação.

Finalmente, a todos que, de algum modo, tenham contribuído para a realização deste trabalho.

ÍNDICE

	Página
RESUMO	vii
SUMMARY	x
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1. Condições fisiológicas e nutricionais da planta matriz	4
2.2. Estrutura do ramo em relação a formação de raízes adventícias em estacas	9
2.3. Respostas de porta-enxertos de macieira ao enraizamento de estacas de ramo	13
3. MATERIAL E MÉTODOS	19
3.1. Análise química e preparo do solo	19
3.2. Plantio das mudas	20
3.3. Adubação de manutenção e tratos culturais .	21
3.4. Porta-enxerto 'MM-106'	21
3.5. Anelamento dos ramos	22
3.6. Coleta dos ramos e instalação do experimen- to no campo	23
3.6.1. Preparo dos canteiros e condução do experimento	24
3.7. Delineamento experimental	27
3.7.1. Ensaio de campo	27
3.8. Determinações e análises de laboratório ...	28
3.8.1. Preparo de amostras e determinações.	28
3.8.2. Determinações de macro e micronutri- entes	28
3.8.3. Determinações de açúcares solúveis to- tais	29

	Página
3.9. Análise estatística	29
4. RESULTADOS	31
4.1. Anelamento e as modificações morfo-fisiológicas do ramo	32
4.2. Estacas enraizadas	34
4.3. Número de raízes	38
4.4. Matéria seca de raízes	43
4.5. Percentagem de estacas brotadas	46
4.6. Comprimento do ramo	46
4.7. Matéria seca de ramos	50
4.8. Estacas mortas	54
4.9. Estacas que formaram calo	56
4.10. Açúcares solúveis e nitrogênio	58
4.10.1. Açúcares solúveis	58
4.10.2. Nitrogênio	59
4.11. Macro e micronutrientes	59
5. DISCUSSÃO	63
6. CONCLUSÕES	75
7. LITERATURA CITADA	77
8. APÊNDICE	86

EFEITOS MORFO-FISIOLÓGICOS DO ANELAMENTO NO ENRAIZAMENTO
DE ESTACAS LENHOSAS DE MACIEIRA CULTIVAR
Malling-Merton 106

Autor: JOSÉ CARLOS FACHINELLO

Orientador: Prof. ANTONIO AUGUSTO LUCCHESI

RESUMO

O presente trabalho foi realizado com objetivo de verificar a influência do anelamento nas modificações morfo-fisiológicas do ramo, na variação dos teores endógenos de açúcares solúveis, macro e micronutrientes e sua relação com enraizamento de estacas lenhosas do porta-enxerto 'Malling-Merton 106'. O experimento foi realizado nos Departamentos de Agricultura e Horticultura e de Botânica da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, SP, Brasil. O anelamento dos ramos foi realizado em duas épocas: 03/04/85 (época 1) e 23/05/85 (época 2). As formas utilizadas foram: (a) controle (sem anelamento), (b) aneladas com fio fino de cobre "estranguladas" e (c) aneladas através da retirada de um anel de casca. Os ramos utilizados para a obtenção das estacas foram retirados das plantas matrizes no dia 07/07/85 e levados para laboratório, ocasião em que foram divididos em estacas apicais, medianas e basais. Parte das estacas de cada trata-

mento receberam uma aplicação na base com uma solução 2500 ppm de ácido indolilbutírico em tratamento rápido por 5 segundos. Para a análise de açúcares solúveis totais, macro e micronutrientes foram tomadas ao acaso estacas de cada tratamento antes de serem levadas ao leito de enraizamento. O delineamento experimental utilizado foi um fatorial com 3 repetições totalizando 36 tratamentos, sendo que cada tratamento era de 24 estacas. No campo as estacas foram dispostas em espaçamento de 0,10 x 0,15 m sobre canteiros de areia até o dia 22/10/85, época em que foi realizada a avaliação do experimento. Os resultados obtidos através estudos em laboratório e de desenvolvimento, mostraram que o anelamento provocou alteração na morfologia e na fisiologia do ramo, principalmente pela diferenciação de primórdios radiculares e alterações no fluxo descendente de seiva elaborada. As estacas de ramos anelados apresentaram resultados mais expressivos para enraizamento, comprimento do ramo, número de raízes e ganho de matéria seca sendo as estacas da posição basal do ramo foram as mais influenciadas. Para as variáveis estudadas, as formas de anelamento não apresentaram diferença significativa entre si porém foram superiores às estacas não aneladas. As estacas aneladas podem dispensar a aplicação de reguladores vegetais para a iniciação de raízes, ao passo que as estacas não aneladas apresentaram respostas significativas quando tratadas com AIB. Em todos os tratamentos com AIB houve maior ganho de matéria seca. O condicionamento do ramo para o enraizamento, através

do anelamento, foi mais suficiente durante o período de plena atividade vegetativa da planta. A formação de calo na base da estaca não teve relação direta com a percentagem de estacas enraizadas; assim como os aumentos nos teores de açúcares solúveis e nitrogênio total na estaca não foram acompanhados de aumentos no enraizamento das mesmas. Os teores de macro e micronutrientes minerais analisados, praticamente não tiveram alterações com o anelamento. Independente do tipo de anelamento as estacas da posição basal do ramo enraizam melhor que as da posição mediana, e estas melhor que as da posição apical.

MORPHOLOGICAL AND PHYSIOLOGICAL EFFECTS OF GIRDLING
ON ROOTING OF THE WOOD CUTTINGS OF APPLE
CULTIVAR Malling-Merton 106

Author: JOSÉ CARLOS FACHINELLO

Adviser: Prof. ANTONIO AUGUSTO LUCCHESI

SUMMARY

The present work was made with the objective to verify the influence of girdling on the morphological and physiological modifications of the branch, endogenous contents of soluble sugars, macro and micronutrients and the relationships in the rooting of hardwood cuttings of 'Malling - Merton 106' rootstock. The work was carried out in the Department of Agriculture and Horticulture and the Department of Botany, of "Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz", Piracicaba, SP, Brazil. The girdling of the branches was made in two periods: April 3, 85 (period 1) and May 23, 85 (period 2), with three treatments: (a) control (not girdled), (b) girdling with copper wire and (c) girdling by bark ringing the branch. Girdled branch cuttings were removed from the mother plant in July 7, 85, brought to the laboratory and separated in basal, median and apical cuttings. Fifty percent of the cuttings of each treatment were treated with a solution of IBA 2,500 ppm for 5

seconds. Cuttings were selected at random from each treatment before being taken to the field, in order to analyze total soluble sugars and macro and micronutrients. The statistical design utilized was a factorial one with 3 replications, 36 treatments and 24 cuttings in each treatment and the cuttings were placed in sand, up to October 22, 85 when the experiment was evaluated. The results obtained through laboratory and growth studies showed that the girdling promoted morphological and physiological alterations on the branch, mainly by inducing adventitious root formation and alteration on the elaborated sap flow. The cuttings of the girdled branches showed significant results on rooting, shoot length, root number and gain on dry matter. The cuttings of basal portions showed better results among the studied parameters. The form of girdling did not show differences but presented better results with rooting than those not girdled. Girdled cuttings do not require the application of the phytohormone (IBA) to promote root initiation, but not girdled cuttings showed better results with IBA. All treatments that received IBA have showed greater gain in dry matter. The result of the conditioning branch for rooting through girdling is much better when made in the vegetative growth period. The formation of callus on the cutting base does not have direct relation to rooting percentage and the increase of soluble sugars and nitrogen on the cuttings is not responsible for the increase on the rooting of the cuttings. Regardless the girdling form the rooting was better in the basal cuttings, followed by the median and the apical ones.

1. INTRODUÇÃO

No Brasil o cultivo de maceira tem aumentado de maneira expressiva nos últimos anos, passando de 2.700 ha em 1970 (HENTSCHKE, 1978) para 27.000 ha em 1985 (BAPTISTA et alii; 1985). Este aumento da área de cultivo ocorreu basicamente em função da política de incentivos fiscais, necessidade de suprimento do mercado interno e a existência de áreas com condições edafoclimáticas adequadas para o cultivo dessa espécie frutífera no país.

Com a expansão da cultura impõem-se a necessidade de se criar técnicas capazes de produzir mudas com qualidade, de forma rápida e econômica.

O processo tradicional para a multiplicação de porta-enxertos de macieira é através da mergulhia de cepa. Essa técnica possibilita a obtenção de aproximadamente 4 porta-enxertos/ano por matriz, a partir do segundo ano de plantio, requerendo áreas relativamente grandes para viveiros, o que contribui para onerar o custo da muda.

A propagação vegetativa de porta-enxertos de macieira através de estacas lenhosas de ramos tem sido objetos de estudo de vários pesquisadores, entre eles: GARDNER (1937); HARTMANN et alii (1965), ASHIRU e CARLSON (1968); DOUD e CARLSON (1977), HOWARD (1978), DENARDI (1980); BASSUK e HOWARD (1981) e HOWARD et alii (1984), entretanto, ainda não se dispõe de uma técnica capaz de dar respostas satisfatórias, pois vários fatores de ordem bioquímica e fisiológica estão envolvidos.

Desta maneira a obtenção de técnicas que possibilitassem a multiplicação de porta-enxertos através de estacas lenhosas, teria uma aceitação imediata entre os produtores de mudas. Pois, utilizar-se-ia o material vegetativo normalmente descartado no ato da enxertia no período de inverno e um pequeno espaço físico para o cultivo das estacas.

O porta-enxerto 'Malling-Merton 106' (MM-106) é um dos mais cultivados nas condições do sul do Brasil, pelas suas características agronômicas, embora apresente dificuldade na propagação por estaquia. Com isso a investigação dos fatores que intervêm no processo de enraizamento assume grande importância.

A utilização de técnicas que condicionassem a planta e possibilitassem alterações na morfologia e na fisiologia, como é o caso do anelamento, poderiam alterar os teores endógenos de cofatores envolvidos com o processo de enraizamento. Estes cofatores seriam principalmente auxinas, substâncias nitrogenadas, fenóis entre outros.

O presente trabalho foi conduzido com a finalidade de verificar a influência do anelamento nas modificações morfo-fisiológicas do ramo, na variação dos teores endógenos de açúcares solúveis, macro e micronutrientes minerais e sua importância no enraizamento de estacas lenhosas na presença e ausência do ácido indolilbutírico em duas épocas, no porta-enxerto 'MM-106', para macieira.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. CONDIÇÕES FISIOLÓGICAS E NUTRICIONAIS DA PLANTA MATRIZ

A condição fisiológica da planta aliada a uma nutrição equilibrada, geralmente resultam num aumento da percentagem de estacas enraizadas (HAUN e CORNELL, 1951; PEARSE, 1943; SAMISH e SPIEGEL, 1957 e WESTWOOD, 1972). A presença de carboidratos, substâncias nitrogenadas, aminoácidos, auxinas, compostos fenólicos (STOLTZ e HESS, 1966a; DOUD e CARLSON, 1977; HARTMANN e KESTER, 1975; BASSUK e HOWARD, 1981 e FROLICH, 1961) e substâncias promotoras do enraizamento ainda não identificadas (FADL e HARTMANN, 1967), contribuem para a iniciação de raízes adventícias quando combinadas em concentrações e proporções adequadas.

Existem evidências que as estacas provenientes de plantas bem nutridas, porém com teores de nitrogênio menores que as plantas bem supridas deste nutriente, enraizam com

mais facilidade, nesta situação o maior índice de enraizamento é atribuído ao maior acúmulo de carboidratos ou possivelmente pela redução dos níveis de citocininas na estaca (HAUN e CORNELL, 1951 e PEARSE, 1943). O metabolismo do nitrogênio em estacas não é ainda bem esclarecido quanto é o do carbono. Os trabalhos de pesquisa sempre procuram relacionar a capacidade de enraizamento com a relação Carbono/Nitrogênio (C/N), evidenciando que uma alta relação C/N é favorável a iniciação de raízes ao passo que uma baixa relação é favorável ao desenvolvimento de ramos. O uso da relação simplesmente torna-se complexa, pois, as respostas dependem da magnitude das quantidades de nitrogênio e carboidratos presentes e também suas relações.

PEARSE (1943), cultivou estacas de videira em solução nutritiva na ausência de nitrogênio e obteve um bom enraizamento das estacas, ao passo que aquelas cultivadas em solução deficiente em P, K, Mg e Ca o enraizamento foi prejudicado. Para HAISSIG (1974), a iniciação de raízes e seu desenvolvimento requerem nitrogênio para suprir a grande quantidade de ácidos nucleicos e proteínas. Existindo um nível crítico abaixo do qual ocorre a iniciação de raízes. A aplicação de nitrogênio na forma de nitrato modifica a iniciação de primórdios radiculares, e faz com que haja um desenvolvimento de raízes em condições sub-ótimas de nitrogênio. De acordo com o autor, o nitrato é necessário para o metabolismo de carboidratos e também quando aplicado em solução aumentou a quantidade de auxinas nas extremidades dos ramos (AVERY e POTTORF, 1945).

As reservas orgânicas, e principalmente o amido constituem um fator importante para o desenvolvimento de raízes adventícias (ARENS e ARENS, 1972; CHEFFINS e HOWARD, 1982), pois o amido quando presente na estaca constituiu-se a única fonte de carboidratos que irá prover a energia necessária para a iniciação e o desenvolvimento de primórdios radiculares (VIEITZ et alii, 1980). Geralmente o teor de amido diminui da base para o ápice do ramo, por este motivo as estacas de porta-enxertos de macieira da porção basal do ramo apresentam um maior potencial de enraizamento que aquelas medianas e apicais (HARTMANN e KESTER, 1975; DOUD e CARLSON, 1972). Estes autores atribuem estas diferenças de enraizamento ao maior acúmulo de carboidratos, e também a diferenças bioquímicas nesta região do ramo. DOUD e CARLSON (1977), encontraram uma correlação positiva entre o acúmulo de amido próximo a gemas no ramo, e capacidade de enraizamento em estacas de macieira.

Para CHEFFINS e HOWARD (1982), nem sempre a habilidade do porta-enxerto está relacionada com as diferenças de concentração de carboidratos existentes nas estacas de diferentes clones de porta-enxertos, mas sim na capacidade que cada um possui de redistribuí-los para os tecidos da porção basal da estaca.

Estacas de videira cultivadas por SAMISH e SPIEGEL (1957), em solução nutritiva com N, P, K e Zn, verificaram um aumento na porcentagem de triptofano e na proteína to-

tal do sarmento. Os autores sugerem que houve um acréscimo de auxinas a partir do triptofano acumulado. Plantas deficientes em Zn mostraram redução nos níveis de ácido indolil acético (AIA) pela redução na síntese de triptofano (HARTMANN e KESTER, 1975). Entretanto para SKOOG (1940), o Zn não é o principal requerimento para a síntese de auxinas mas ele é necessário para mantê-la em estado livre. A falta de Zn provoca excessiva destruição de auxinas, provavelmente por oxidação.

O boro não tem efeito sobre a iniciação de raízes, ele é essencial para o crescimento normal das mesmas (MURRAY et alii, 1956). O AIA pode substituir o boro como elemento essencial para o desenvolvimento de raízes. Trabalhos conduzidos por EATON (1940), provaram que o AIA adicionado em soluções nutritivas substitui em parte o boro, para o autor o boro é essencial para síntese de auxinas na planta. Para GAUCH e DUGGER (1953) o boro reage com os açúcares para formar um complexo ionizável: açúcar-borato que passa através da membrana celular mais facilmente que o borato. Para eles a deficiência de boro nada mais é do que uma deficiência de açúcares no câmbio, e que na ausência deste nutriente, os carboidratos tornam-se mais concentrados no local de síntese.

Apesar da importância da nutrição mineral e orgânica da planta onde as estacas são retiradas, outros fatores de ordem citoquímica e anatômica estão envolvidos, e que devem ser considerados na busca de novos esclarecimentos so-

bre as condições necessárias para iniciação de raízes em estacas de plantas de difícil enraizamento, como é o caso da macieira.

Uma extensa revisão da literatura sobre fatores endógenos e exógenos envolvidos no processo de enraizamento foi realizada por HARTMANN e KESTER (1975); WESTWOOD (1972) e WEAVER (1976), onde os autores evidenciam as diferenças entre espécies e cultivares e sua capacidade para formar raízes em estacas. De acordo com os autores o equilíbrio nutricional, auxinas e cofatores do enraizamento presentes na estaca do ramo são a base para a iniciação de raízes. Este equilíbrio pode ser modificado pelas várias combinações genéticas, controle do meio e fatores químicos. O enraizamento é extremamente polar, assim como o movimento basipeto de auxinas e cofatores do enraizamento que são produzidos nas folhas e gemas. Os fatores genéticos e do meio tem um efeito marcante sobre o tipo e quantidade de cofatores do enraizamento. Estes cofatores parecem ser compostos fenólicos que interagem com auxinas para estimular o enraizamento (FADL e HARTMANN, 1967; BASSUK e HOWARD, 1981; BASSUK et alii, 1981; HAISSIG, 1974; ASHIRU e CARLSON, 1968; HESS, 1968; YOUNG e WESTWOOD, 1975; PIATROWSKI et alii, 1973).

O balanço dos fatores bioquímicos requeridos para a iniciação de raízes são constantes, mas eles podem ser modificados por diferentes meios junto a diferentes estações do ano. Estas alterações podem ser feitas através de condi-

cionamentos aplicados à planta tais como: anelamento do ramo sobre a planta antes da retirada da estaca (STOLTZ e HESS, 1966a; STOLTZ e HESS, 1966b; MENDES, 1959), estíolação (GARDNER, 1937; DOUD e CARLSON, 1977; HARRISON-MURRAY, 1982; HERMAN e HESS, 1963; FROLICH, 1971), aplicações de reguladores de vegetais e injúrias mecânicas ou a combinação entre eles (GÓRECKI, 1979; HOWARD et alii, 1984).

2.2. ESTRUTURA DO RAMO EM RELAÇÃO A FORMAÇÃO DE RAÍZES ADVENTÍCIAS EM ESTACAS

Em plantas perenes lenhosas onde se encontram uma ou mais camadas de tecido de floema secundário, as raízes adventícias das estacas de ramos se originam geralmente do tecido do floema secundário jovem, entretanto essas raízes poderão surgir de outros tecidos, tais como: do câmbio, dos raios vasculares ou a da medula (SATO, 1956 e BUCK, 1954). Nas espécies de enraizamento difícil praticamente todas as raízes se originam a partir do tecido cicatricial. Neste tecido as raízes surgem principalmente por divisões do câmbio e do parênquima liberiano ou de qualquer célula viva que não tenha desenvolvido membranas secundárias. Antes da raiz adventícia emergir, ela diferencia um promeristema, uma coifa, o início do cilindro vascular e o córtex. Por ocasião da diferenciação dos elementos vasculares das raízes adventícias, células

do calo ou de outros parênquimas localizados na parte proximal do primórdio se diferenciam em elementos vasculares, proporcionando a conexão com os elementos correspondentes do órgão em formação (ESAU, 1974). Geralmente as raízes adventícias são iniciadas depois que a estaca é retirada do ramo, entretanto em algumas espécies já existem primórdios pré-formados no ramo. Estes primórdios de raízes em macieira, surgem a partir de células do parênquima localizado em lacunas de folhas e ramos na região do nó que se tornam meristemáticas a partir de raios medulares do câmbio (SWINGLE, 1927). No ramo, os primórdios radiculares permanecem latentes e se as estacas destes ramos forem colocadas em condições favoráveis podem desenvolver raízes adventícias. Espécies vegetais tais como o salgueiro (*Salix*), álamos (*Populus*) e algumas espécies de macieira e marmeleiro apresentam estes primórdios de raízes pré-formados (STOUTEMYER, 1937; BALDINI e MOSSE, 1956; SWINGLE, 1927; HARTMANN e KESTER, 1975).

As raízes pré-formadas no ramo não são essenciais para o enraizamento, pois a maioria das espécies vegetais tais como a videira, enraizam facilmente quando não apresenta primórdios de raízes pré-formadas. Para as espécies de enraizamento difícil como são as estacas lenhosas de macieira, as raízes pré-formadas se constituem uma alternativa para a multiplicação vegetativa. Para WESTWOOD (1982), nestas espécies com raízes pré-formadas no ramo a grande dificuldade é induzir a sua alongação.

No ramo de algumas espécies e cultivares de ma
cieira surgem na região do no acima das gemas uma intumescên-
cia, dentro desta formação é possível encontrar uma grande
quantidade de raízes adventícias pré-formadas. De acordo com
Knight em 1809, citado por SWINGLE (1927), estas intumescên-
cias que se formam próximo das gemas, vão aumentando de volu-
me fazendo com que as gemas se tornem menores e menos proemi-
nentes. Estas formações chamadas de "burrknots" por SWINGLE
(1927), uma vez presentes no ramo podem promover o enraiza-
mento da estaca quando colocadas em condições favoráveis para
tal.

Em ramos da macieira também podem ocorrer for-
mações denominados esferoblastos (BALDINI e MOSSE, 1956; HA-
CHER e GARNER, 1954; BEAKBANE, 1961), na forma de nódulos sob
a casca que podem originar gemas adventícias (STOUTEMYER, 1937).
O esferoblasto possui um câmbio próprio e pode crescer duran-
te vários anos formando anéis anuais e eventualmente produz
elevações no tronco ou no ramo. Estas formações podem ser in-
duzidas através de podas drásticas e remoção de gemas do ra-
mo (HATCHER e GARNER, 1954). Os ramos que surgem a partir do
esfaeroblasto apresentam poucas fibras e esclereídeos no floe-
ma primário quando comparados com os ramos normais. Além dis-
so restauram a fase juvenil da planta, e ao serem utiliza-
dos como estacas aumentam a capacidade de enraizamento (BALDI-
NI e MOSSE, 1956; STOUTEMYER, 1937).

DOUD e CARLSON (1977), trabalhando com estacas

de macieira estioladas mostraram através de estudos anatômicos que o enraizamento na região do n^o estava associado com as gemas parenquimatosas e cicatrizes de folhas no ramo. Estes autores observaram que a estiolação causava um significativo incremento no teor de amido, decréscimo na esclerificação e diferenciação dos tecidos; sendo a esclerificação do ramo estava negativamente correlacionada com a capacidade de enraizamento. Com exceção de raízes que surgem a partir da intumescência na região do n^o, não existem informações claras da existência de raízes pré-formadas em macieira antes do estiolamento.

Apesar de alguns autores, entre eles BEAKBANE (1961), relacionarem a capacidade de enraizamento de estacas de algumas espécies com a formação de anéis de esclerenquima sobre os feixes vasculares; outros têm demonstrado que as diferenças bioquímicas nas células meristemáticas do ramo em vários estágios de desenvolvimento são mais importante que as características anatômicas (STOUTEMYER, 1937; HARTMANN e KESTER, 1975). Para HARTMANN e KESTER (1975), o estabelecimento de condições favoráveis para o enraizamento deve considerar as interações entre certos fatores fixos dentro da célula, com uma enzima polifenólica, nutrientes e fatores endógenos do enraizamento de translocação fácil na planta.

2.3. RESPOSTAS DE PORTA-ENXERTOS DE MACIEIRA AO ENRAIZAMENTO DE ESTACAS DE RAMO

Os porta-enxertos de macieira mais utilizados atualmente ainda são propagados através da mergulhia (HARTMANN e KESTER, 1975; DOUD e CARLSON, 1977). A utilização de outros órgãos vegetativos tais como: estacas de raiz (ROBINSON e SHWABE, 1977), estacas de ramos de gemas adventícias e de pecíolos de folhas (STOUTEMYER, 1937), tem sido pouco explorados, ao passo que o uso de estacas herbáceas de ramos tem apresentado resultados mais animadores quando mantidas em nebulização intermitente. (PIATROWSKI et alii, 1973; GÓRECKI, 1980)

A multiplicação de plantas através de estacas de ramos é prática comum em fruticultura. Entretanto com a macieira os resultados obtidos com enraizamento em estacas lenhosas, em condições de campo, têm sido pouco animadores, tendo-se em vista que é uma espécie de difícil enraizamento (STOUTEMYER, 1937; HARTMANN e KESTER, 1975).

Nas últimas décadas, vários pesquisadores tem se preocupado em isolar e caracterizar os principais fatores envolvidos no processo de enraizamento, principalmente os fatores endógenos (STOLTZ e HESS, 1966b; FADL e HARTMANN, 1967; BASSUK et alii, 1981; BASSUK e HOWARD, 1981), pois foi verificado que além do estado fisiológico, nutricional, controle das condições do meio e reguladores de vegetais é necessã-

rio muitas vezes condicionar a planta matriz ou o ramo de onde a estaca vai ser retirada. As técnicas utilizadas como forma de condicionar a planta são: estiolamento (STOLTZ e HESS, 1966b; HERMAN e HESS, 1963; GARDNER, 1937; DOUD e CARLSON, 1977; HARRISON-MURRAY, 1982), anelamento (STOLTZ e HESS, 1966a; GARDNER, 1937), injúrias mecânicas (HOWARD *et alii*, 1984) e estacas de ramos rejuvenescidos. Estas formas de condicionamento possibilitam uma alteração no balanço hormonal, citoquímico e nutricional do ramo aumentando assim a probabilidade de enraizamento da estaca.

Trabalhos conduzidos por DENARDI (1980) com estacas lenhosas de ramos do porta-enxerto de macieira 'MM-106' tratadas na base com 3000 ppm de AIB, e estratificadas em temperaturas de 3-5°C por períodos de 5 a 10 semanas, apresentaram resultados com até 32% de estacas enraizadas, nos tratamentos que combinaram a presença de AIB e um período de 10 semanas de estratificação com temperaturas de 3-5°C. De acordo com HARTMANN e KESTER (1975), a estratificação com baixas temperaturas promove a iniciação de primórdios radiculares na base da estaca, e impede o desenvolvimento precoce de brotações, as quais teriam efeito prejudicial, exaurindo suas reservas e provocando desidratação pela transpiração da brotação.

Resultados mais animadores foram obtidos por (HARTMANN *et alii*, 1965; CHILD e HUGHES, 1978; HOWARD, 1978; CHEFFINS e HOWARD, 1982; HOWARD *et alii*, 1984), quando utili-

zaram estacas lenhosas em meios de enraizamento com misturas de areia, esfagno e perlita; tratamento na base da estaca com AIB e temperatura no leito de enraizamento (base das estacas) em torno de 21 a 25°C por períodos de até 4 semanas. A temperatura na parte superior da estaca foi a própria temperatura do ambiente uma vez que este processo é realizado no final do outono e início do inverno, quando as temperaturas são baixas em regiões de clima temperado. HARTMANN et alii (1965) utilizaram esta técnica e obtiveram resultados de 28,8% de estacas enraizadas com o porta-enxerto 'MM-106'. Já HOWARD et alii, (1984) obtiveram resultados de até 94% de estacas enraizadas com o porta-enxerto 'EM-26', quando além do controle da temperatura no meio de enraizamento fizeram incisões na base da estaca seguidas do tratamento com AIB. Segundo os autores, as incisões na base da estaca expõem o câmbio e a região do córtex, aumentando assim a interação com o regulador vegetal. As lesões nos tecidos estimulam a divisão celular produzindo primórdios radiculares, possivelmente devido ao acúmulo de carboidratos, auxinas e síntese de etileno nessa região lesada (HARTMANN e KESTER, 1975; WESTWOOD, 1982).

O estiolamento de ramos ou mesmo da planta toda é uma forma de pré-condicionamento que pode ser utilizada na propagação de porta-enxertos de macieira. DOUD e CARLSON (1977), utilizaram estacas de ramos estiolados de macieira e em apenas 7 dias foi possível obter o enraizamento, em condição de nebulização, ao passo que aquelas provenientes de ra-

mos não estiolados não enraizaram. Para eles o estiolamento promove um estímulo à iniciação radicular em áreas ricas em amido e regiões pouco diferenciadas, bem como um ajustamento do nível endógeno de hormônios aliados a uma redução na lignificação nos tecidos estiolados. O enraizamento ocorria na região do n^o próximo da gema e estava associado a gemas parenquimatosas e lesões de cicatrizes de folhas no ramo. Os resultados obtidos foram da ordem de 86,3% de estacas enraizadas com o porta-enxerto 'MM-106'.

HARRISON-MURRAY (1982) aplicaram o estiolamento em toda a planta matriz do porta-enxerto 'EM-9' e posteriormente retiraram as estacas e colocaram para enraizar. Com essa técnica a percentagem de estacas enraizadas passou de 11 para 78%. Nos trabalhos realizados com estiolamento foi possível verificar que mesmo antes da estaca ser retirada da planta para o enraizamento já era possível observar os primórdios de raízes (GARDNER, 1937; DOUD e CARLSON, 1977).

A prática do anelamento do ramo sobre a planta antes da retirada da estaca é uma forma de condicionamento que pode trazer aumentos significativos na percentagem de estacas enraizadas. HIGDON e WESTWOOD (1963), trabalharam com estacas aneladas de pereira e verificaram que houve um aumento na percentagem de estacas enraizadas e que o anelamento dispensava a aplicação exógena de auxinas. Pois, o anelamento promove um bloqueamento do movimento descendente de carboidratos e os demais cofatores envolvidos no processo de enraizamento. Já

foi demonstrado que o anelamento ocasiona um aumento no nível natural de auxinas acima do anel e uma diminuição abaixo, bem como aumento de células parenquimatosas e tecidos menos diferenciados (HARTMANN e KESTER, 1975). Esta técnica quando realizada no ramo da planta combinada com estiolamento a percentagem de estacas enraizadas em macieira podem chegar a 100% (GARDNER, 1937).

ASHIRU e CARLSON (1968), estudaram o efeito de quatro tratamentos com AIB (0, 1000, 1500 e 2000 ppm) em tratamentos por imersão rápida, na base da estaca de 2 porta-enxertos de macieira 'EM-2' e 'MM-106'. Depois do tratamento as estacas foram mantidas em meio de enraizamento com temperaturas de 16 a 21°C, os melhores resultados no enraizamento para os dois porta-enxertos foram obtidos com 1500 ppm de AIB. Os resultados obtidos com o porta-enxerto 'EM-2' foram inferiores àqueles com o 'MM-106'. Baseados nos resultados os autores tentaram correlacioná-los com fatores endógenos envolvidos no processo de enraizamento. Para tanto, utilizaram os resultados da cromatografia e bioensaio., verificando que tanto o porta-enxerto 'MM-106' e 'EM-2' apresentavam 2 promotores (fator 1 e 2) de enraizamento muito semelhantes. Um inibidor do enraizamento foi encontrado no 'EM-2', e no 'MM-106' na mesma posição foi encontrado outro promotor de crescimento (fator 3). Posteriormente realizou-se um enxerto do 'EM-2' sobre o 'MM-106' e observou-se que houve uma redução na formação no número de raízes do porta-enxerto 'MM-106'.

Trabalhos desenvolvidos por GÓRECKI (1980), com estacas herbáceas dos porta-enxertos de macieira 'EM-26' e 'MM-106' verificou diferenças significativas nas quantidades de monofenóis, diidroxifenóis, fenóis totais e proteínas, assim como na atividade de peroxidase e fenol oxidase. Entretanto estas diferenças não tiveram correlação com a habilidade de enraizamento das estacas. Somente nas estacas do 'MM-106' tratadas com AIB a baixa quantidade de monofenóis foi correlacionada com o melhor enraizamento obtido. Pois, segundo o autor, existe uma interrelação entre o conteúdo fenólico (cofatores do enraizamento), atividade enzimática e reguladores vegetais. Para BASSUK et alii (1981), é possível que o enraizamento esteja diretamente estimulado pela formação de um complexo fenol-auxina, que requer a presença da enzima polifenol oxidase.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Para realização desta pesquisa foram utilizados porta-enxertos 'MM-106', enraizados de macieira, procedentes da Reflorestadora Monte Carlo Ltda, Monte Carlo, município de Campos Novos, Estado de Santa Catarina.

As mudas foram trazidas no dia 10/07/84 e plantadas imediatamente em solo classificado como Latossolo Vermelho em área experimental do Departamento de Agricultura e Horticultura da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" Piracicaba, Estado de São Paulo.

3.1. ANÁLISE QUÍMICA E PREPARO DO SOLO

A análise química da camada arável do solo (0-25 cm) foi efetuada no Laboratório de Solo, do Departamento de Solos, Geologia e Fertilizantes da Escola Superior de Agri

cultura "Luiz de Queiroz", sendo seu resultado apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Resultado da análise química do solo onde foram realizados os ensaios de campo.

pH	C %	Teor trocável, em meq/100 ml de terra					
		PO_4^{-3}	K^+	Ca^{+2}	Mg^{+3}	Al^{+3}	H^+
5,0	0,84	0,02	0,20	2,0	0,76	0,32	4,8

P e K - extrator ácido sulfúrico 0,05 N

Ca, Mg e Al - extrator cloreto de potássio 1 N.

H - extrator acetado de cálcio 1 N pH 7,0.

A correção do solo foi baseada nos resultados da análise química e a interpretação segundo as tabelas propostas pelo Instituto Agronômico de Campinas.

O calcário foi incorporado através de lavrações até a profundidade de 20 cm, sendo que o fósforo e o potássio foram incorporados antes da gradagem.

3.2. PLANTIO DAS MUDAS

As mudas foram dispostas em filas espaçadas de 1 m na entrelinha e 40 cm na linha. Para o plantio abriu-se

uma cova com tamanho suficiente para acomodar o sistema radicular das mesmas. Depois do plantio as mudas foram rebaixadas até a altura de 10 cm do solo, permanecendo com uma haste única e irrigadas de forma conveniente.

3.3. ADUBAÇÃO DE MANUTENÇÃO E TRATOS CULTURAIS

A adubação de manutenção foi realizada com nitrogênio, sendo que a primeira aplicação foi realizada no início da brotação com 50 g de sulfato de amônio por planta. Posteriormente a cada 60 dias a prática era repetida com a mesma quantidade, no período vegetativo, tendo-se o cuidado de incorporá-lo através de capinas manuais.

No transcorrer do ensaio foram realizadas duas pulverizações contra pulgões (*Aphis pomi*), quando o ataque era intenso e estava prejudicando o desenvolvimento dos lançamentos. Para tanto utilizou-se o inseticida Acefato (Orthene) em dose recomendada pelo fabricante.

3.4. PORTA-ENXERTO 'MM-106'

O porta-enxerto Malling-Merton 106 (MM-106) é um dos cultivares mais utilizados para obtenção de mudas de macieira enxertadas nas principais regiões produtoras de ma-

ções do mundo, inclusive no Brasil onde ele representa em torno de 50% dos porta-enxertos utilizados.

O 'MM-106' é um clone e pertence a uma série de quinze porta-enxertos obtidos a partir de 1928, na Inglaterra pela ação conjunta da "East Malling Research Station e da John Innes Horticultural Institution"; desta série atualmente quatro cultivares são mais utilizados: MM-104; MM-106; MM-109 e MM-111 (PRESTON, 1953 e DENARDI, 1984). Ele é o resultado do cruzamento dos porta-enxertos Northern Spy e Merton Imunes (PRESTON, 1955).

O 'MM-106' caracteriza-se por induzir produtividade, precocidade na produção, porte semivigoroso, conferindo horizontalidade aos ramos; compatível com a maior parte dos cultivares de macieira, é resistente ao pulgão lanígero (*Eriosoma lanigerum*, Hausm), sistema radicular vigoroso, adapta-se a diversos tipos de solo, excluindo-se solos com problemas de drenagem, pois o excesso de umidade favorece a podridão do colo (PRESTON, 1953; PRESTON, 1955 e CARLSON, 1962).

3.5. ANELAMENTO DOS RAMOS

O anelamento foi realizado em duas épocas: 03/04/85 (época 1) e 23/05/85 (época 2); na ocasião 150 plantas foram aneladas em cada época. Os tratamentos utilizados foram: a) sem anelamento; b) aneladas com fio fino de cobre

(estranguladas) e c) aneladas através da retirada de um anel de casca de 0,5 cm na volta do ramo a uma altura de 30 cm do solo, sendo realizada apenas uma incisão em cada ramo. No caso do estrangulamento com arame baseou-se na técnica de MENDES (1959), que consistiu no enrolamento do ramo com um fio fino de cobre com auxílio de um alicate provocando-se o estrangulamento do ramo até atingir o lenho.

3.6. COLETA DOS RAMOS E INSTALAÇÃO DO EXPERIMENTO NO CAMPO

Os ramos anelados nas duas épocas foram coletados no dia 07/07/85. Em laboratório cada ramo foi identificado e dividido em três partes: apical, mediana e basal. Destas porções foram retiradas as estacas que tinham um comprimento de 30 cm, e diâmetro médio de 0,62 cm para as apicais; 0,92 cm para as medianas e 1,46 cm para as basais. Em seguida os seus ápices foram submersos em parafina líquida até uma altura de 0,5 cm, e posteriormente colocadas em uma solução contendo 250 g de Captan para 100 litros de água, até o momento em que as mesmas foram levadas ao campo.

Conforme a programação, parte das estacas foram tratadas na base, até uma altura de 3 cm, com uma solução de AIB (ácido indolilbutírico) a 2500 ppm por 5 segundos. O IBA foi dissolvido em KOH 5N, na razão de 1 ml para uma grama do ácido.

3.6.1. PREPARO DOS CANTEIROS E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

A parte experimental de campo sobre o enraizamento foi conduzida em áreas do Departamento de Botânica da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - Piracicaba-SP.

Para o preparo dos canteiros utilizou-se uma camada de areia de aproximadamente 30 cm. Nestes canteiros as estacas ficaram distanciadas de 10 cm entre si, e as linhas de 15 cm. Todas as estacas foram enterradas até uma profundidade de $2/3$ de seu comprimento. Depois do estaqueamento irrigou-se todas as parcelas, e, para evitar-se problemas de insolação no material provocou-se sombreamento parcial das estacas cobertura de folhas de palmeiras; o estrado ficou aproximadamente a 60 cm acima das estacas, permanecendo até 15 dias antes da avaliação do experimento.

A irrigação era feita diariamente e procurava-se manter o meio de enraizamento próximo da capacidade de campo, ou seja em torno de 19% de umidade conforme mostra a Figura 1. Diariamente este valor era controlado com leituras em tensiômetro instalado a uma profundidade de 20 cm no local do experimento.

A temperatura média do ar, a umidade relativa, precipitação e temperatura mínima, média e máxima do solo no leito de enraizamento são mostrados na Figura 2.

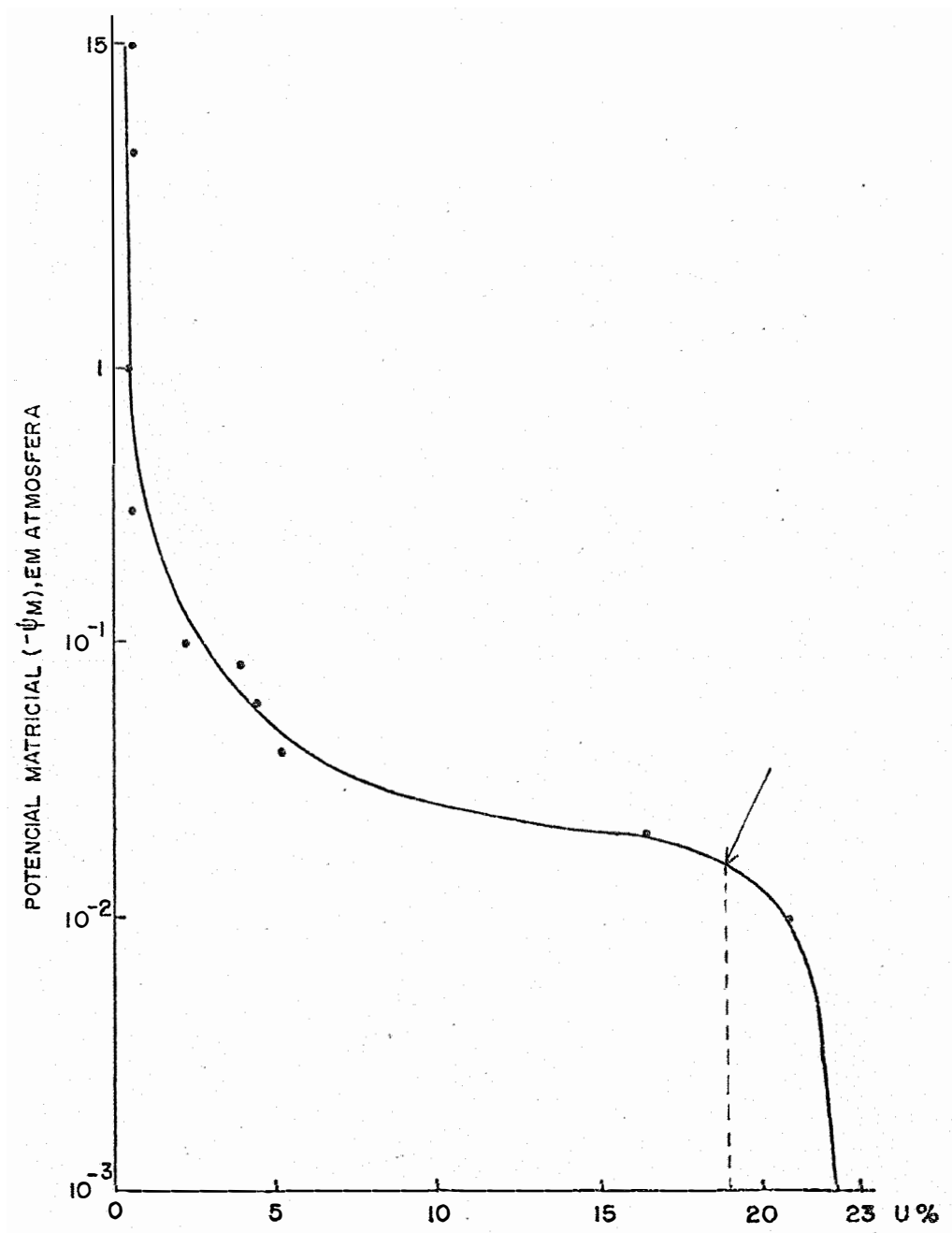


Figura 1 - Curva característica de umidade do substrato (areia) utilizado como meio de enraizamento.

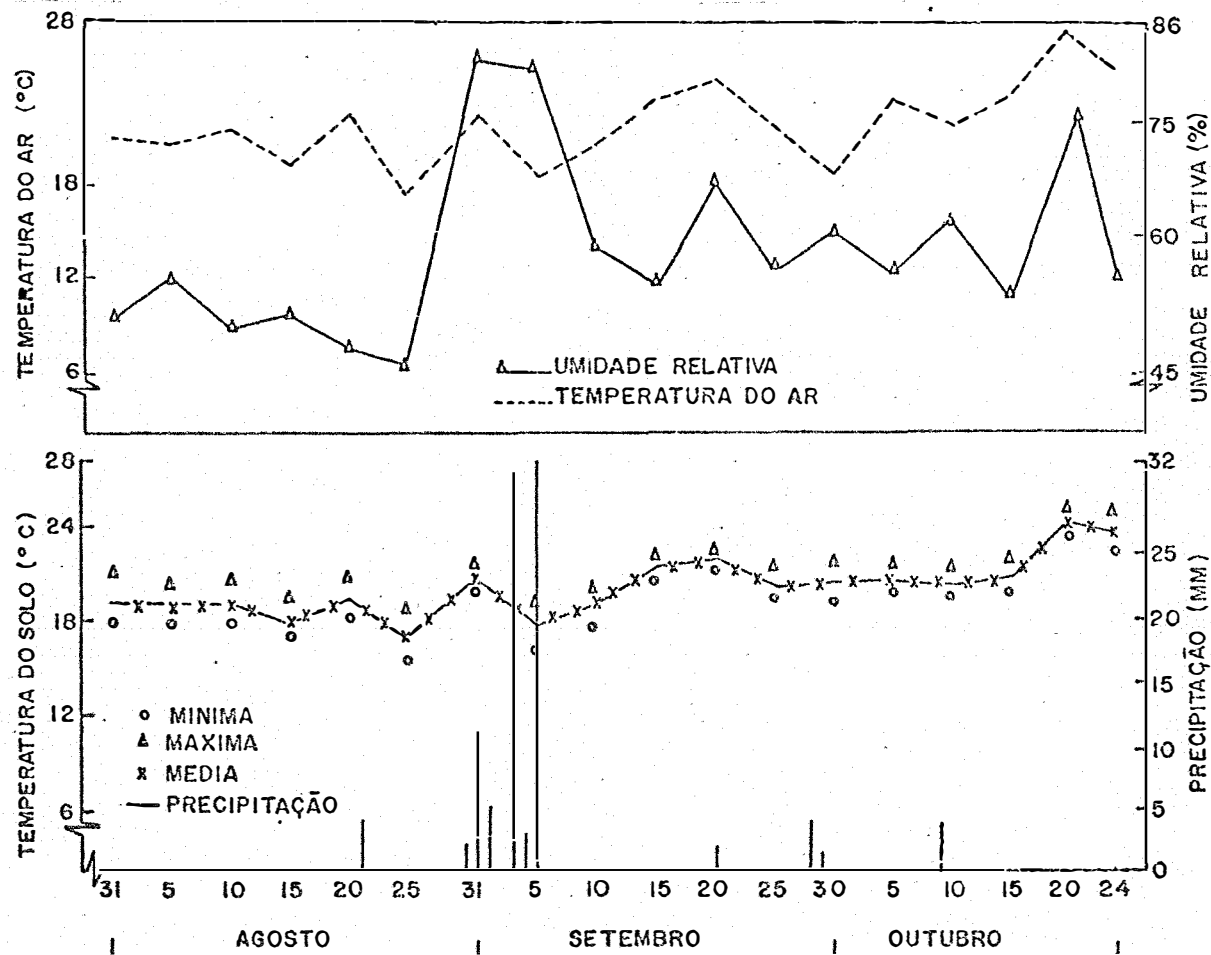


Figura 2 - Médias de temperatura do ar, umidade relativa, temperatura média, mínima e máxima do solo e precipitação durante o período experimental.

O estaqueamento foi realizado no dia 10/07/85 e os resultados obtidos no dia 22/10/85. Na ocasião foram avaliados: a) modificações morfo-fisiológicas da estaca; b) percentagem de estacas enraizadas, c) número de raízes e com-

primento do broto da estaca, d) estacas brotadas e estacas mortas, e) estacas que formaram calo porém não formaram raízes, f) matéria seca de ramos e raízes e g) análises químicas de nutrientes e açúcares solúveis totais.

3.7. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

3.7.1. ENSAIO DE CAMPO

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, no esquema fatorial, com 36 tratamentos em 3 repetições, sendo que cada parcela era composta de 8 estacas, totalizando 864 estacas. Os tratamentos foram: a) 3 tipos de anelamento (estranguladas, aneladas e não aneladas); b) 3 tipos de estacas (apicais, medianas e basais); c) 2 concentrações de AIB (zero e 2500 ppm) e d) 2 épocas (época 1: 03/04/85; época 2: 23/05/85).

O delineamento experimental para as análises de laboratório foi idêntico ao ensaio de campo com exceção da presença e ausência de AIB. Pois, estacas tratadas com AIB não foram analisadas já que o regulador de crescimento (AIB) só foi aplicado nas estacas que iriam ser levadas ao campo para o enraizamento. Portanto, o delineamento ficou reduzido a 18 tratamentos (3 tipos de anelamento, 3 tipos de estacas e 2 épocas).

3.8. DETERMINAÇÕES E ANÁLISES DE LABORATÓRIO

3.8.1. PREPARO DE AMOSTRAS E DETERMINAÇÕES

As amostras foram obtidas a partir de estacas colhidas no campo e de cada tratamento. As estacas eram divididas ao meio no sentido longitudinal, pois uma metade da estaca foi utilizada para determinações de macro e micronutrientes minerais e outra para determinações de açúcares solúveis totais. A metade que correspondia aos nutrientes minerais foi colocada em estufa à temperatura de 70°C, até obter-se peso constante. Após a secagem, as estacas foram trituradas em moinho Willey, homogeneizadas e acondicionadas em sacos de papel encerado, para posterior realização das análises pertinentes. A outra metade da estaca foi utilizada para determinação de açúcares solúveis totais, cuja amostra foi obtida ralando-se a base das estacas de cada tratamento com ralador manual até obter-se um pó bastante fino. Em seguida a amostra foi homogeneizada e acondicionada em frasco hermeticamente fechado e armazenadas em Freezer a -20°C para posterior determinações.

3.8.2. DETERMINAÇÕES DE MACRO E MICRONUTRIENTES

As análises foram realizadas no Departamento de Química da ESALQ-Piracicaba-SP.

O nitrogênio foi determinado pelo método Kjeldahl; o fósforo por colorimetria; o potássio por fotometria de chama; o cálcio, magnésio, cobre, manganês e zinco por espectrofotometria de absorção atômica; enxofre por gravimetria e boro pelo método da curcumina, segundo processos descritos por SARRUGE e HAAG (1974).

3.8.3. DETERMINAÇÕES DE AÇÚCARES SOLÚVEIS TOTAIS

Os açúcares solúveis totais foram extraídos com água em ebulição durante 30 minutos e o método utilizado foi o do fenol sulfúrico, baseado no método descrito por DUBOIS et alii (1956). As leituras foram realizadas em Fotocolorímetro Klett-Summerson, modelo 800-3 série 31565. Os resultados foram expressos em gramas de glucose por 100 gramas de matéria seca, pois o padrão utilizado foi a glucose.

3.9. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para todas as variáveis realizou-se a análise de variância, e, posteriormente o desdobramento das interações conforme o esquema fatorial proposto. As diferenças entre médias dos tratamentos foram comparadas através do teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Os dados provenientes de contagens e percentagens foram transformados em $X' = \arcsen \sqrt{X/100}$ e $X' = \sqrt{X + 0,5}$ onde X' = dado transformado e X = variável a ser transformada.

4. RESULTADOS

Os resultados serão apresentados em itens separados para cada variável, e discutidos em conjunto uma vez que as variáveis em estudo não são independentes.

Os resultados de análise de variância para todas as variáveis encontram-se no Apêndice (Tabelas 15 a 24). O desdobramento utilizado foi baseado na significância do teste F e a comparação entre médias realizada através do teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para facilitar a confecção de tabelas utilizou-se algumas siglas e abreviaturas: a) com e sem AIB: presença e ausência de ácido indolilbutírico; b) E_1 e E_2 : épocas em que fôra realizada a prática do anelamento no ramo ou seja 97 e 47 dias, respectivamente, antes da coleta das estacas no campo.

4.1. ANELAMENTO E AS MODIFICAÇÕES MORFO-FISIOLÓGICAS DO RAMO

As estacas de ramos do porta-enxerto de macieira 'MM-106', que foram aneladas nas épocas 1 e 2 apresentaram por ocasião da coleta, quando o material tinha 10 meses de idade, conforme mostra a Figura 3A, a formação de uma calosidade na base. Nos ramos anelados o diâmetro médio acima do ponto de anelamento foi superior ao diâmetro abaixo do ponto anelado. 20 dias após a prática do anelamento já era possível observar a formação deste calo cicatricial e mudança na coloração do ramo que passou do verde para um tom mais arroxeado. Em todas as plantas aneladas, as gemas localizadas abaixo do ponto de anelamento iniciaram o processo de brotação.

Nos ramos anelados, principalmente na região basal houve um intumescimento na região do nó, conforme Figuras 3A, B e C. Este intumescimento estava associado às gemas, normalmente localizado acima destas como mostra a Figura 3B. Estas formações são possíveis de serem visualizadas a olho nu. A remoção da casca que envolvia o tecido intumescido (Figura 3C), verificou-se que tratavam de primórdios radiculares. Quando se realizou um corte transversal do ramo na região intumescida, Figura 3D, verificou-se a presença de um tecido de natureza parenquimatosa que se estendia até o cilindro central do ramo.

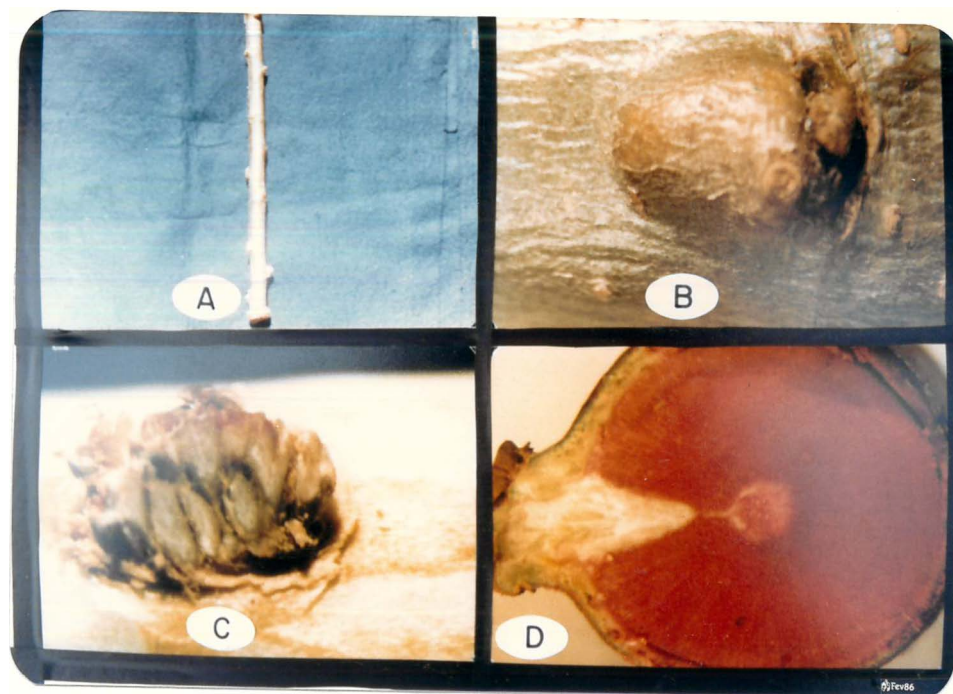


Figura 3 - Modificações morfo-fisiológicas em ramos do porta-enxerto de macieira 'MM-106'. A - Estaca anelada mostrando a formação de calo na base e intumescimento da região do nó; B - Intumescimento acima da gema (4x); C - Primórdios radiculares após a remoção da capa que envolve o tecido intumescido (6x); e D - Corte transversal do ramo na região do nó mostrando tecido parenquimatoso na região intumescida e sua ligação com o cilindro vascular (5x).

O intumescimento na região do nó não ocorreu em todas as gemas e foi pouco saliente ou ausente nas estacas da porção mediana e apical.

Nos ramos não anelados, principalmente nas plantas mais vigorosas também era possível verificar estas formações na região do nó.

Em alguns casos este intumescimento aumentou de volume rapidamente e as gemas vegetativas deixaram de ser visíveis e em outras situações a região intumescida apresentava-se com rachaduras. A prática do anelamento estimulou a formação do intumescimento na região do nó.

4.2. ESTACAS ENRAIZADAS

As percentagens de estacas lenhosas enraizadas do porta-enxerto de macieira 'MM-106', em função de diferentes tratamentos e de interações significativas estão apresentados na Tabela 2. A prática do anelamento do ramo influenciou a percentagem de estacas enraizadas, diferindo de forma significativa das estacas não aneladas. Tanto as estacas estranguladas como as aneladas não apresentaram diferença significativa entre si.

As estacas da posição basal do ramo apresentaram a mais alta percentagem de estacas enraizadas sendo superiores às medianas e apicais que não diferiram entre si. A

Tabela 2 - Efeito do anelamento, posição da estaca no ramo, AIB, épocas; e das interações estaca x anelamento e estaca x época na percentagem de estacas enraizadas do porta-enxerto 'MM-106'.

Anelamento	Enraizamento(%)	Estacas	Enraizamento(%)	AIB	Enraizamento(%)	Época		Enraizamento(%)
						Época 1	Época 2	
Estranguladas	35,0a	Basais	75,6	Com AIB	38,2a	Época 1	29,4a	
Aneladas	30,9a	Medianas	9,4 b	Sem AIB	14,4 b	Época 2	21,5 b	
Não aneladas	12,4 b	Apicais	4,6 b					

Estacas	Anelamento		Épocas	
	Estranguladas	Aneladas	Época 1	Época 2
Basais	93,0a	90,1a	86,2a	63,1a
Medianas	14,3 b	10,4 b	10,4 b	8,5 b
Apicais	4,3 b	3,5 b	3,9 b	5,3 b

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

C.V. = 40,7%

emissão de raízes nos três tipos de estacas podem ser melhor visualizados na Figura 4A (A_1 - apical; A_2 - mediana; A_3 - basal).

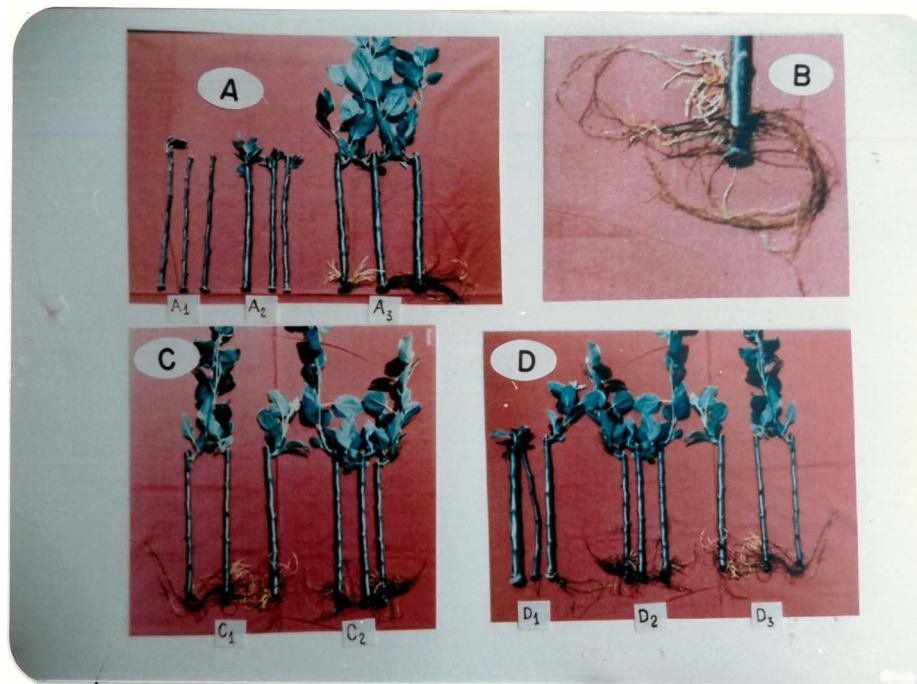


Figura 4 - Enraizamento em estacas lenhosas do porta - enxerto de macieira 'MM-106' (A a D). A - posição da estaca no ramo, sendo A_1 - apicais; A_2 - medianas e A_3 - basais; B - Formação de raízes em estaca da posição basal a partir da intumescência na região do nó; C - Enraizamento em estacas basais aneladas (C_1) e estranguladas (C_2); D - Enraizamento em estacas basais sendo D_1 - não aneladas; D_2 - aneladas e D_3 - estranguladas.

Independente dos demais tratamentos a aplicação de 2500 ppm de AIB aumentou de forma significativa a percentagem de estacas enraizadas, entretanto quando se realizou o desdobramento não houve significância do AIB com os demais tratamentos.

Na época 1 (anelamento 97 dias antes da coleta das estacas no campo), a percentagem de estacas enraizadas foi mais expressiva que a época 2 (anelamento 47 dias antes da coleta das estacas no campo).

O desdobramento da interação estacas x anelamento e estacas x época, que foram significativas pelo teste F, conforme os resultados apresentados na Tabela 2, as estacas da posição basal dentro do fator anelamento (Figura 4C) foram aquelas que apresentaram os resultados mais significativos, e diferiram das estacas medianas e apicais que não apresentaram diferença significativa entre si nas duas formas de anelamento. Com relação as estacas de ramos não anelados, foram menos expressivos os resultados com as estacas da posição basal (Figura 4D₁), porém superiores àqueles da posição mediana e apical. O enraizamento nas estacas da posição basal dos ramos estrangulados e anelados apresentaram resultados semelhantes (Figura 4C₁ e C₂). Quando se comparou os resultados de enraizamento de estacas basais do ramo D₁ - não aneladas, D₂ - aneladas e D₃ - estranguladas na Figura 4D, verificou-se que o enraizamento foi mais expressivo nas estacas aneladas. O enraizamento em todas as situações sempre esteve

associado à região nodal ou próximo a base da estaca (Figura 4B), porém nunca no tecido de cicatrização do anelamento.

A interação entre estaca e época mostrou que as estacas da posição basal tiveram resultados mais significativos que as estacas da posição mediana e apical, que não diferiram entre si na percentagem de estacas enraizadas conforme mostra a Tabela 2. E na época 1 os resultados foram mais expressivos principalmente para aquelas da posição basal.

Na Figura 5, são apresentadas as médias de percentagens de estacas lenhosas enraizadas em função da posição no ramo, tipo de anelamento, AIB e épocas de anelamento, independente de análises estatísticas. Nesta Figura 5 é possível ter-se uma idéia dos resultados obtidos em todas as combinações de tratamentos utilizados.

4.3. NÚMERO DE RAÍZES

A influência do anelamento da posição da estaca no ramo, dos tratamentos com e sem AIB e épocas de anelamento, e das interações significativas no número de raízes de estacas lenhosas do porta-enxerto de macieira 'MM-106', é mostrada na Tabela 3.

As estacas aneladas apresentaram um maior número de raízes quando comparadas com aquelas não aneladas. As estacas da posição basal do ramo apresentaram um número signi

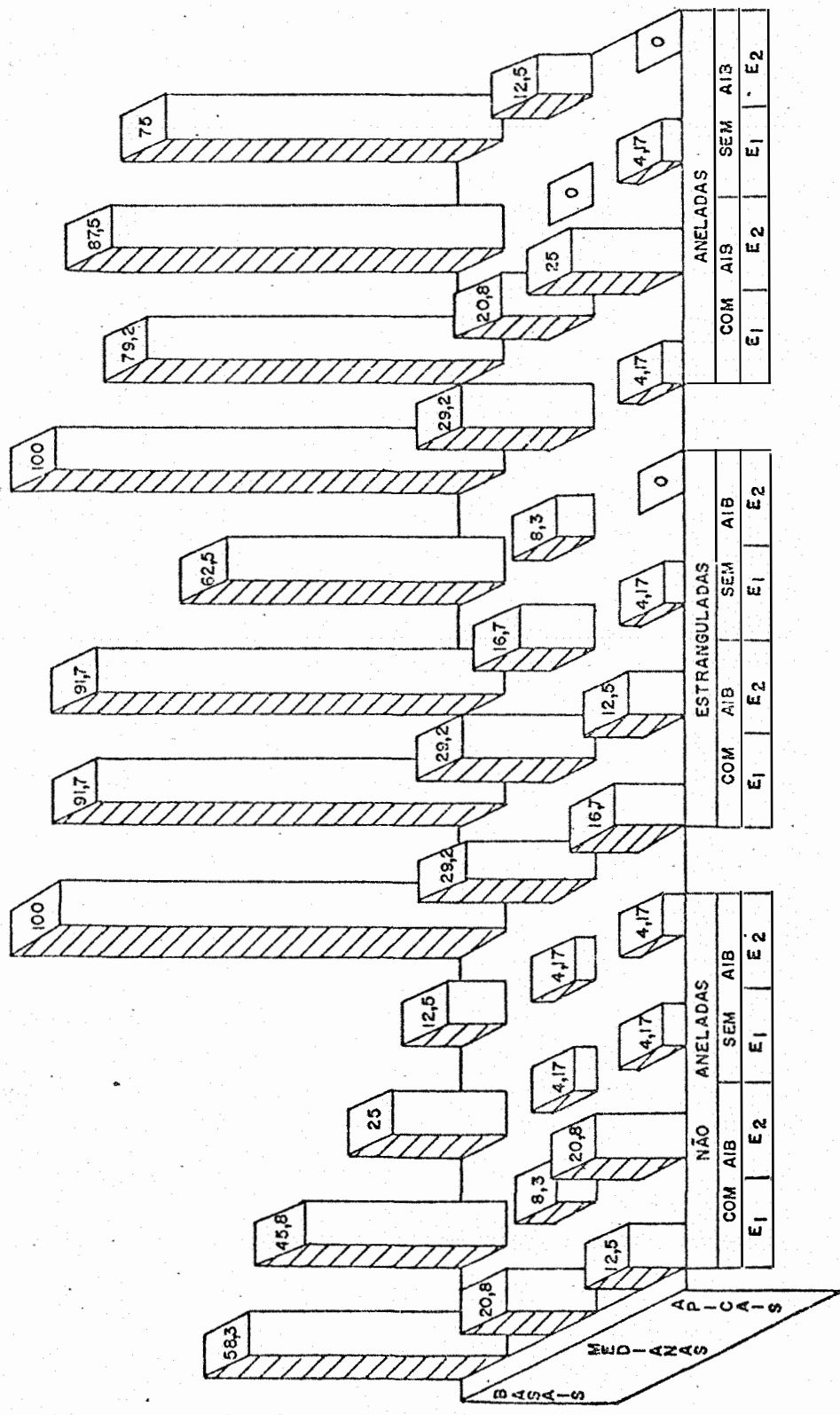


Figura 5 - Percentagem de estacas lenhosas enraizadas do porta-enxerto 'MM-106' em função da posição da estaca no ramo, tipo de anelamento, A1B e épocas de anelamento.

Tabela 3 - Efeito do anelamento, posição da estaca no ramo, AIB, épocas de anelamento e das interações (estaca x anelamento e estaca x época) no número de raízes em estacas lenhosas do porta-enxerto 'MM-106'.

Anelamento	Raízes (nº)	Estacas	Raízes (nº)	AIB	Raízes (nº)	Época	Raízes (nº)
Aneladas	4,3a	Basais	11,2a	Com AIB	5,1a	Época 1	4,4a
Estranguladas	4,1a	Medianas	1,8 b			Época 2	2,8 b
Não aneladas	2,6 b	Apicais	0,8 b	Sem AIB	2,4 b		

Estacas	Anelamento		Época	
	Não aneladas	Estranguladas	Época 1	Época 2
Basais	5,8a	13,8a	15,6a	7,4a
Medianas	1,6 b	1,7 b	1,8 b	1,8 b
Apicais	1,2 b	0,8 b	0,8 b	0,9 b

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Época 1 e 2, 97 e 47 dias, respectivamente, da realização do anelamento antes da retirada das estacas da planta.

C.V. = 30,13%

nificativamente superior de raízes quando comparado com aquelas da posição mediana e apical que não diferiram entre si.

Nas estacas tratadas na base com AIB o número de raízes foi significativamente superior aquelas não tratadas. E na época 1, independente dos demais tratamentos, o número de raízes foi significativamente superior que a época 2.

O estudo da interação de posição da estaca no ramo com a forma de anelamento mostrou que as estacas basais foram aquelas que apresentaram os resultados mais significativos quanto ao número de raízes formadas. Os resultados entre as formas de anelamento foram semelhantes; as estacas basais apresentaram diferença significativa das estacas apicais e medianas nas duas formas de anelamento. Nas estacas aneladas houve diferença significativa também entre as estacas apicais e medianas, conforme mostra a Tabela 3.

O número de raízes nas estacas da posição basal na época 1 foi significativamente superior à época 2, e estas não diferiram das estacas apicais e medianas que não diferiram entre si, conforme mostra a Tabela 3.

Na Figura 6 são mostrados os resultados do número médio de raízes formadas na base das estacas em função de diferentes tratamentos. Nesta figura é possível estabelecer-se relações entre os diversos fatores envolvidos independente de análise estatística.

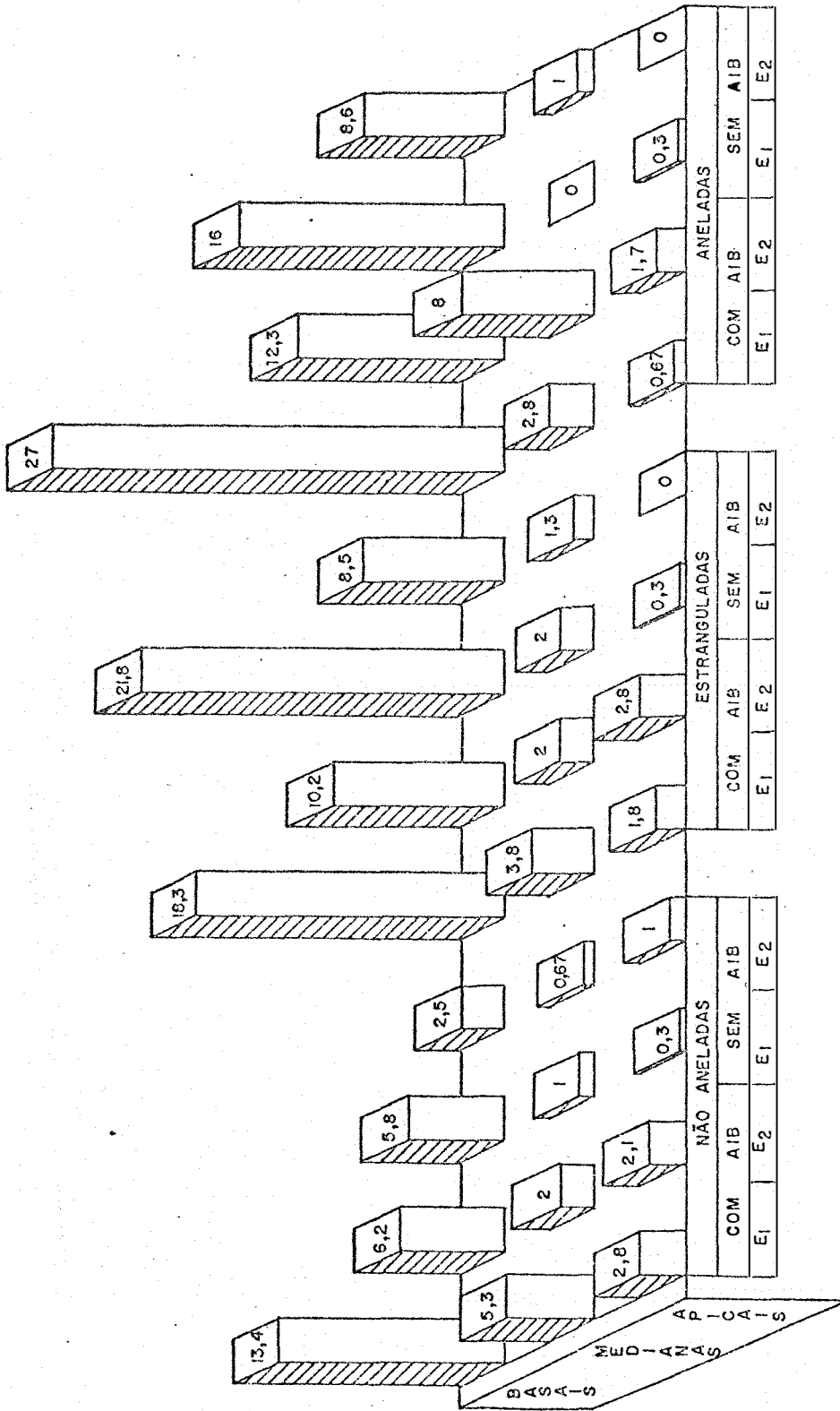


Figura 6 - Número de raízes formadas em estacas lenhosas do porta-enxerto 'MM-106' em função da posição da estaca no ramo, tipo de anelamento, A1B e época de anelamento.

4.4. MATÉRIA SECA DE RAÍZES

Os resultados relativos à influência da forma de anelamento, posição da estaca no ramo, AIB, épocas e das interações significativas na produção de matéria seca (g) de raízes do porta-enxerto de macieira 'MM-106', são apresentados na Tabela 4, onde se observa que as estacas aneladas aumentaram de forma significativa a matéria seca e que as estacas da posição basal apresentaram os melhores resultados quando comparadas com as medianas e apicais que não apresentaram diferença significativa entre si. Independente dos demais tratamentos a presença de AIB aumentou de forma significativa a quantidade de matéria seca de raízes. O mesmo aconteceu com a época 1, onde a produção de matéria seca foi significativamente superior a época 2.

O desdobramento das interações mostrou que as estacas da posição basal apresentaram maior ganho de matéria seca, e que as estacas aneladas e estranguladas tiveram resultados semelhantes porém superiores as estacas não aneladas. As estacas basais dentro de épocas foram significativamente superiores as medianas e apicais quanto ao ganho de matéria seca, sendo que na época 1 as estacas da posição basal apresentaram resultados mais expressivos que a época 2.

A matéria seca (g) de raízes do porta-enxerto de macieira 'MM-106' em função da posição da estaca no ramo, tipo de anelamento, independente da análise estatística, pode ser melhor visualizado na Figura 7.

Tabela 4 - Efeito do anelamento, posição da estaca no ramo, AIB, épocas e das interações (estaca x anelamento e estaca x época) na produção de matéria seca (g) de raízes de estacas lenhadas do porta-enxerto 'MM-106' para macieira.

Anelamento	Matéria seca (g)	Estacas	Matéria seca (g)	AIB	Matéria seca (g)	Época	Matéria seca (g)
Aneladas	0,29a	Basais	0,69a	Com AIB	0,29a	Época 1	0,27a
Estranguladas	0,29a	Medianas	0,05 b				
Não aneladas	0,09 b	Apicais	0,01 b	Sem AIB	0,15 b	Época 2	0,17 b
Anelamento							
Estacas	Não aneladas		Estranguladas		Aneladas		Época 2
	Basais	0,25a	0,92a	0,98a	0,89a	0,50a	
	Medianas	0,03 b	0,07 b	0,05 b	0,05 b	0,05 b	
	Apicais	0,02 b	0,02 b	0,01 b	0,02 b	0,01 b	

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

C.V. = 0,05%

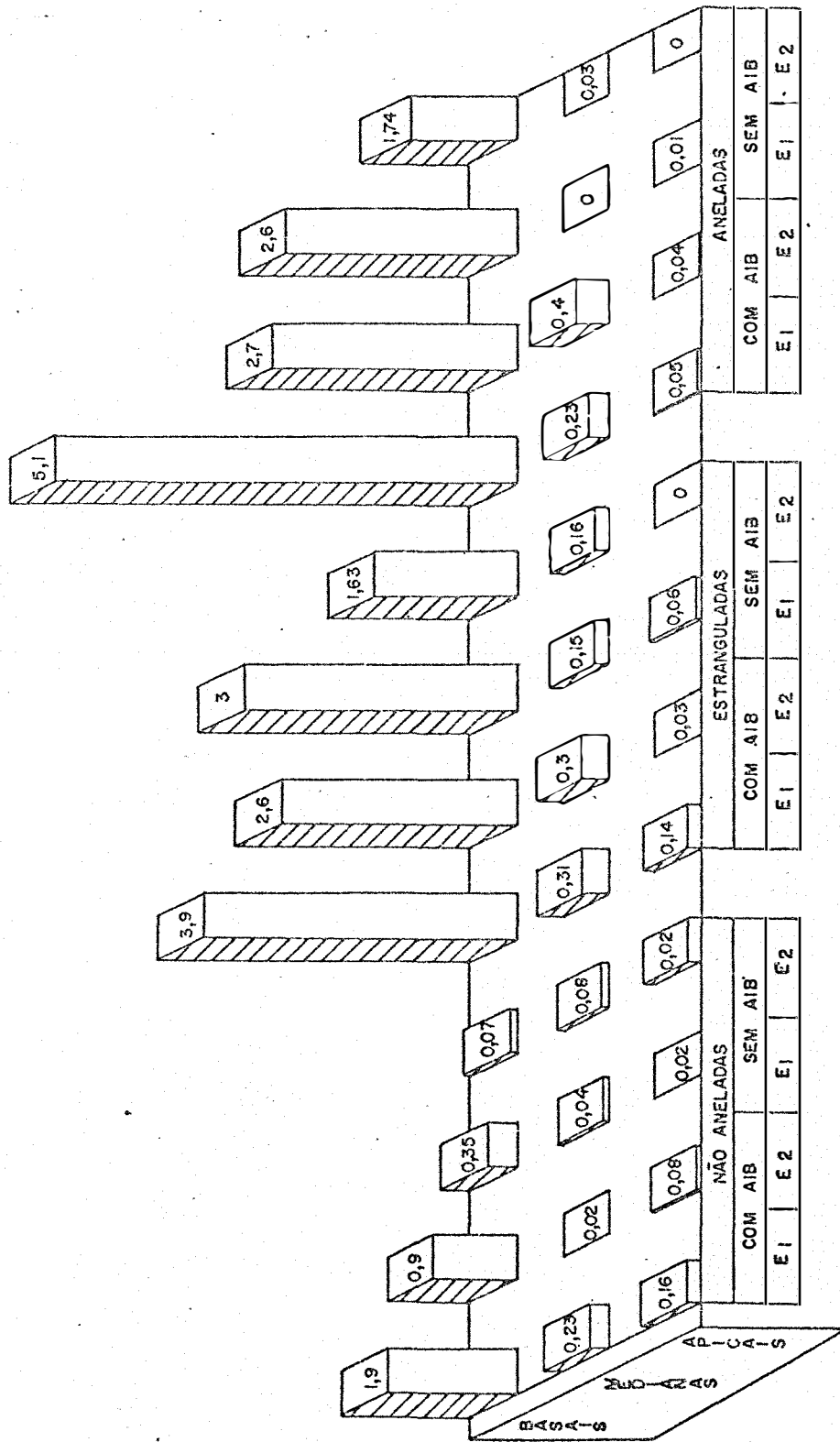


Figura 7 - Matéria seca (g) de raízes de estacas lenhosas do porta-enxerto 'MM-106' em função da posição da estaca no ramo, tipo de anelamento, AIB e épocas de anelamento.

4.5. PERCENTAGEM DE ESTACAS BROTADAS

Os resultados relativos a percentagem de estacas brotadas independente dos demais tratamentos são apresentados na Tabela 5, onde se verifica que houve um gradiente em forma decrescente das estacas da posição basal para apical, na percentagem de estacas brotadas, sendo que houve diferença significativa entre as três posições de estacas.

Os valores médios de estacas brotadas (%) do porta-enxerto de macieira 'MM-106' são apresentados na Figura 8, onde é possível estabelecer comparações entre os tratamentos utilizados independente de análises estatísticas.

4.6. COMPRIMENTO DO RAMO

Os resultados relativos ao efeito do anelamento, posição da estaca no ramo, AIB e da interação estacas x anelamento na variação do comprimento médio do ramo são apresentados na Tabela 6, onde se verifica que as estacas aneladas foram aquelas que apresentaram o maior comprimento médio do ramo, que foi significativamente superior as estacas não aneladas, sendo que as estacas da posição basal do ramo foram aquelas que apresentaram os resultados mais significativos, os quais diferiram das estacas da posição mediana e apical que não diferiram estatisticamente entre si. Nas estacas que re-

Tabela 5 - Efeito da posição da estaca no ramo na percentagem de estacas brotadas do porta-enxerto de macieira 'MM-106'.

Tratamento	Estacas brotadas (%)
Basais	95,3 a
Medianas	56,5 b
Apicais	23,3 c

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

C.V. = 38,79%

ceberam o tratamento na base com AIB foram aquelas que apresentaram o maior comprimento médio do ramo conforme mostra a Tabela 6.

A posição da estaca no ramo dentro do fator anelamento, mostrou que as estacas da base do ramo foram aquelas que apresentaram o maior comprimento médio. E que as basais aneladas e estranguladas apresentaram resultados mais expressivos, quando comparadas com as não aneladas. Nas três formas de anelamento as estacas da posição basal do ramo foram significativamente superiores àquelas da posição mediana e apical que não diferiram estatisticamente entre si pelo teste de Tukey conforme Tabela 6.

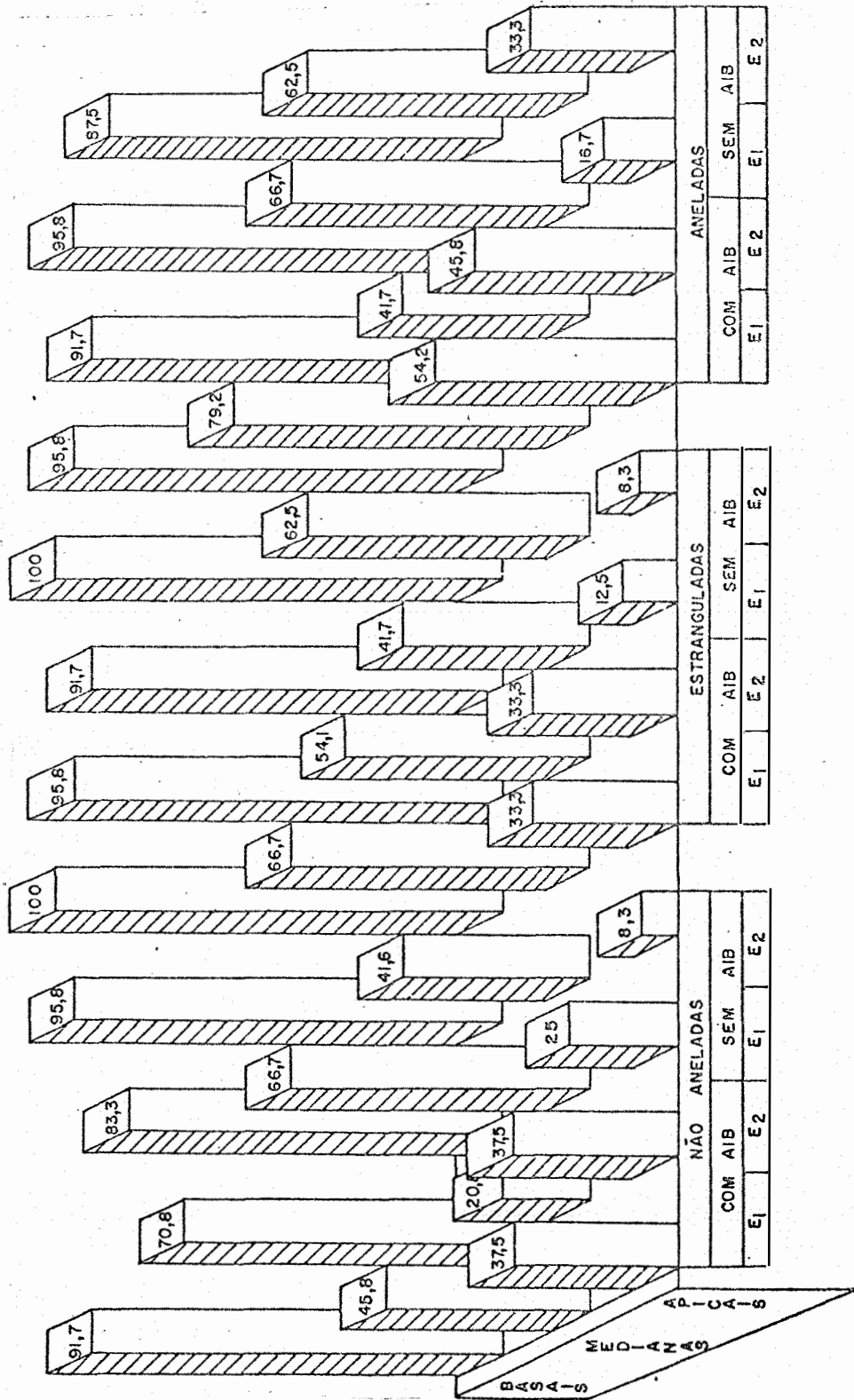


Figura 8 - Percentagem de estacas lenhosas brotadas do porta-enxerto 'MM-106' em função da posição da estaca no ramo, tipo de anelamento, AIB e épocas de anelamento.

Tabela 6 - Efeito do anelamento, posição da estaca no ramo, AIB e da interação estaca x anelamento na variação do comprimento do ramo (cm) em estacas lenhosas do porta-enxerto 'MM-106'.

Anelamento	Comprimento do ramo (cm)	Estacas	Comprimento do ramo (cm)	AIB	Comprimento do ramo (cm)
Estranguladas	4,98a	Basais	13,09a	Com AIB	5,63a
Aneladas	4,61a	Medianas	1,82 b	Sem AIB	3,11 b
Não aneladas	3,03 b	Apicais	1,11 b		
Estacas					
Anelamento					
Não aneladas					
Estranguladas					
Aneladas					
Basais	7,75a		16,73a		15,79a
Medianas	1,35 b		2,35 b		1,82 b
Apicais	1,48 b		0,90 b		0,99 b

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

C.V. = 25,77%

O comprimento médio do ramo (cm) das estacas lenhosas do porta-enxerto de macieira 'MM-106' em função da posição da estaca no ramo, tipo de anelamento, AIB e épocas de anelamento é apresentado na Figura 9, onde é possível estabelecer-se comparações entre os tratamentos utilizados independente de análises estatísticas.

4.7. MATÉRIA SECA DE RAMOS

A produção de matéria seca (g) dos ramos das estacas lenhosas do porta-enxerto de macieira 'MM-106', em função do anelamento, posição da estaca no ramo, AIB e de épocas de anelamento é apresentada na tabela 7, onde se verifica que o anelamento proporcionou aumentos significativos na quantidade de matéria seca quando comparado com estacas não aneladas. As estacas da posição basal foram aquelas que acumularam a maior quantidade de matéria seca na parte aérea, sendo este acúmulo superior às estacas medianas e apicais que não apresentaram diferença significativa entre si. A presença do AIB, contribuiu para aumentar a quantidade de matéria seca do ramo de forma significativa quando comparado com as estacas não tratadas conforme mostra a Tabela 7.

A Figura 10 apresenta as quantidades médias de matéria seca (g) em ramos de estacas lenhosas do porta-enxerto de macieira 'MM-106' em função de diferentes tratamentos,

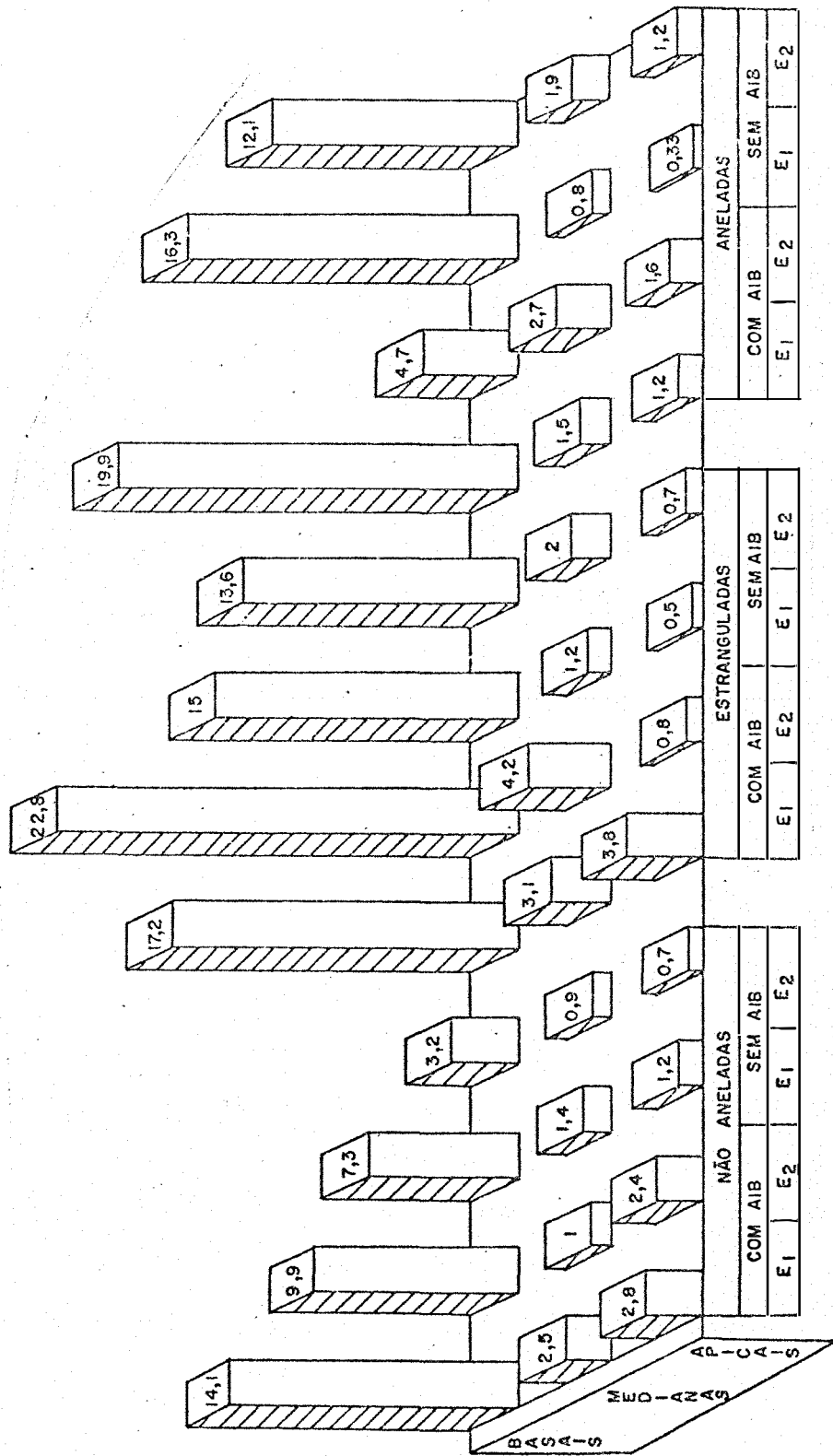


Figura 9 - Comprimento do ramo (cm) das estacas lenhosas do porta-enxerto 'MM-106' em função da posição da estaca no ramo, tipo de anelamento, AIB e época de anelamento.

Tabela 7 - Efeito do anelamento, posição da estaca no ramo, AIB e de épocas na produção de matéria seca (g) de ramos de estacas lenhosas do porta-enxerto de macieira 'MM-106'.

Anelamento	Matéria seca (g)	Estacas	Matéria seca (g)	AIB	Matéria seca (g)
Estranguladas	1,93a	Basais	5,65a	Com AIB	1,98a
Aneladas	1,79a	Medianas	0,35 b	Sem AIB	1,00 b
Não aneladas	0,77 b	Apicais	0,14 b		

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

C.V. = 27,0%

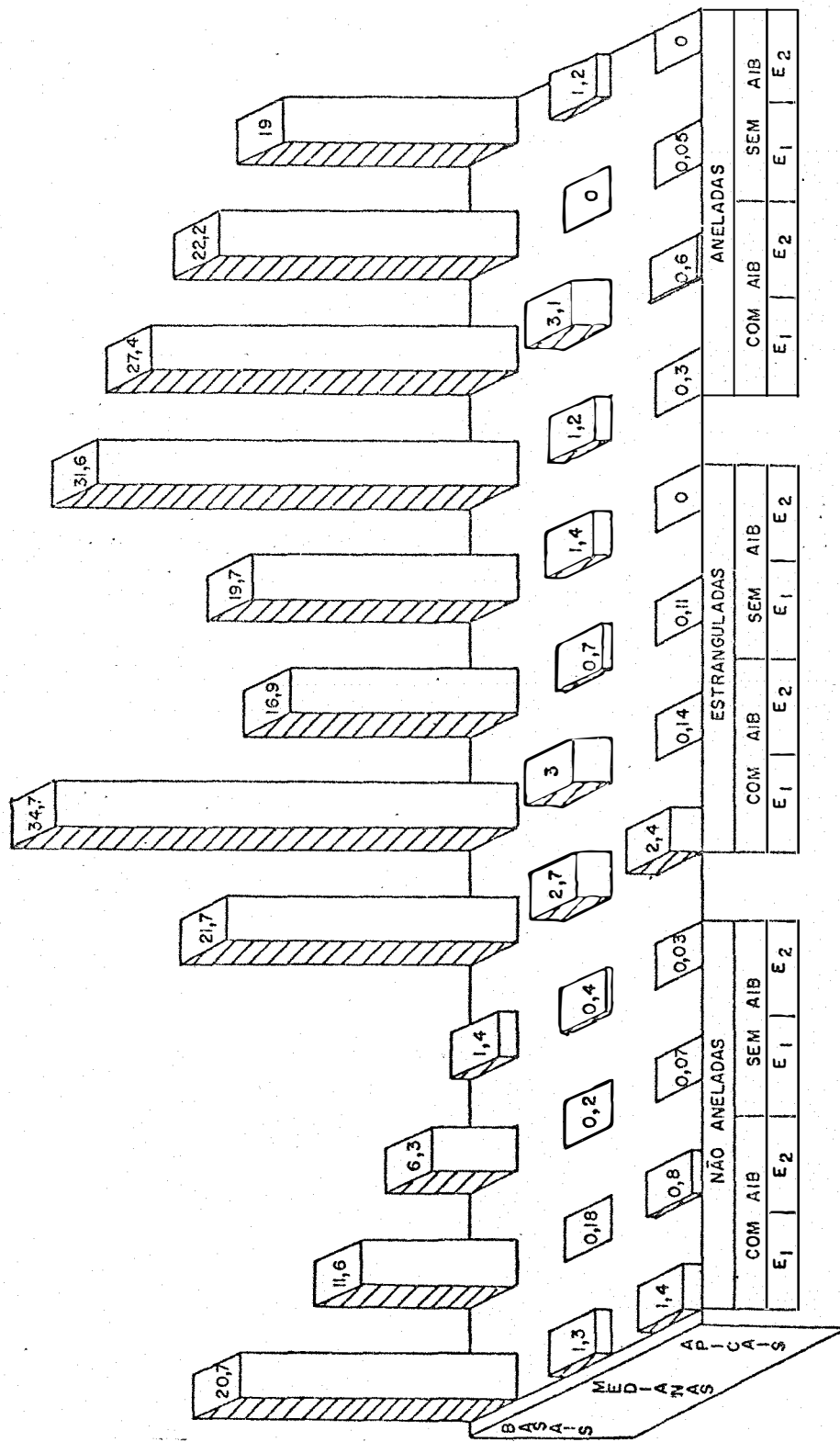


Figura 10 - Matéria seca em estacas lenhosas do porta-enxerto 'MM-106' em função da posição da estaca no ramo, tipo de anelamento, AIB e época de anelamento.

onde é possível estabelecer-se relações entre os tratamentos sem levar em conta análises estatísticas.

4.8. ESTACAS MORTAS

A influência da posição da estaca no ramo na percentagem de estacas mortas é mostrado na Tabela 8, onde se verifica que as estacas da posição mediana foram aquelas que tiveram a maior percentagem de estacas mortas, as quais diferiram estatisticamente das apicais e basais, sendo que as basais apresentaram o menor número de estacas mortas.

Tabela 8 - Efeito da posição da estaca no ramo na variação da percentagem de estacas mortas do porta-enxerto de macieira 'MM-106'.

Tratamento	Estacas mortas (%)
Medianas	39,5 a
Apicais	16,0 b
Basais	1,8 c

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. C.V. = 97,38%.

A percentagem de estacas mortas em função de diferentes tratamentos é mostrada na Figura 11, onde é possí-

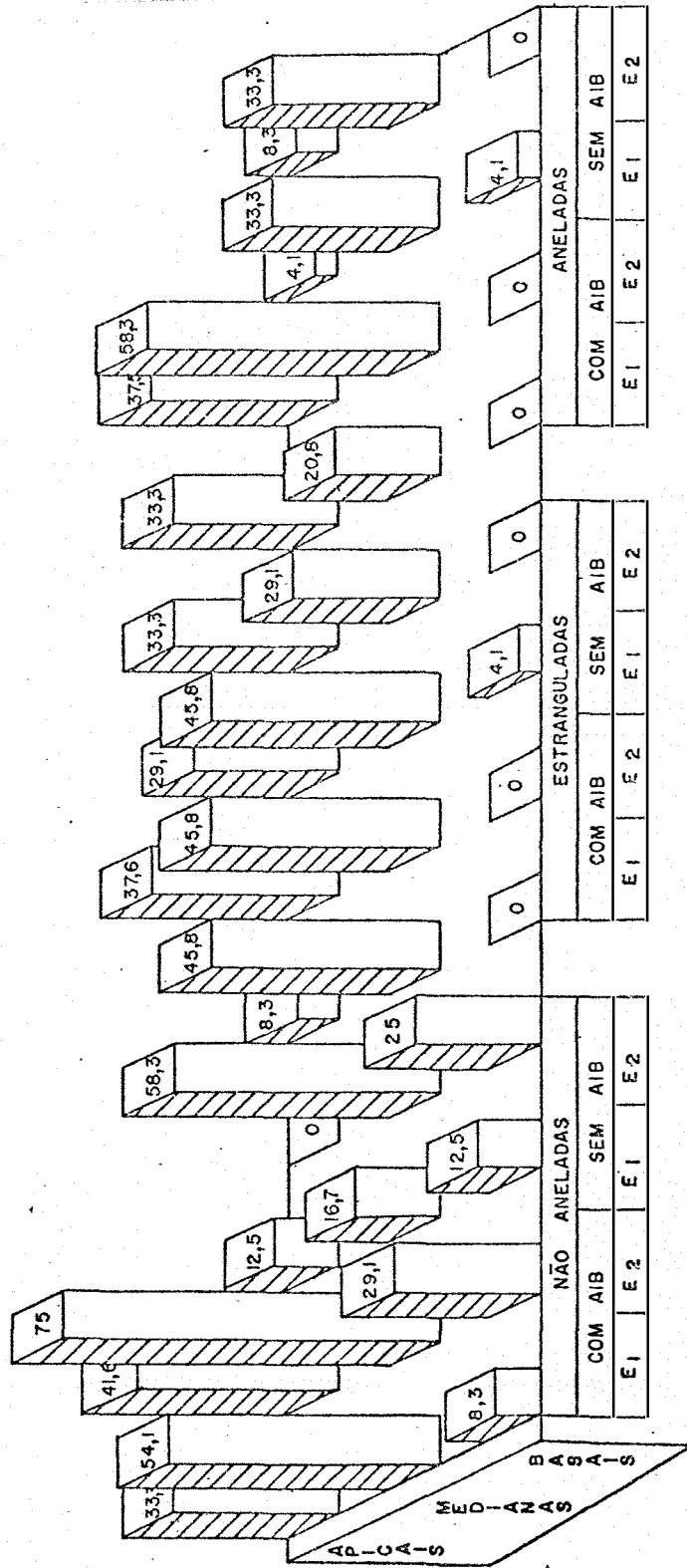


Figura 11 - Percentagem de estacas lenhosas do porta-enxerto 'MM-106' mortas em tratamentos que com- binaram a posição da estaca no ramo, tipo de anelamento, AIB e épocas de anelamento.

vel estabelecer-se comparações entre todos os tratamentos independente de análises estatísticas.

4.9. ESTACAS QUE FORMARAM CALO

A formação de calo na base das estacas em função de sua posição no ramo e presença de AIB, em percentagem são apresentadas na Tabela 9, onde se verifica que as estacas apicais foram aquelas que apresentaram o maior número de estacas com calo diferindo estatisticamente das estacas medianas e basais. Independente dos demais tratamentos as estacas que não receberam o AIB foram aquelas que tiveram as maiores percentagem de estacas com calo.

A percentagem de estacas que formaram calo por não formaram raízes em todos os tratamentos utilizados, podem ser melhor visualizados na Figura 12. Nesta figura é possível estabelecer-se comparações entre todos os tratamentos independente de análises estatísticas.

Tabela 9 - Efeito da posição da estaca no ramo e AIB na formação de calo em estacas lenhosas do porta-enxerto de macieira 'MM-106'.

Estacas	Formação do calo (%)	AIB	Formação de calo (%)
Apicais	72,23 a	Sem AIB	60,26 a
Medianas	40,11 b	Com AIB	25,00 b
Basais	16,39 c		

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. C.V. = 53,34%

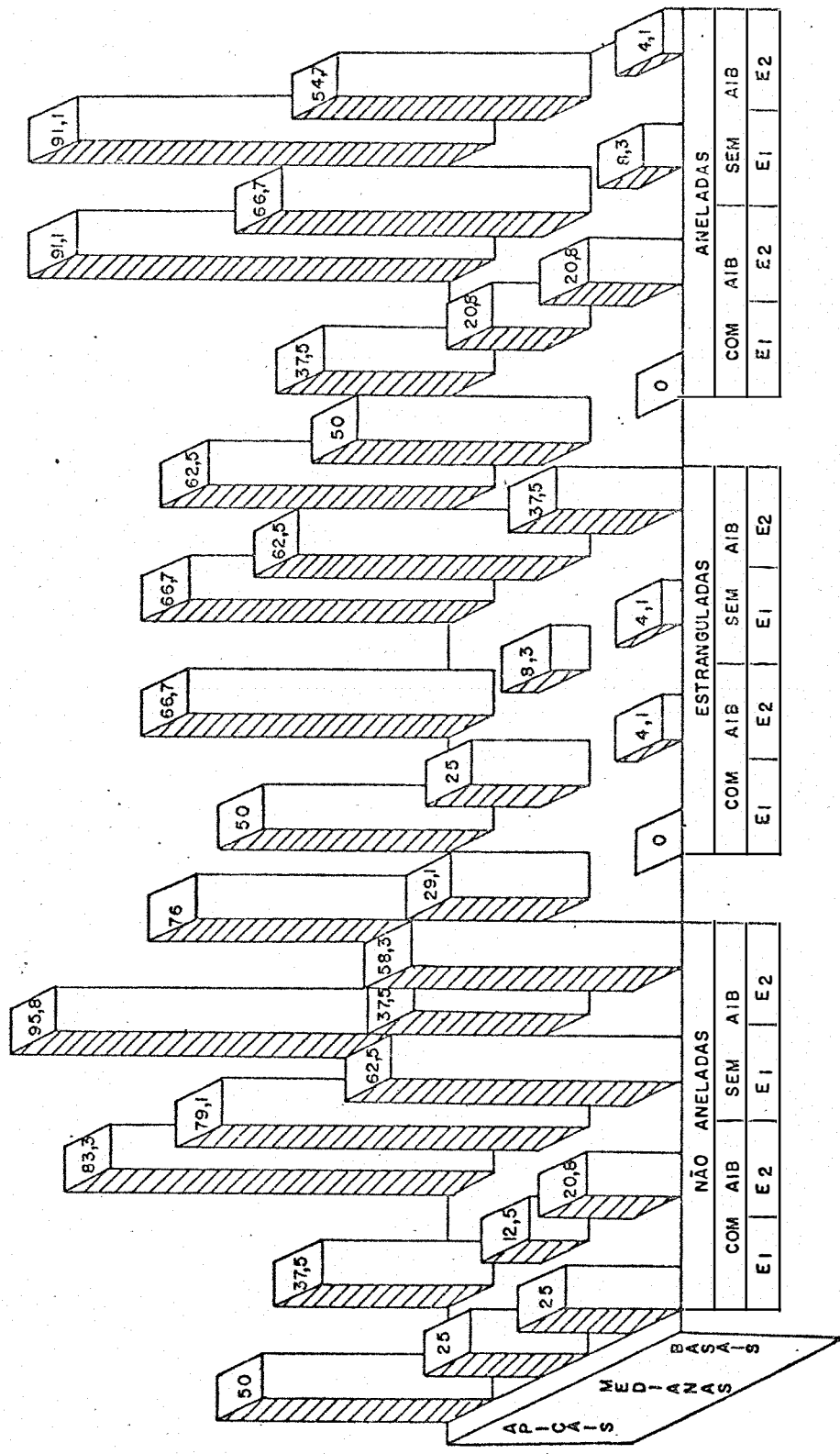


Figura 12 - Percentagem de estacas lenhosas do porta-enxerto 'MM-106' que formaram calo porém não formaram raízes, nos tratamentos que combinaram a posição da estaca no ramo, tipo de anelamento, A1B e épocas de anelamento.

4.10. AÇÚCARES SOLÚVEIS E NITROGENIO

4.10.1. AÇÚCARES SOLÚVEIS

O efeito do anelamento do ramo e da posição da estaca na variação do teor de açúcares solúveis expresso em gramas de glucose por 100 gramas de matéria seca em estacas lenhosas do porta-enxerto de macieira 'MM-106' é apresentado na Tabela 10, onde se verifica que as estacas aneladas, tiveram um aumento significativo na concentração de açúcares quando comparadas com as estacas não aneladas. As estacas da posição apical independente dos demais tratamentos foram aquelas que apresentaram os mais altos teores de açúcares solúveis, cujo teor foi superior estatisticamente das estacas da posição basal que não apresentaram diferença com as estacas da posição mediana. Quando se realizou o desdobramento das interações não verificou-se diferença significativa.

Tabela 10 - Efeito do anelamento e posição da estaca no ramo na variação do teor de açúcares solúveis (g de glucose/100 g de matéria seca) em estacas do porta-enxerto da macieira 'MM-106'.

Anelamento	Açúcares solúveis g/100 g.m.s.	Estacas	Açúcares solúveis g/100 g m.s.
Estranguladas	7,69 a	Apicais	7,72 a
Aneladas	7,67 a	Medianas	7,11 ab
Não aneladas	6,30 b	Basais	6,82 b

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. C.V. = 10,88%.

4.10.2. NITROGÊNIO

O efeito da posição da estaca no ramo e das interações significativas entre estacas x época e anelamento x estaca na variação do teor de N total (%) é mostrado na Tabela 11, onde se verifica que a posição da estaca mostrou que as estacas apicais foram aquelas que apresentaram os mais altos teores de N diferindo estatisticamente das basais e medianas, que não diferiram entre si.

Quando se analisou o teor de N em cada posição da estaca no ramo nas duas épocas estudadas, verificou-se que as estacas apicais apresentaram os mais altos teores. E que as estacas medianas e basais apresentaram teores que não diferiram significativamente entre si, porém foram inferiores aqueles obtidos com as estacas apicais nas duas épocas.

A influência do anelamento dentro da posição da estaca no ramo mostrou que não houve diferença significativa para as apicais e medianas. Entretanto houve diferença significativa entre as estacas não aneladas e aneladas para a posição basal no ramo.

4.11. MACRO E MICRONUTRIENTES

Os teores de macro e micronutrientes encontrados na porção basal de estacas apicais, medianas e basais do

Tabela 11 - Efeito da posição da estaca no ramo e das interações significativas (estaca x época e anelamento x estaca) na variação do teor de nitrogênio total (%) em estacas lenhosas do porta-enxerto 'MM-106'.

Estacas	Nitrogênio (%)	Nitrogênio total (%)	
		Época 1	Época 2
Apicais	0,67a	0,72a	0,62a
Basais	0,49 b	0,49 b	0,49 b
Medianas	0,48 b	0,47 b	0,48 b

Anelamento	Nitrogênio total (%)		
	Apicais	Medianas	Basais
Estranguladas	0,71a	0,44a	0,44 b
Aneladas	0,69a	0,47a	0,45a
Não aneladas	0,61a	0,52a	0,59a

Médias de tratamentos seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. C.V. = 12,59%.

Tabela 12 - Efeito do anelamento e da posição da estaca no ramo na variação dos teores de macro e micronutrientes minerais em estacas lenhosas do porta enxerto 'MM-106' para macieira.

Tratamentos	P	K	Ca	Mg	B	Fe	Zn	Cu	Mn
	----- % -----								
	----- ppm -----								
Não aneladas	0,08	0,41 b	0,38	0,08	26,0	44,0a	10,0a	5,0	43,0
Aneladas	0,09	0,64a	0,36	0,07	21,5	72,0a	8,5a	4,5	37,0
Estranguladas	0,08	0,65a	0,33	0,08	28,0	71,0a	12,0a	11,0	56,5
	----- MEDIANAS -----								
Não aneladas	0,09	0,46ab	0,32	0,06	17,0	25,0a	9,0a	3,0	90,0
Aneladas	0,07	0,37 b	0,33	0,05	19,0	17,0a	4,0 b	2,0	30,0
Estranguladas	0,07	0,51a	0,23	0,04	27,0	18,0a	4,5a	1,5	34,0
	----- BASAIS -----								
Não aneladas	0,10	0,26a	0,40	0,06	18,0	86,0a	9,0a	2,0	26,0
Aneladas	0,09	0,29a	0,41	0,04	13,5	30,5 b	4,0 b	1,0	39,0
Estranguladas	0,07	0,26a	0,28	0,04	13,0	21,5 b	4,5 b	12,0	28,0
C.V.	18,3	9,2	20,5	14,7	28,9	36,9	22,2	127,6	43,8
F	ns	**	ns	ns	ns	**	**	ns	ns
Tukey	ns	5%	ns	ns	ns	5%	ns	ns	ns

n.s.: não significativo

** : significativo ao nível de 1% de probabilidade

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

ramo de porta-enxerto de macieira 'MM-106', são apresentados na Tabela 12, onde se verifica que o anelamento teve alteração significativa apenas em K, Fe e Zn porém não alterou de forma significativa os teores de P, Ca, Mg, B, Cu e Mn.

Os teores de K analisados nas estacas da posição apical e medianas de ramos anelados apresentaram teores de nutrientes significativamente superiores daqueles não anelados, enquanto as estacas da posição basal não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos. A variação nos teores de Fe e Mn foram significativamente superiores nas estacas não aneladas da posição basal para o Fe, e estacas medianas e basais não aneladas para o Zn, conforme mostra a Tabela 12.

5. DISCUSSÃO

A prática do anelamento de ramos em plantas é conhecida de longo tempo e muito utilizada em horticultura. O anelamento já foi utilizado por Malpighi em 1679 em seus trabalhos sobre translocação de solutos em plantas. Neste trabalho o anelamento foi aplicado em ramos do porta-enxerto de macieira 'MM-106' como uma forma de condicionamento do ramo para posterior utilização na propagação vegetativa por estacquia. Nos ramos anelados verificou-se a formação de um tecido de natureza parenquimatosa acompanhado de um engrossamento na região anelada (Figura 3A). Este engrossamento foi resultante da reação do ramo ao bloqueio do movimento descendente de solutos através do floema e a exposição de células meristemáticas do cambio, provocando assim uma alteração na morfologia e na fisiologia do ramo no local do anelamento. As análises realizadas nas estacas que sofreram o anelamento mostraram que houve um acúmulo de carboidratos (Tabela 10), va-

riação nos teores de N total (Tabela 11), aumentos nos teores de auxinas (HIGDON e WESTWOOD, 1963), cofatores do enraizamento (FADL e HARTMANN, 1967) e principalmente aumentos na quantidade de tecidos pouco diferenciados capazes de se tornarem meristemáticos. Estas modificações do ramo na região anelada foram acompanhadas de um aumento na capacidade rizogênica da estaca, estas observações estão de acordo com aquelas verificadas por STOLTZ e HESS (1966a), MENDES (1959), GARDNER (1937), JAUHARI e RAHMAN (1959) entre outros.

Além da formação característica do calo cicatricial na base da estaca (Figura 3A) nos ramos anelados verificou-se a formação de regiões intumescidas no nó proximas a gemas, estas observações já haviam sido observadas e descritas por SWINGLE em 1927. Pelas observações realizadas no campo e em laboratório em ramos com aproximadamente 10 meses de idade, conforme mostra as Figuras 3A, 3B, 3C e 3D. Estas regiões intumescidas nada mais eram do que primórdios de raízes. Estas formações não foram provocadas pelo anelamento pois parte dos ramos que não haviam sido anelados também apresentaram regiões intumescidas próximas às gemas, porém em menor intensidade que as estacas aneladas. O anelamento serviu de estímulo a estas formações provavelmente pelo maior acúmulo de nutrientes e auxinas.

De acordo com ESAU (1974), no ramo de plantas lenhosas ocorrem lacunas dos traços de folhas e ramos, nos quais existe uma massa de tecido parenquimatoso que facil-

mente pode se tornar meristemático. Possivelmente esta região intumescida próxima a gema possa ser atribuída ao estímulo que ocorre neste tecido parenquimatoso proporcionando a iniciação de primórdios radiculares, pois, segundo SWINGLE (1927) a estas formações próximas à região da gema não seriam de origem patogênicas, e que todas as espécies que apresentassem estas formações possibilitariam aumentos na percentagem de estacas enraizadas.

A percentagem de estacas enraizadas foram influenciadas de maneira significativa pela prática do anelamento, pela posição da estaca no ramo, presença de ácido indolilbutírico (AIB) e épocas de realização do anelamento, conforme resultados da Tabela 2, Figuras 4 (A a D) e 5. Embora a aplicação de AIB com 2500 ppm de AIB na base da estaca tenha proporcionado pequenos aumentos na percentagem de estacas enraizadas naquelas aneladas, verifica-se que para as estacas não aneladas os resultados foram mais expressivos conforme mostra a Figura 5. Este aumento no enraizamento, principalmente nas estacas não aneladas pode ser atribuído ao estímulo proporcionado pelo regulador de crescimento na divisão celular e diferenciação de primórdios radiculares, já que foi verificado que em estacas lenhosas de pereira, o anelamento foi capaz de suprir e elevar os teores endógenos de auxinas, dispensando assim os tratamentos em estacas aneladas com este regulador vegetal (HIGDON e WESTWOOD, 1963).

Para quase todas as variáveis estudadas, con-

forme mostras as Tabelas 2, 3 e 4, a época 1 apresentou os resultados mais significativos, principalmente para as estacas da posição basal do ramo. Quando se realizou o anelamento na época 2 as plantas tinham diminuído sensivelmente a taxa de crescimento e a mobilidade de assimilados pelo floema pois as plantas já haviam iniciado o processo de dormência e apresentavam dificuldade em largar a casca do lenho. A formação de calo no período de dormência, em ramos anelados, é impedido pela baixa mobilidade de solutos no ramo e também pela diminuição da capacidade fotossintética das folhas e síntese de inibidores de crescimento que aumentam sensivelmente em plantas de clima temperado nesta época. Portanto o condicionamento da planta deve ser realizado quando a mesma encontra-se sob ótima capacidade vegetativa, independente da época, isto é facilmente observado na planta quando a casca é removida com facilidade.

A percentagem de estacas enraizadas da posição basal do ramo apresentou resultados altamente significativos, tanto para as estacas estranguladas como para aquelas aneladas (Tabela 2), os resultados mostraram que as estacas basais alcançaram percentagens médias de 93,0 para as estranguladas e 90,1 para as aneladas e apenas 32,7% para as não aneladas, estes resultados foram superiores aqueles obtidos por DENARDI (1980), que obteve 32% de estacas enraizadas; HARTMANN et alii (1965) que obtiveram 28,8% e semelhantes aqueles obtidos por HOWARD et alii (1984) que foram da ordem de 94% de estacas

enraizadas porém com outro porta-enxerto, o 'EM-26' e utilizando o controle da temperatura na base da estaca dentro do leito do enraizamento. Os resultados obtidos neste trabalho podem ser considerados muito satisfatórios uma vez que apenas o controle da insolação e umidade do solo aliados ao pré-condicionamento da estaca no ramo possibilitaram resultados altamente significativos na multiplicação vegetativa por estaquia desta espécie.

Além da maior percentagem de estacas enraizadas, as estacas da posição basal do ramo, principalmente aquelas aneladas apresentaram um maior número médio de raízes (Figura 4C e D e Tabela 3), maior quantidade de matéria seca de raízes (Tabela 4 e Figura 7), maior número de estacas brotadas (Tabela 5 e Figura 8), maior comprimento médio do ramo (Tabela 6 e Figura 9), maior quantidade de matéria seca do ramo (Tabela 7 e Figura 10), menor quantidade de estacas mortas (Tabela 8 e Figura 11) e menor formação de calo (Tabela 9 e Figura 12). Estes resultados em conjunto evidenciam que a taxa de regeneração potencial das estacas da posição basal foi sensivelmente aumentadas pelo anelamento tendo como consequência um acúmulo na quantidade de cofatores do enraizamento que no ramo diminuem da base para o ápice, isto já foi observado por vários pesquisadores entre eles TUKEY e GREEN (1934), pois as estacas basais além de terem naturalmente teores mais elevados de carboidratos, o anelamento proporciona outras modificações na morfologia e na fisiologia do ramo que contri-

buem para o enraizamento. Com isso a maior quantidade de reservas aliadas a presença de cofatores do enraizamento proporcionam ganhos superiores em matéria seca radicular e foliar quando comparados com as estacas da posição mediana e apical.

Durante o ensaio de campo verificou-se que o anelamento provoca uma debilitação da planta matriz uma vez que esta prática impede o fluxo normal de assimilados para o sistema radicular. Para evitar esta debilitação pode-se realizar o anelamento em alguns ramos deixando-se outros sem anelar, assim quando existirem 4 ramos anela-se três e deixa-se um sem anelar.

O número de raízes nas estacas aneladas da posição basal foi bastante expressivo quando se comparou com as estacas não aneladas (Tabela 3 e Figuras 4D₁ e 4D₂), sendo que a emissão de raízes ocorreu sempre na região do nó próxima da porção anelada da estaca (Figura 4B). No campo as estacas foram enterradas até 2/3 do seu comprimento para desenvolverem raízes e ali permaneceram até a coleta do experimento; as raízes sempre ocorreram na porção basal da estaca, isto confirma o movimento polar basípeto de cofatores envolvidos no processo de enraizamento principalmente auxinas.

A emissão de ramos e folhas na estaca não deve ser relacionada com o enraizamento pois muitas vezes a brotação ao invés de contribuir prejudica a iniciação de raízes na medida em que as folhas passem a competir por nutrientes e

promotores de crescimento fazendo com que todas as reservas sejam exauridas e a brotação venha a provocar uma desidratação do material propagativo através da transpiração foliar, principalmente em estacas que iniciam o processo de brotação antes da iniciação radicular. Por este motivo deve-se evitar a exposição do material propagativo onde as temperaturas do ar sejam muito superiores àquelas do leito de enraizamento que deveriam permanecer em torno de 21°C (HOWARD, 1978 e CHEFINS e HOWARD, 1982).

O número de estacas mortas (Tabela 8 e Figura 11) foi maior naquelas estacas da posição mediana e apical, isto poderia ser explicado em parte pelos maiores teores de nitrogênio nelas encontrados e também pela sua incapacidade de iniciar a atividade rizogênica facilitando assim a degeneração dos tecidos e exposição ao ataque de bactérias e fungos.

A formação de calo na base das estacas não tem relação direta com o enraizamento pois nas estacas da posição apical e medianas (Tabela 9 e Figura 12), onde houve a maior percentagem de estacas com calo não ocorreu relação com a formação de raízes. Nem sempre a emissão de raízes tem origem na região do calo e muitas vezes a formação de raízes é independente do calo (HARTMANN e KESTER, 1975). Especificamente nas estacas da posição apical, provavelmente os teores endógenos de auxinas e carboidratos totais aliados a altos teores de nitrogênio total foram insuficientes para estimular a iniciação de raízes, uma vez que mesmo a aplicação exôgena de AIB não

foi suficiente para elevar a percentagem de enraizamento, estas observações estão de acordo com aquelas verificadas por HAUN e CORNELL (1951) e PEARSE (1943), em que a relação C/N contribui para aumentar a potencialidade de enraizamento e que os teores de N quando muito elevados atuam negativamente na percentagem de enraizamento.

A quantidade de açúcares solúveis, expressos em g de glucose/100 g de matéria seca, conforme Tabela 10 mostra que o anelamento proporcionou aumentos significativos na quantidade destes carboidratos, principalmente nas estacas da porção apical; o mesmo ocorreu com nitrogênio total (Tabela 11). Os teores elevados de nitrogênio e carboidratos na porção apical do ramo é justificado pela existência de pontos de crescimento tais como, folhas e meristemas e também pela mobilidade e demanda destes nutrientes nas porções do ramo em crescimento. A maior concentração de açúcares solúveis pelo anelamento se deve basicamente a obstrução do fluxo descendente de seiva elaborada e seu acúmulo acima da porção anelada. De acordo com estes resultados as estacas da posição apical e mediana apresentaram os teores mais elevados de açúcares solúveis e nitrogênio, porém estes aumentos nos teores endógenos não foram acompanhados por aumentos significativos na percentagem de estacas enraizadas.

Os açúcares analisados foram basicamente as formas solúveis em água quente, não se analisando a fração total de amido isoladamente. Testes histoquímicos em algumas

amostras revelaram que as estacas não aneladas apresentavam uma reação semelhante independente da posição do ramo, ao passo que as estacas aneladas a situação foi diferente, as estacas apicais apresentavam uma reação mais intensa, semelhante a mediana porém superior àquelas da posição basal. Nas estacas da posição basal o amido se concentrava nas células do parênquima na região calosa ao passo que nas estacas da porção mediana e apical do ramo as concentrações deste carboidrato ocorriam nos raios medulares, medula e córtex. De acordo com VIETZ et alii (1980), o amido quando presente na estaca constituiu-se a única fonte de carboidatos que irá prover a energia necessária para a iniciação e o desenvolvimento de primórdios radiculares. DOUD e CARLSON (1977) mostraram que existe uma relação positiva entre o acúmulo de amido próximo a gema no ramo e a capacidade de enraizamento em estacas de macieira, mas sempre em locais que foram previamente condicionados, através de anelamento ou através da estiolação.

Os teores de macro e micronutrientes, apresentados na Tabela 12 quando comparados com valores mostrados na literatura por TROCME e GRAS (1979); POLING e OBERLY (1979), em partes aéreas e folhas de macieira, verificou-se que foram inferiores. Isto poderia ser justificado que as análises deste trabalho foram realizadas durante o período de inverno, época de coleta das estacas, quando a planta apresentava baixa atividade fisiológica e também porque as folhas indicam melhor a condição nutricional da planta (MALAVOLTA, 1980; TROCME e GRAS, 1979).

As variações nos teores nutricionais poderiam ser melhor avaliadas se as análises fossem realizadas em períodos de maior atividade fisiológica, tais como no início da primavera e verão e também se fosse considerado para a análise os tecidos do floema e xilema em separado. A presença de nutrientes, no xilema, que apresentam baixa mobilidade tais como é o caso do Ca, B e Zn, poderiam ter mascarado as quantidades presentes nos tecidos anelados, pois os tecidos não foram separados para análise. O movimento principal de água e minerais ocorre das raízes para as folhas através do xilema, e das folhas os nutrientes são redistribuídos para outros órgãos através do floema principalmente. Como o ramo permaneceu muito tempo anelado deve ter ocorrido um movimento lateral do floema para o xilema na região bloqueada, pois de acordo com CASTRO (1979) este movimento de assimilados tem sido verificado em muitas espécies e é controlado pelo câmbio o qual provavelmente regula a quantidade de elementos que sobem na corrente transpiratória (MALAVOLTA, 1980).

Para se ter uma idéia mais real dos teores de assimilados e mesmo nutrientes que apresentam alta mobilidade na planta é necessário separar os vasos condutores do floema e xilema logo após o anelamento e em seguida realizar as análises pertinentes em tempos diversos (CASTRO, 1979).

Assim fica evidenciado que as análises de nutrientes não foram capazes de responder pelo maior ou menor enraizamento embora seja sabido que os teores elevados de car-

boidratos nos tecidos estejam relacionados com os teores elevados de potássio e que o boro facilita a distribuição de carboidratos, e que tecidos ricos em nitrogênio apresentam baixa capacidade de regeneração de raízes principalmente quando as quantidades presentes de carboidratos são baixas e também que o Zn é essencial para síntese de ácido indolilacético e sua deficiência provoca destruição de auxina, provavelmente por oxidação. Todos os nutrientes fazem parte do metabolismo vegetal e seu envolvimento no enraizamento é mais indireto seja através do fornecimento de energia ou cofatores uma vez que foi provado que as estacas quando obtidas de plantas bem nutridas são aquelas que apresentam maior capacidade de regeneração de raízes (HAUN e CORNELL, 1951; PEARSE, 1943).

Para plantas obtidas através de uma seleção clonal e propagadas vegetativamente, como é o caso do porta-enxerto de macieira 'MM-106' o condicionamento da planta matriz ao enraizamento torna-se imperiosa, uma vez que os tecidos são altamente diferenciados e este cultivar apresenta dificuldade para enraizamento através de estacas. As técnicas de pré-condicionamento, tais como a utilizada neste trabalho alteram o balanço hormonal e nutricional do ramo. Esta alteração no balanço hormonal precisaria ser estudada com maior profundidade com objetivo de se identificar os cofatores envolvidos diretamente com o processo de enraizamento das estacas.

Outras linhas de estudos, tais como as formas

de carboidratos armazenados na estaca; substâncias nitrogenadas armazenadas; efeito do anelamento em diferentes alturas do ramo e em diferentes épocas do período vegetativo da planta e sua correlação com o enraizamento das estacas poderiam ser objeto de pesquisa com este porta-enxerto.

6. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos, com o porta-enxerto de macieira 'MM-106', nas condições em que foram realizados os ensaios permitem concluir que:

1) O anelamento provoca alterações na morfologia e na fisiologia do ramo; sendo que os resultados são semelhantes para as duas formas de anelamento;

2) O anelamento provoca alterações nos cofatores do enraizamento e corta o fluxo descendente de seiva elaborada;

3) O anelamento aumenta a percentagem de estacas enraizadas, sendo as estacas da posição basal do ramo as mais influenciadas;

4) As estacas aneladas podem dispensar a aplicação de reguladores de vegetais para a iniciação de raízes;

5) O ácido indolilbutírico (AIB) é mais importante para o enraizamento em estacas não aneladas;

6) As estacas tratadas com AIB apresentam maiores ganhos de matéria seca na parte aérea e no sistema radicular;

7) O condicionamento do ramo para o enraizamento, através do anelamento, é mais eficiente quando realizado em plena atividade vegetativa da planta;

8) A formação de calo na base da estaca não têm relação direta com a percentagem de enraizamento;

9) Os aumentos nos teores de açúcares solúveis e nitrogênio total na estaca, não foram acompanhados de aumentos no enraizamento;

10) Os teores de macro e micronutrientes minerais analisados nas estacas tiveram poucas alterações com o anelamento; e

11) Independente das formas de anelamento as estacas da posição basal do ramo enraizam melhor que as da posição mediana e estas melhor que as apicais.

7. LITERATURA CITADA

- ARENS, T. e K. ARENS, 1972. O enraizamento de eucalyptus no clima de São Paulo. *Ciência e Cultura*, São Paulo, 24 (3): 233-278.
- ASHIRU, G.A. e R.F. CARLSON, 1968. Some endogenous rooting factors associated with rooting of East Malling II and Malling-Merton 106 apple clones. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science*, College Park, 92: 106-112.
- AVERY Jr., G.S. e L. POTTORF, 1945. Auxin and nitrogen relationships in green plants. *American Journal of Botany*, New York, 32: 666-69.
- BALDINI, E. e B. MOSSE, 1956. Observations on the origin and development for sphaeroblasts in the apple. *Journal of Horticultural Science*, London, 31: 156-162.
- BAPTISTA, M.J.; L. BORGES Jr. e J.L. PETRI, 1985. Maçã: um investimento para o futuro: *Agricultura de Hoje*, Rio de Janeiro, 10(109): 44-49.

- BASSUK, N.L. e B.H. HOWARD, 1981. A positive correlation between endogenous root-inducing cofactor activity in vacuum-extracted sap and seasonal changes in rooting of M-26 winter apple cuttings. *Journal of Horticultural Science*, London, 56(4): 301-312.
- BASSUK, N.L.; L.D. HUNTER e B.H. HOWARD, 1981. The apparent involvement of polyphenol oxidase and phloridzin in the production of apple rooting cofactors. *Journal of Horticultural Science*, London, 56(4): 313-322.
- BEAKBANE, A.B., 1961. Structure of plant stem in relation to adventitious rooting. *Nature*, London, 192(9): 954-955.
- BUCK, G.J., 1954. The histology of the bud graft union in roses. *Iowa States College Journal Science*, 28: 587-602.
- CARLSON, R.F., 1962. The MM series of dwarfing stocks. *American Fruit Grower*, Willoughby, 82(3): 46-48.
- CASTRO, P.R.C., 1979. Translocação de solutos orgânicos. In: *Fisiologia Vegetal*. Editora da Universidade de São Paulo, Volume 1, p.211-245.
- CHEFFINS, N.J. e B.H. HOWARD, 1982. Carbohydrate changes in leafless winter apple cuttings. I - The influence of level and duration of bottom heat. *Journal of Horticultural Science*, London, 57(1): 1-9.
- CHILD, R.D. e R.F. HUGHES, 1978. Factors influencing rooting in hardwood cuttings of apple cultivars. *Acta Horticulturae*, 79: 43-48.

- DENARDI, F., 1980. Propagação vegetativa do porta-enxerto de macieira (*Malus domestica*, Borkh) Malling-Merton 106 (MM-106) por meio de estacas lenhosas. Universidade Federal de Pelotas, RS, 69p. (Dissertação de Mestrado).
- DENARDI, F., 1984. Porta-enxerto para macieira. In: Palestras do II curso sobre a Cultura da macieira, Caçador, Santa Catarina, p.11-12.
- DOUD, S.L. e R.F. CARLSON, 1972. Propagation method of fruit tree cultivars from hardwood cuttings. *Fruit Varieties and Horticultural Digest*, University Park, 26(4): 80-83.
- DOUD, S.L. e R.F. CARLSON, 1977. Effects of etiolation, stem anatomy, and starch reserves on root initiation of layred *Malus* clones. *Journal of American Society of Horticultural Science*, Saint Joseph, 102(4): 487-491.
- DUBOIS, M.; K.A. GILBS; J.K. HAMILTON; P.A. REBENS e F. SMITH, 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical Chemistry*, Washington, 28: 350-356.
- EATON, F.M., 1940. Interrelations in the effects of boron and indoleacetic acid on plant growth. *Botanical Gazette, Chicago*, 101: 700-705.
- ESAU, K., 1974. *Anatomia das plantas com sementes*. Tradução: Berta Lange de Morretes. Edgard Blücher, São Paulo, 273p.
- FADL, M.S. e H.T. HARTMANN, 1967. Isolation, purification and characterization of an endogenous root-promoting factor obtained from the basal sections of pear hardwood cuttings. *Plant Physiology*, Lancaster, 42: 541-549.

- FROLICH, E.F., 1961. Etiolation and rooting of cuttings. Proceedings of International Plant Propagatory Society, 11: 277-283.
- GARDNER, F.E., 1937. Etiolation as a method of rooting apple variety stem cuttings. Proceedings of the American Society for Horticultural Science, College Park, 34: 323-329.
- GAUCH, H.G. e W.M. DUGGER Jr., 1953. The role of boron in the translocation of sucrose. Plant Physiology, Lancaster, 28: 457-466.
- GÓRECKI, R.S., 1979. The effect of an auxin (IBA), fungicide (captan) and of wounding on the rooting of soft wood apple (*Malus* Mill.) cuttings. Acta Agrobotanica, Warszawa, 32 (2): 223-232.
- GÓRECKI, R.S., 1980. Physiological changes in M 26 and MM-106 softwood apple (*Malus* sp. Mill.) cuttings during their rooting. Acta Agrobotanica, Warszawa, 33(1): 109-120.
- HACHER, E.S.J. e R.J. GARNER, 1954. The production of sphaeroblast shoots of apple for cuttings. Report East Malling Research Station, Maidstone, 73-75.
- HAISSIG, B.E., 1974. Metabolism during adventitious root primordium initiation and development. New Zealand Journal Forestry Science, Rotorua, 4(2): 324-337.
- HARRISON-MURRAY, R.S., 1982. Etiolation of stock plants for improved rooting of cuttings. I. Opportunities suggested by work with apple. Proceedings of International Plant Propagation Society, 31: 386-392.

- HARTMANN, H.T.; C.J. HANSEN e F. LORETI, 1965. Propagation of apple rootstocks by hardwood cuttings. *California Agriculture*, Berkeley, 19(6): 4-5.
- HARTMANN, H.T. e D.E. KESTER, 1975. Propagacion de plantas; principios y prácticas. Companhia Editorial Continental S/A. 4a. impressão, 809p.
- HAUN, J.R. e P.W. CORNELL, 1951. Rooting response of geranium (*Pelargonium hortorum*, Bailey var. Ricard) cuttings as influenced by nitrogen, phosphorus, and potassium nutrition of stock plant. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science*, New York, 58: 317-323.
- HENTSCHKE, R., 1978. Fruticultura de clima temperado no Brasil: situação e perspectiva. In: *Anais do I Encontro Nacional de Fruticultura de Clima Temperado*, Florianópolis, p.27-31.
- HERMAN, D.E. e C.E. HESS, 1963. The effect of etiolation upon the rooting of cutting. *Proceedings of International Plant Propagation Society*, 13: 42-62.
- HESS, C.E., 1968. Internal and external factors regulating root initiation. *Root Growth* (Proceedings of the 15th Easter Sch. Agriculture Science): 42-53.
- HIGDON, R.J. e M.N. WESTWOOD, 1963. Some factors affecting the rooting of hardwood pear cuttings. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science*, College Park, 83: 193-198.
- HOWARD, B.H., 1978. Field establishment of apple rootstock hardwood cuttings as influenced by conditions during a prior stage in heated bins. *Journal of Horticultural Science*, London, 53: 31-37.

- HOWARD, B.H.; R.S. HARRISON-MURRAY e K.A.D. MALKENZIE, 1984. Rooting responses to wounding winter cuttings of M26 apple rootstock. *Journal of Horticultural Science*, London, 59 (2): 131-139.
- JAUHARI, O.S. e S.F. RAHMAN, 1959. Further investigations on rooting in cuttings of sweet lime (*Citrus limettoides*, Tanaka). *Science and Culture*, Calcutta, 24: 432-434.
- MALAVOLTA, E., 1980. Elementos de nutrição mineral de plantas. Editora Agronômica Ceres Ltda., São Paulo, 251p.
- MENDES, L.O.T., 1959. A multiplicação da seringueira (*Hevea brasiliensis*, Muell. Arg.) por meio de estacas. *Bragantia*. Campinas, 18(1): 245-282.
- MURRAY, H.R.; C.D. TAPER; T. PICKUP e A.N. NUSSEY, 1956. Boron nutrition of softwood cutting of geranium and currant in relation to root development. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science*, College Park, 69: 498-501.
- PEARSE, H.L., 1943. The effect of nutrition and phytohormones on the rooting of vine cuttings. *Annals of Botany*, Oxford, 7(26): 123-132.
- PIATKOWSKI, M.G.; L.S. JANKIEWICZ e S. KASPRZYK, 1973. Use of auxin fungicides and rooting cofactors to induce adventitious root formation in softwood cuttings of apple, gooseberry and some ornamental plants. *Acta Agrobotanica*, Warszawa, 26(1): 191-201.
- POLING, E.B. e G.H. OBERLY, 1979. Effect of rootstock on mineral composition of apple leaves. *Journal of American Society for Horticultural Science*, Saint Joseph, 104(6): 799-801.

- PRESTON, A.P., 1953. Five new apple rootstocks. Report East Malling Research Station, Maidstone, 169-170.
- PRESTON, A.P., 1955. Apple rootstock studies: Malling-Merton rootstocks. *Journal of Horticultural Science, Kent*, 30: 25-33.
- ROBINSON, J.C. e W.N. SCHWABE, 1977. Studies on the regeneration of apple cultivars from root cuttings. I - Propagation aspects. *Journal of Horticultural Science, London*, 52: 205-220.
- SAMISH, R.M. e P. SPIEGEL, 1957. The influence of the nutrition of the mother vine of the rooting of cuttings. *Ktavim, Rehovot*, 8: 93-100.
- SARRUGE, J.R. e H.P. HAAG, 1974. *Análises em plantas*. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, São Paulo, 56p.
- SATOO, S., 1956. Anatomical studies on the rooting of cuttings in conifer species. *University Forests Bulletin, Tokio*, 51: 111-157.
- SKOOG, F., 1940. Relationships between zinc and auxin in the growth in higher plants. *American Journal of Botany, New York*, 27: 939-961.
- STOLTZ, L.P. e C.E. HESS, 1966a. The effect of girdling upon root initiation: Carbohydrates and amino acids. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science, College Park*, 89: 734-743.

- STOLTZ, L.P. e C.E. HESS, 1966b. The effect of girdling upon root initiation: auxin and rooting cofactors. *Journal of American Society for Horticultural Science*, Saint Joseph, 89: 746-751.
- STOUTEMYER, V.T., 1937. Regeneration in various types of apple wood. *Bulletin of the Virginia Agricultural Experimental Station*, Blacksburg, 220: 309-352.
- SWINGLE, C.F., 1927. Burrknot formation in relation to the vascular system of the apple stem. *Journal of Agricultural Research*, Washington, 34: 533-544.
- TROCME, S. e R. GRAS, 1979. *Suelo y fertilizacion en fruticultura*. 2ª Edicion, Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, 388p.
- TUKEY, H.B. e E.L. GREEN, 1934. Gradient composition of rose shoots from tip to base. *Plant Physiology*, Lancaster, 9: 157-163.
- VIEITZ, A.M.; A. BALLESTER; M.T. GARCIA e E. VIEITZ, 1980. Starch depletion and anatomical changes during the rooting of *Castanea sativa* Mill, cuttings. *Scientia Horticulturae*, Amsterdam, 13: 261-266.
- WEAVER, R.J., 1976. *Reguladores del crecimiento de las plantas en la agricultura*. Editorial Trilhas México, 621p.
- WESTWOOD, M.N., 1982. *Fruticultura de zonas templadas*. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, 461p.
- WESTWOOD, M.N., 1972. The role of growth regulators in rooting. Session II - Growth regulators in the fruit tree nursery. *Acta Horticulturae*, The Hague, 34: 89-92.

YOUNG, M.J. e M.N. WESTWOOD, 1975. Influence of wounding and chilling on rooting of pear cuttings. *Hortscience*, Saint Joseph, 10(4): 399-400.

8. APÊNDICE

Tabela 13 - Valores de cada variável estudada (3 repetições) no experimento que combinou formas de anelamento, posição da estaca, A1B e épocas, em estacas lenhosas do porta-enxerto 'MM-106T para macieira.

Tratamentos	Estacas enraizadas (%)			Nº de raízes			Estacas c/ calo (%)			Estacas brotadas (%)			Estacas mortas (%)			Comprimento do ramo (g)			Matéria seca raízes (%)			Matéria seca ramos (g)		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
A1T1H1E1	0	0	12,5	0	0	1	100	62,5	87,5	0	50	25	0	37,5	0	2,5	1	0	0,02	0	0	0,07		
A1T1H1E2	12,5	0	0	3,0	0	0	87,5	100	100	12,5	0	12,5	0	0	0	1	0	0	0,02	0	0,03	0		
A1T1H2E1	12,5	25	0	7,0	0	0	75	0	75	12,5	25	75	12,5	75	2	0	0	0,11	0,05	0	0,33	1,10	0	
A1T1H2E2	25	25	12,5	2	1,5	3	37,5	50	25	12,5	62,5	37,5	37,5	25	2	3,5	1,3	0,06	0,01	0,01	0,24	0,47	0,13	
A1T2H1E1	0	0	12,5	0	0	0	87,5	62,5	87,5	75	50	75	12,5	37,5	0	1,2	1,8	0	0	0,04	0	0,20	0	
A1T2H1E2	0	0	12,5	0	0	0	25	25	62,5	25	75	75	75	75	0	0	0	0	0	0,08	0	0,39	0	
A1T2H2E1	37,5	12,5	12,5	7	6	3	12,5	37,5	12,5	62,5	50	25	37,5	50	3,4	3	1,8	0,18	0,03	0,02	0,81	0,06	0,17	
A1T2H2E2	0	0	25	0	0	6	12,5	12,5	25	12,5	37,5	75	87,5	50	1	1	0	0	0	0,02	0	0,18	0	
A1T3H1E1	25	25	25	4	5	8,5	50	62,5	75	100	62,5	87,5	25	12,5	6,3	7,4	8,3	0,07	0,16	0,12	2,06	1,71	2,17	
A1T3H1E2	0	12,5	25	0	5	2,5	100	12,5	75	87,5	25	100	0	75	1,7	2,0	5,9	0	0,03	0,04	0	0,21	1,21	
A1T3H2E1	62,5	75	37,5	7,4	17	9,7	37,5	0	62,5	75	100	75	100	0	6,9	26,8	8,8	0,66	0,92	0,40	3,46	10,9	4,26	
A1T3H2E2	37,5	37,5	62,5	5	14,7	9	12,5	37,5	12,5	50	75	87,5	50	25	6,3	7,6	15,9	0,24	0,13	0,55	1,72	2,7	7,17	
A2T1H1E1	0	0	12,5	0	0	0	100	25	75	0	0	37,5	0	75	0	0	1,5	0	0	0,06	0	0,11	0	
A2T1H1E2	0	0	0	0	0	0	100	0	100	0	0	25	0	100	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
A2T1H2E1	12,5	25	12,5	1	2,5	2	87,5	50	87,5	37,5	62,5	12,5	0	25	3,3	4,8	0	0,04	0,08	0,02	0,38	1,3	0,81	
A2T1H2E2	25	0	12,5	3,5	0	0	62,5	0	87,5	62,5	0	37,5	12,5	100	0	0	1,2	0,02	0	0,01	0,05	0	0,09	
A2T2H1E1	25	0	25	4	0	2	62,5	0	50	87,5	0	37,5	12,5	100	2,3	0	1,2	0,13	0	0,02	0,63	0	0,10	
A2T2H1E2	12,5	12,5	0	3	1	0	7,5	12,5	100	62,5	25	100	12,5	75	2	3	1,1	0,15	0,01	0	1,09	0,3	0	
A2T2H2E1	37,5	0	50	4,3	0	4	37,5	12,5	37,5	100	12,5	87,5	25	87,5	2,4	1	5,9	0,1	0	0,21	0,95	0	1,1	
A2T2H2E2	0	37,5	50	0	1,7	4,5	0	0	12,5	0	37,5	75	50	25	2,5	4,4	5,6	0	0,06	0,25	0	1,1	1,9	
A2T3H1E1	100	67,5	87,5	12,9	34,3	18,1	0	0	12,5	100	87,5	87,5	0	12,5	8,3	21,7	15,1	1,15	0,86	1,01	3,64	6,8	6,4	
A2T3H1E2	50	75	62,5	5,8	5	14,6	50	25	37,5	100	100	100	0	0	9,6	14,5	16,6	0,36	0,53	0,74	4,34	7,6	7,8	
A2T3H2E1	100	100	100	17,9	17,6	19,6	0	0	100	100	100	100	0	0	16,6	20,9	14,0	1,50	1,18	1,31	8,96	7,5	5,3	
A2T3H2E2	75	100	100	10,8	7,1	12,6	25	0	0	87,5	100	100	0	0	21	19,3	28	0,76	0,47	1,40	7,82	9,0	17,8	
A3T1H1E1	12,5	0	0	1	0	0	87,5	100	87,5	25	0	25	0	0	0	0	1	0,01	0	0	0,05	0	0	0
A3T1H1E2	0	0	0	0	0	0	100	75	100	25	62,5	12,5	0	25	0	1	1,5	0	0	0	0	0	0	0
A3T1H2E1	0	0	12,5	0	0	0	62,5	75	50	50	62,5	50	37,5	29	1	1,6	1,2	0	0	0,05	0	0	0,3	0
A3T1H2E2	25	12,5	37,5	2	1	1	50	12,5	50	62,5	25	50	25	75	1	2,5	1,2	0,01	0,02	0,01	0,26	0,10	0,2	
A3T2H1E1	0	0	0	0	0	0	100	0	100	100	0	100	0	100	1,1	0	1,4	0	0	0	0	0	0	0
A3T2H1E2	12,5	0	25	1	0	2	87,5	0	75	87,5	0	100	0	100	0	2	2,8	0,01	0	0,02	0,44	0	0,6	
A3T2H2E1	12,5	37,5	37,5	3	2	3,3	50	62,5	37,5	62,5	100	75	37,5	0	1	1,6	2,0	0,08	0,01	0,14	0,11	0,24	0,9	
A3T2H2E2	12,5	37,5	12,5	3	6	15	0	37,5	25	12,5	75	37,5	87,5	25	2	5	4	0,01	0,30	0,08	0,24	2,11	0,7	
A3T3H1E1	75	87,5	100	10,5	21,1	16,1	25	0	0	100	87,5	100	0	12,5	8,6	28,5	11,9	0,73	0,76	1,10	4,74	10,65	6,8	
A3T3H1E2	75	87,5	62,5	7,8	7,9	10,2	25	12,5	37,5	75	100	87,5	0	0	12	13	11,3	0,75	0,33	0,66	3,83	7,06	5,0	
A3T3H2E1	100	100	100	21,5	33,8	25,8	0	0	0	100	87,5	100	0	0	10,1	35	14,6	2,23	1,32	1,57	4,50	18,42	8,6	
A3T3H2E2	75	87,5	75	12,3	15,7	9	25	12,5	25	100	100	75	0	0	13,5	26,5	14,1	0,87	1,21	0,62	6,66	15,5	5,3	

A: anelamento (A1: não aneladas; A2: estranguladas e A3: aneladas); T: posição da estaca no ramo (T1: apical; T2: medianas e T3: basais); H: ácido indolil-butírico (H1: ausência e H2: presença) e E: época de anelamento (E1 e E2, 97 e 1,7 dias, respectivamente, antes da estocagem).

Tabela 14 - Açúcares solúveis totais e nitrogênio total (3 repetições) em estacas lenhosas do porta-enxerto 'MM-106' em função de diferentes tratamentos.

Tratamentos	Açúcares solúveis			Nitrogênio total		
	g glucose/100g m.s.			%		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
A1T1E1	6,68	7,05	6,90	0,609	0,623	0,602
A1T1E2	6,68	7,05	6,90	0,609	0,623	0,602
A1T2E1	6,06	5,91	5,79	0,553	0,532	0,483
A1T2E2	6,06	7,91	5,79	0,553	0,532	0,483
A1T3E1	6,20	5,65	6,45	0,455	0,679	0,630
A1T2E2	6,20	5,65	6,54	0,455	0,679	0,630
A2T1E1	7,99	7,95	9,23	0,700	0,798	0,812
A2T1E2	6,31	9,12	9,24	0,630	0,658	0,644
A2T2E1	5,73	6,27	9,20	0,378	0,350	0,462
A2T2E2	6,54	7,41	7,70	0,476	0,406	0,518
A2T3E1	8,56	8,11	7,05	0,532	0,406	0,378
A2T3E2	6,57	7,50	7,93	0,406	0,462	0,434
A3T1E1	6,79	8,06	8,16	0,854	0,798	0,644
A3T1E2	7,87	8,60	8,39	0,658	0,630	0,546
A3T2E1	6,77	7,07	7,78	0,392	0,476	0,588
A3T2E2	7,28	7,29	8,23	0,434	0,490	0,462
A3T3E1	9,36	6,85	7,03	0,534	0,406	0,378
A3T3E2	7,95	7,48	7,03	0,490	0,490	0,406

A: anelamento (A1: não aneladas; A2: estranguladas e A3: aneladas); T: posição da estaca no ramo (T1: apical; T2: mediana e T3: basal) e E: época de anelamento (E1 e E2, 97 e 47 dias, respectivamente, antes da estaquia).

Tabela 15 - Análise de variância para a percentagem de estacas enraizadas do porta-enxerto de macieira 'MM-106'.

Causas da Variação	G.L.	Q.M.	F.
Anelamento	2	16,81	**
Estacas	2	164,05	**
AIB	1	44,77	**
Épocas	1	12,11	*
Anelamento x estacas	4	0,02	ns
Anelamento x AIB	2	0,18	ns
Estacas x AIB	2	4,78	*
Anelamento x época	2	0,72	ns
Estaca x época	2	5,08	*
AIB x época	1	0,07	ns
Resíduo	88		
TOTAL	107		

C.V.; 40,7%; n.s.; não significativo

* : significativo ao nível de 5% de probabilidade.

** : significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Transformação: $\text{arc sen } \sqrt{x/100}$

Tabela 16 - Análise de variância para a variável número de raízes em estacas lenhosas do porta enxerto de macieira 'MM-106'.

Causas da Variação	G.L.	Q.M.	F.
Anelamento	2	1,98	**
Estacas	2	53,40	**
AIB	1	11,79	**
Época	1	4,16	**
Anelamento x estaca	4	2,93	**
Anelamento x AIB	2	0,80	ns
Anelamento x época	2	0,35	ns
Estaca x AIB	2	0,11	ns
Estaca x época	2	4,38	**
AIB x época	1	0,008	ns
Resíduo	88	0,37	
TOTAL	107		

C.V.: 30,13%; n.s.: não significativo

** : significativo ao nível de 1% de probabilidade

Transformação de dados: $\sqrt{x+0,5}$

Tabela 17 - Análise de variância para matéria seca de raízes (g) em estacas lenhosas do porta-enxerto de macieira 'MM-106'.

Causas da Variação	G.L.	Q.M.	F.
Anelamento	2	0,16	**
Estacas	2	0,56	**
AIB	1	0,18	**
Época	1	0,10	**
Anelamento x estacas	4	0,14	**
Anelamento x AIB	2	0,003	ns
Anelamento x época	2	0,001	ns
Estaca x AIB	2	0,08	**
Estaca x época	2	0,09	**
AIB x época	1	0,009	ns
Resíduo	88	0,004	
TOTAL	107		

C.V.: 8,08%; n.s.: não significativo
 ** : significativo ao nível de 1% de probabilidade
 Transformação de dados: $\sqrt{x+0,5}$

Tabela 18 - Análise de variância para percentagem de estacas brotadas do porta-enxerto de macieira 'MM-106'.

Causas da Variação	G.L.	Q.D.	F.
Anelamento	2	1160,04	ns
Estacas	2	21561,52	**
AIB	1	1106,14	ns
Época	1	891,21	ns
Anelamento x estaca	4	459,95	ns
Anelamento x AIB	2	172,60	ns
Anelamento x época	2	386,03	ns
Estaca x AIB	2	1176,95	ns
Estaca x época	2	127,69	ns
AIB x época	1	782,66	ns
Resíduo	88	402,25	
TOTAL	107		

C.V.: 38,79%; n.s.: não significativo
 ** : significativo ao nível de 1% de probabilidade.
 Transformação de dados: $\text{arc sen } \sqrt{x/100}$

Tabela 19 - Análise de variância para comprimento do broto (cm) em estacas lenhosas do porta-enxerto de macieira 'MM-106'.

Causas da Variação	G.L.	Q.M.	F.
Anelamento	2	2,19	**
Estacas	2	63,46	**
AIB	1	7,31	**
Época	1	0,04	ns
Anelamento x estaca	4	2,15	*
Anelamento x AIB	2	0,09	ns
Anelamento x época	2	0,90	ns
Estaca x AIB	2	0,44	ns
Estaca x época	2	0,38	ns
AIB x época	1	0,01	ns
Resíduo	88	0,31	
TOTAL	107		

C.V.: 25,77%; n.s.: não significativo

* : significativo ao nível de 5% de probabilidade.

** : significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Transformação de dados: $\sqrt{x+0,5}$

Tabela 20 - Análise de variância para matéria seca (g) de ramos em estacas lenhosas do porta-enxerto de macieira 'MM-106'.

Causas da Variação	G.L.	Q.M.	F.
Anelamento	2	2,03	**
Estacas	2	31,53	**
AIB	1	3,31	**
Época	1	0,05	ns
Anelamento x estaca	4	1,36	**
Anelamento x AIB	2	0,03	ns
Anelamento x época	2	0,23	ns
Estaca x AIB	2	0,78	**
Estaca x época	2	0,11	ns
AIB x época	1	0,004	ns
Resíduo	88	0,14	
TOTAL	107		

C.V.: 27,0%; n.s.: não significativo

** : significativo ao nível de 1% de probabilidade

Transformação de dados: $\sqrt{x+0,5}$

Tabela 21 - Análise da variância para a variável estacas mortas (%) de porta-enxerto de macieira 'MM-106'.

Causas da Variação	G.L.	Q.M.	F.
Anelamento	2	889,30	ns
Estacas	2	8788,92	**
AIB	1	2201,87	*
Época	1	417,93	ns
Anelamento x estaca	4	866,26	ns
Anelamento x AIB	2	197,85	ns
Anelamento x época	2	896,05	ns
Estaca x AIB	2	122,77	ns
Estaca x época	2	889,21	ns
AIB x época	1	520,47	
Resíduo	88		

TOTAL

C.V.: 97,38%; n.s.: não significativo

* : significativo ao nível de 5% de probabilidade

** : significativo ao nível de 1% de probabilidade

Transformação de dados: $\text{arc sen } \sqrt{x/100}$

Tabela 22 - Análise de variância para formação de calo (%) em estacas lenhosas do porta-enxerto de macieira 'MM-106'.

Causas da Variação	G.L.	Q.M.	F.
Anelamento	2	1032,90	ns
Estacas	2	10636,87	**
AIB	1	11812,88	**
Épocas	1	12,23	ns
Anelamento x estacas	4	992,64	ns
Anelamento x AIB	2	547,83	ns
Anelamento x época	2	227,39	ns
Estacas x AIB	2	253,55	ns
Estacas x época	2	1381,84	ns
AIB x época	1	717,06	ns
Resíduo	88	465,75	

TOTAL

107

C.V.: 53,34%; n.s.: Não significativo

** : significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Transformação de dados: $\text{arc sen } \sqrt{x/100}$

Tabela 23 - Análise de variância para açúcares solúveis totais (g de glucose/100g de matéria seca) em estacas lenhosas do porta-enxerto de macieira 'MM-106'.

Causas da Variação	G.L.	Q.M.	F.
Anelamento	2	11,41	**
Estacas	2	3,78	**
Época	1	0,004	ns
Anelamento x estaca	4	0,16	ns
Anelamento x época	2	0,22	ns
Estaca x época	2	0,29	ns
Resíduo	40	0,61	
TOTAL	53		

C.V.: 10,88%; n.s.: não significativo

** : significativo a 1% de probabilidade.

Tabela 24 - Análise de variância para nitrogênio total (%) em estacas lenhosas do porta-enxerto de macieira 'MM-106'.

Causas da Variação	G.L.	Q.M.	F.
Anelamento	2	0,01	ns
Estacas	2	0,20	**
Época	1	0,007	ns
Anelamento x estaca	4	0,02	**
Anelamento x época	2	0,003	ns
Estaca x época	2	0,016	*
Resíduo	40	0,004	
TOTAL	53		

C.V.: 12,59%; n.s.: não significativo

* : significativo ao nível de 5% de probabilidade.

** : significativo ao nível de 1% de probabilidade