

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP CÂMPUS DE
JABOTICABAL**

**DOSES E MODOS DE APLICAÇÃO DE BORO NA PRODUÇÃO
DE MUDAS DE NESPEREIRA**

**Estevan Teodoro Santana Penha
Engenheiro Agrônomo**

2016

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP CÂMPUS DE
JABOTICABAL**

**DOSES E MODOS DE APLICAÇÃO DE BORO NA
PRODUÇÃO DE MUDAS DE NESPEREIRA**

Estevan Teodoro Santana Penha

Orientador: Prof. Dr. Antonio Baldo Geraldo Martins

**Dissertação apresentada à Faculdade
de Ciências Agrárias e Veterinárias –
Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como
parte das exigências para a obtenção
do título de Mestre em Agronomia
(Produção Vegetal).**

2016

P399d Penha, Estevan Teodoro Santana
Doses e modo de aplicação de boro em plantas-matrizes de
nespereira / Estevan Teodoro Santana Penha. -- Jaboticabal, 2016
iii, 28 p. : il. ; 29 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista,
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2016
Orientador: Antonio Baldo Geraldo Martins
Banca examinadora: Paulo Sérgio de Souza, Carlos Ruggiero
Bibliografia

1. *Eriobotrya japonica* Lindl. 2. Estaquia. 3. Micronutriente. 4.
Propagação vegetativa. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de
Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 633.34:631.54

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação –
Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

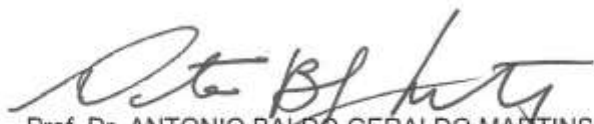
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: DOSES E MODOS DE APLICAÇÃO DE BORO NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE NESPEREIRA.

AUTOR: ESTEVAN TEODORO SANTANA PENHA

ORIENTADOR: ANTONIO BALDO GERALDO MARTINS

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em AGRONOMIA (PRODUÇÃO VEGETAL), pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. ANTONIO BALDO GERALDO MARTINS

Departamento de Produção Vegetal / FCAV / UNESP - Jaboticabal



Prof. Dr. PAULO SÉRGIO DE SOUZA

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais / IFSuldeMinas - Muzambinho/MG



Prof. Dr. CARLOS RUGGIERO

Departamento de Produção Vegetal (Horticultura) / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Jaboticabal, 23 de fevereiro de 2016

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

ESTEVAN TEODORO SANTANA PENHA – filho de Nivaldo Santana Penha e Maria Joana D'Árc Teodoro Penha, nascido em Jaborandi, São Paulo, no dia 05 de abril de 1992. Em fevereiro de 2007, iniciou o Curso Técnico em Agropecuária no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – Campus Muzambinho, concluindo em dezembro de 2009. Em 2010 na mesma Instituição, iniciou o Curso de Graduação em Engenharia Agrônômica, concluindo em 2013. Em março de 2014, ingressou no Curso de Pós-Graduação em Agronomia (Produção Vegetal), em nível de Mestrado, na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - FCAV, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - Unesp, Campus de Jaboticabal, onde foi bolsista pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, com orientação do Prof. Dr. Antonio Baldo Geraldo Martins.

"Então Deus fez o Agricultor"

"E no oitavo dia, Deus olhou para seu paraíso e disse: "Eu preciso de alguém que cuide desse lugar." Então Deus fez o Agricultor.

Deus disse: "Eu preciso de alguém disposto a levantar antes do amanhecer, ordenhar vacas, trabalhar o dia todo no campo, ordenhar vacas de novo, jantar e depois ir para a cidade e ficar até depois da meia-noite em uma reunião da diretoria da escola." Então Deus fez o Agricultor.

"Eu preciso de alguém com braços fortes o suficiente para retirar um bezerro nascendo, mas ainda suaves o suficiente para fazer o parto do seu próprio neto. Alguém para chamar os porcos, domesticar máquinas rabugentas, chegar em casa com fome e ter de esperar o almoço até que sua esposa alimente as visitas, e dizer a elas para voltar em breve - e realmente querer isso." Então Deus fez o Agricultor.

Deus disse: "Eu preciso de alguém disposto a sentar-se a noite toda com um potro recém-nascido. E vê-lo morrer. Em seguida, secar os olhos e dizer: "Talvez no ano que vem". Eu preciso de alguém que possa transformar um tronco de árvore em um cabo de machado, ferre um cavalo com um pedaço de pneu usado, que possa fazer um arreio com pedaços de arame, sacos de ração e sapatos velhos. E alguém que, na época de plantio e colheita, termine suas 40 horas semanais de trabalho ao meio-dia da terça-feira e então, sofrendo com dores nas costas pelo trator, inicie outras setenta e duas horas de trabalho." Então Deus fez o Agricultor.

Deus tinha que ter alguém disposto a andar nos sulcos a toda velocidade para buscar o feno antes das nuvens de chuva e ainda assim parar no meio do campo e correr para ajudar quando visse os primeiros sinais de fumaça saindo da casa de um vizinho. Então Deus fez o Agricultor.

Deus disse: "Eu preciso de alguém forte o suficiente para cortar árvores e abrir caminhos, mas suave o suficiente para cuidar de cordeiros, desmamar porcos e cuidar dos pintinho, e que pare seu trabalho por uma hora para cuidar da perna quebrada de um passarinho. Tinha que ser alguém que iria arar profundamente e reto, sem moleza. Alguém para semear, capinar, alimentar, criar animais, revolver a terra, e arar, e plantar, e tosquiar, e coar o leite, e reabastecer a cocheira, e terminar a dura semana de trabalho com uma viagem de cinco milhas à igreja.

"Alguém que mantenha unida a família com laços fortes de partilha. Alguém que sorria e, em seguida, suspire, e depois agradeça, com um sorriso nos olhos, quando seu filho diga que quer passar o resto da vida "fazendo o que o seu pai faz." Então Deus fez o Agricultor.

"Ao Agricultor que há em cada um de nós"

Paul Harvey

AGRADECIMENTOS

À Deus por sempre ter mostrado o melhor caminho a percorrer e ter me dado forças e a vida.

Aos meus pais que sempre me apoiaram, incentivaram e fizeram além do impossível para que eu pudesse realizar meus sonhos.

À Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Unesp, Câmpus de Jaboticabal, por possibilitar a realização do curso de Mestrado através do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Produção Vegetal.

Ao Prof. Dr. Antonio Baldo Geraldo Martins, pela oportunidade, orientação, conhecimentos e amizade durante este período.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de estudos.

Ao Prof. Dr. Paulo Sérgio de Souza, pela amizade e orientação durante a graduação, me proporcionando os primeiros contatos e o interesse pela pesquisa.

À todos os professores que tive oportunidade de ser aluno, agradeço por ter contribuído com a minha formação profissional e, sobretudo do meu caráter.

Aos amigos de graduação que me incentivaram e vibraram comigo quando soubemos da notícia da aprovação no mestrado.

À Amanda Kelly Dias Bezerra, minha companheira, pelo incentivo, ajuda, paciência e dedicação que teve comigo durante esta fase.

Ao meu amigo Carlos Henrique Barbosa Santos que sempre me ajudou e aconselhou nas dificuldades.

Aos pós-graduandos que compartilharam deste momento comigo, pelas rizadas, desabafos, estudos, dicas e amizades construídas.

Ao “Bedin” que sempre foi prestativo e bem humorado, ajudando sempre e as suas boas rizadas.

Aos amigos Richard Celso Amato Moreira, Rodrigo Volpe, Priscila Carmozini, Kássio César Andrade e Rita de Cássia Ferreira e Silva que muito me ajudaram em tudo durante a graduação.

Enfim, a todos que de alguma forma contribuíram para eu chegasse até aqui, sou eternamente grato.

SUMÁRIO

RESUMO	viii
ABSTRACT	viii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 NÊSPERA (<i>Eriobotrya japonica</i> Lindl.)	3
2.1.1 Origem e Características Gerais	3
2.1.2 Importância e Comercialização	4
2.1.3 Cultivares	4
2.1.4 Produção de Mudas	4
2.2 FATORES QUE AFETAM O ENRAIZAMENTO	5
2.2.1 Genótipo	5
2.2.2 Idade da Planta-Matriz	6
2.2.3 Hormônios	6
2.2.4 Estação do Ano de Coleta das Estacas	7
2.2.5 Luminosidade	7
2.2.6 Água	8
2.2.7 Temperatura	8
2.2.8 Substrato	8
2.2.9 Nutrição	9
3. MATERIAL E MÉTODOS	12
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	14
5. CONCLUSÕES	23
6. REFERÊNCIAS	24

DOSES E MODOS DE APLICAÇÃO DE BORO NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE NESPEREIRA

RESUMO – O cultivo de nêspersas vem aumentando no Brasil e no mundo, sendo uma importante fonte de renda para pequenas propriedades, no entanto, a produção de mudas pode ser um gargalo de sua expansão. Dessa forma o objetivo do presente trabalho foi avaliar o reflexo do boro na qualidade das mudas de nespereira, bem como o local de seu fornecimento às plantas-mães determinando-se o modo de aplicação mais eficiente neste processo. Foram utilizadas quatro doses de boro (0; 2,5; 5,0 e 7,5 mg dm⁻³) e dois locais de aplicação (no solo e foliar). A utilização de boro nas plantas-matrizes melhora o sistema radicular das mudas obtidas por estaquia, sendo a aplicação foliar mais eficiente do que via solo. A aplicação deste micronutriente promove o equilíbrio entre raiz/parte aérea, garantindo a formação de uma muda equilibrada, haja vista que o fornecimento foliar aumenta o volume de raízes da estaca. Portanto o fornecimento de boro às matrizes torna o processo eficaz, reduzindo custo, otimizando tempo e garantindo a qualidade das mudas frutíferas.

Palavras-chave: *Eriobotrya japonica* Lindl, estaquia, micronutriente, propagação vegetativa

DOSAGES AND MODES OF APPLICATION OF BORON IN THE PRODUCTION OF SEEDLINGS LOQUAT TREE

ABSTRACT - The loquat cultivation is increasing in Brazil and in the world and is an important source of income for small farms, however, the production of seedlings can be an obstacle to its expansion. Thus the aim of this study was to evaluate Boron reflection on the quality of loquat seedlings, and the place of supply to plants parent by determining the most effective application method in this process. There were four boron doses (0, 2.5, 5.0 and 7.5 mg dm⁻³) and two application sites (soil and leaf). The use of boron in-stock plants improves the root system of plants from cuttings, the most efficient foliar application than the soil. The application of this micronutrient promotes balance between root / shoot, ensuring the formation of a balanced changes, given that the leaf supply increases the volume of the stake roots. Therefore the supply of boron to headquarters makes the process effectively, reducing cost, optimizing time and assuring the quality of fruit seedlings.

Keywords: *Eriobotrya japonica* Lindl., cutting, micronutrient, vegetative propagation

1. INTRODUÇÃO

A produção de mudas de frutíferas, em geral, é um dos gargalos de sua expansão. A sua propagação por sementes além de poder ocorrer desuniformidade na germinação, pode ocasionar grande variabilidade genética, o que é indesejável em pomares pela falta de padrão das plantas e dos frutos. A propagação vegetativa proporciona além do padrão genético, a redução da juvenilidade da planta que pode ocorrer via sementes.

O cultivo de nêspersas (*Eriobotrya japonica* Lindl, família Rosaceae) vem aumentando no mundo, com destaque para os países europeus localizados na região do mediterrâneo e no Brasil, pelo excelente paladar de seus frutos, pela pouca necessidade de aplicações periódicas de defensivos agrícolas, uma vez que há poucos problemas fitossanitários, e pela excelente fonte de renda, em razão do crescente consumo nos últimos anos (PIO, 2008). O estado de São Paulo concentra a maior parte da produção, sendo a região do Alto Tietê responsável por 85% da produção do estado, englobando as cidades Mogi das Cruzes, Guararema, Biritiba-Mirim, Salesópolis e Santa Isabel (PEROSA et al., 2006).

A produção de mudas a partir da estaquia em nespereira é um método viável de propagação (SCALOPPI JÚNIOR et al., 2004), no entanto, assim como nas demais culturas é necessário manter a nutrição adequada das estacas a fim de melhorar os índices de enraizamento adventício e garantir um bom desenvolvimento do sistema radicular (SMART et al., 2003). Em várias pesquisas foram utilizadas soluções contendo macro ou micronutrientes no tratamento das estacas tentando explorar o papel fisiológico dos nutrientes de desencadear uma resposta ao enraizamento (ONO et al., 1992; NICOLOSO et al., 1999; JOSTEN e KUTSCHERA, 1999). Contudo, são raros os trabalhos que mencionam o fornecimento de nutrientes à planta-matriz com o intuito de melhorar o enraizamento. A mobilização de nutrientes minerais durante a rizogênese é diferente da que ocorre durante o crescimento e desenvolvimento da raiz, sendo que ela ocorre em maior intensidade na última fase. Portanto, a

influência da nutrição mineral na iniciação radicular é altamente dependente das concentrações iniciais na região da estaca onde as raízes serão formadas (CUNHA et al., 2009a).

Um dos principais nutrientes que atua, efetivamente, no processo de enraizamento é o boro, uma vez que participa do alongamento celular e do crescimento das raízes (JOSTEN e KUTSCHERA, 1999). Outro fator de impacto do boro para o enraizamento de estacas é o seu envolvimento no controle de enzimas ligadas ao metabolismo de carboidratos, fenóis, lignina, auxinas e ácidos nucleicos (LEWIS, 1980). Desse modo a sua ação é direta sobre o enraizamento, já que há intensa formação de novos tecidos aumentando a atividade hormonal e gasto de energia (carboidratos) para o crescimento e divisão celular.

Dentro desse contexto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o reflexo do boro na qualidade das mudas de nespereira, bem como o local de seu fornecimento às plantas-mães determinando-se o modo de aplicação mais eficiente nesse processo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 NÊSPERA (*Eriobotrya japonica* Lindl.)

2.1.1 Origem e Características Gerais

A nespereira (*Eriobotrya japonica* Lindl.) é uma fruta de clima subtropical, originária da Ásia (Japão, China e Índia). Adapta-se bem em regiões de clima temperado, subtropical e tropical apesar de ser uma frutífera tipicamente subtropical (LIN; SHARPE; JANICK, 1999), dessa forma o Brasil destaca-se como maior produtor dessa fruta no continente americano, já que os países orientais se sobressaem como maiores regiões produtoras mundiais da nêspereira (PIO et al., 2007).

Em temperaturas médias anuais acima de 15 °C, a espécie se desenvolve bem, no entanto abaixo de 3 °C, acarreta na queda de frutos novos e para suprir a necessidade hídrica da nespereira, precipitação anual em torno de 1200 mm bem distribuídos durante o ano é o ideal para a planta. Não são muito exigentes quanto ao solo, mas aqueles excessivamente arenosos ou muito argilosos e pouco profundos devem ser evitados, devido ao encharcamento nas épocas de chuva e tornarem-se compactos na seca (PIO, 2008).

No Brasil, essa frutífera pode ser encontrada em 27 municípios do estado de São Paulo, onde a exploração comercial dessa fruta teve início a partir da década de 1940 e com o interesse dos fruticultores paulistas, alguns anos mais tarde a cultura alcançou 381 ha de plantas cultivadas, destacando-se o município de Mogi das Cruzes, responsável por 70% da produção, tornando-se o principal pólo de cultivo da nespereira (BARBOSA et al., 2003; PIO et al., 2007).

2.1.2 Importância e Comercialização

Os frutos da nespereira são o principal produto utilizado na comercialização econômica, e o seu consumo está relacionado principalmente ao sabor peculiar com uma polpa suculenta e aroma suave e agradável (PIO, 2008) e devido a elevada concentração de pectina, favorece o processamento industrial na fabricação de doces e geleias (HASEGAWA et al., 2010), e também o fabrico do licor. No entanto, as folhas também podem ser utilizadas na fabricação de medicamentos (ITO et al., 2000).

As nêspersas são ricas em ácido galacturônico, málico e fumárico, flavonoides, carotenoides e compostos antioxidantes, localizados na casca e na polpa dos frutos (KOBAYASHI et al., 2007; FARIA et al., 2009; FERRERES et al., 2009).

Assim, a exploração comercial da nêspersa é interessante, pois pode se tornar uma alternativa nas propriedades frutícolas, uma vez que a época de safra ocorre quando há escassez de outras frutas estacionais no mercado e ainda a sua colheita ocorre em período de entressafra, permitindo ao fruticultor uma continuidade da fonte de renda durante todo o ano (PIO, 2008).

2.1.3 Cultivares

As cultivares da nêspersa foram desenvolvidas levando em consideração o potencial produtivo, resistência a doenças, a menor susceptibilidade a injúrias mecânicas e a injúrias fisiológicas (HASEGAWA, 2008). Comercialmente, as cultivares da nêspersa são divididas em dois grupos, as de polpa branca e as de polpa laranja. No Brasil, as cultivares mais utilizadas comercialmente são Mizuho, Precoces de Itaquera e Precoces de Campinas IAC 165-31, Parmogi IAC 266-17, Néctar de Cristal IAC 866-7, Centenária IAC 1567-420, Mizumo IAC 1567-411 e Mizauto IAC 167-4 (BARBOSA et al., 2003).

2.1.4 Produção de Mudanças

As mudas são o principal alicerce no sucesso do pomar, sendo responsável pelo vigor da planta e produção, assim mudas de qualidade dão origem a pomares mais vigorosos e rentáveis (CHALFUN; PIO, 2002).

Em razão da falta de um porta-enxerto específico, a produção de mudas na nespereira é realizada com a utilização de enxertos da própria planta sendo que os porta-enxertos são produzidos via semente, uma vez que a nespereira possui baixa capacidade de enraizamento e apresentam valores não superiores a 15%, quando utilizados estacas herbáceas de plantas adultas (SCALOPPI JÚNIOR; JESUS; MARTINS, 2004, SILVA; PEREIRA, 2004). Deste modo a utilização de porta-enxertos obtidos por estaquia garante que não haja variabilidade, proporcionando ao produtor um pomar com padrão de vigor e qualidade de frutos em comparação aos pomares obtidos com porta-enxertos de semente.

A propagação vegetativa por estaquia proporciona plantas mais uniformes, além da redução do tempo de formação da muda (HARTMANN et al., 1997). No entanto, ainda há poucos estudos com relação à propagação da nespereira por esse método, contudo, essa prática tem sido aplicada na fruticultura, devido a sua eficiência, facilidade e rapidez na produção das mudas (PEREIRA; ZANIN; BARBOSA, 1997). A formação da muda por estaquia pode ser influenciada por diversos fatores, entretanto, a utilização de câmara de nebulização e a presença de folhas na estaca são alguns fatores que podem contribuir para a melhoria do sucesso do enraizamento (SCALOPPI JUNIOR; JESUS; MARTINS, 2004).

2.2 FATORES QUE AFETAM O ENRAIZAMENTO

A formação de raízes adventícias pode ser influenciada por diversos fatores, como por exemplo, genótipo, idade da planta matriz, hormônios, estações do ano de coleta das estacas e a manipulação das condições ambientais como a luminosidade, temperatura, umidade e substrato (HARTMANN et al., 2002).

2.2.1 Genótipo

Scaloppi Júnior, Jesus e Martins (2004) encontraram diferentes respostas de enraizamento em cinco variedades de nespereira, sendo elas Champagne, Mizuho, Precoce de Itaquera, Mogui e Tanaka. O mesmo ocorre em outras espécies como *Genipa americana* L., conhecido como jenipapo, (ROCHA et al.,

2008), *Camellia sinensis* L. (LIMA et al., 2011), *Spondias mombim* L., conhecida popularmente como cajazeira (OLIVEIRA et al., (2002), dentre muitas outras espécies que também possuem diferentes respostas de enraizamento em função do genótipo.

2.2.2 Idade da Planta-Matriz

Muitas vezes torna-se difícil o enraizamento de partes de uma planta já adulta ou em fase de produção, uma vez que a habilidade de enraizamento, em estacas de espécies lenhosas, declina com a maturidade e isso ocorre porque há significativas alterações na capacidade morfogênética dos tecidos quando as espécies lenhosas passam do estado juvenil para o estado adulto (PEÑA; ZANETTE; BIASI, 2012). Esses mesmos autores mostraram que em pitangueira (*Eugenia uniflora* L.) não houve enraizamento de estacas apicais e de planta adulta e somente houve sucesso no enraizamento quando foram utilizadas estacas provenientes de porções apicais de brotações de cepas.

O mesmo foi percebido no trabalho de Silva e Pereira (2004) que utilizaram estacas tenras de plantas adultas de nespereira da cultivar Mizuho na tentativa de enraizá-las, porém, mesmo variando o número de folhas e presença ou ausência de meristema não obtiveram enraizamento superior a 16% com estacas coletadas no início do verão. Utilizando a mesma cultivar, porém, com a planta submetida à poda de renovação e coleta no início do outono, Scallopí Júnior, Jesus e Martins (2004) obtiveram 43,1% de enraizamento sem a utilização de hormônio, chegando a quase 85% quando utilizado 7.000 mg dm^{-3} de AIB, evidenciando que o rejuvenescimento da planta influi diretamente no seu potencial rizogênico.

2.2.3 Hormônios

O uso dos hormônios com fim de auxiliar no enraizamento faz-se necessário quando não há quantidades suficientes na estaca que permita iniciar o processo de formação de raízes. Hartmann et al. (2002), salientam que o material que não apresenta enraizamento com a aplicação do hormônio é classificado como difícil de enraizar, pois o fator limitante à formação de raízes não é ausência de um hormônio, mas pode ser a presença de um inibidor de

enraizamento ou deficiência de algum composto ou nutriente necessário ao processo. Todavia, sabe-se que a nespereira apresenta dificuldades de enraizamento somente com retirada de propágulos de plantas adultas, sendo que o enraizamento é facilitado com utilização de materiais rejuvenescidos ou até mesmo juvenis (SCALLOPI JÚNIOR; JESUS; MARTINS, 2004; SILVA; PEREIRA, 2004).

2.2.4 Estação do Ano de Coleta das Estacas

O efeito da época do ano para coleta de material para realizar a estaquia, está diretamente relacionado com a condição fisiológica da planta-matriz e a lignificação dos ramos no momento de sua coleta (HARTMANN et al., 2002). Assim, muitos são os trabalhos que mostram o efeito sazonal na coleta das estacas, havendo respostas diferentes em função da espécie, como sendo recomendado a primavera para *Vitis rotundifolia* Michx (DENECA et al., 2007), para porta-enxertos de videira "Riparia do Traviú" a melhor época de coleta seria no inverno, ambas utilizadas estacas lenhosas (LEONEL e RODRIGUES, 1993) e no mês de setembro para *Ficus carica* L. com utilização de estacas herbáceas (RAMOS; LEONEL; DAMATTO JÚNIOR, 2008).

2.2.5 Luminosidade

Altas intensidades de radiação podem degradar as moléculas de auxinas via ação enzimática, através de peroxidases como a AIA-oxidase ou por fotoxidação, promovida pelo pigmento riboflavina (TAIZ; ZEIGER, 2009). Em *Vaccinium* sp., os compostos fenólicos estão presentes em altas concentrações, estes são precursores da síntese de lignina e estão diretamente envolvidos na cicatrização de ferimentos. Quando estes compostos são oxidados, produzem novas substâncias que, por inibirem a ação das auxinas, reduzem as possibilidades de enraizamento das estacas (CAMPOS et al., 2005). Desse modo, justifica-se a utilização de sombrites com pouca permeabilidade de luz nas casas de vegetação destinadas à propagação de mudas.

2.2.6 Água

A manutenção de uma película de água sobre as folhas das estacas garante que não haja desidratação do material durante o processo de enraizamento. Assim durante o processo de enraizamento, é possível que apresente um saldo positivo de hidratos de carbono produzidos pela fotossíntese e utilizados para o enraizamento (HARTMANN et al., 2002).

Portanto, a desidratação ou mesmo um pequeno estresse hídrico tanto da planta matriz, quanto das estacas pode comprometer o sucesso do enraizamento.

2.2.7 Temperatura

A temperatura pode exercer influência direta sobre o enraizamento, atuando, sobretudo na absorção de nutrientes e no metabolismo. Segundo Hartmann et al. (2002), o processo de divisão celular é favorecido com o aumento da temperatura e, conseqüentemente, auxilia a formação de raízes e a produção de brotos. Porém, temperaturas excessivamente altas durante o processo de formação de raízes devem ser evitadas por estimularem o desenvolvimento de gemas laterais antes do aparecimento de raízes. Outro agravante é o aumento da transpiração e perda de água pelas folhas, provocando a necrose dos tecidos. Já temperaturas baixas diminuem o metabolismo das estacas, levando à menor produção de brotações e ao maior tempo para o enraizamento ou, até mesmo, não proporcionam condições adequadas para que ocorram indução, desenvolvimento e crescimento radicular (XAVIER, 2002).

2.2.8 Substrato

O substrato possui elevada importância no processo de formação de mudas, sobretudo no enraizamento e na qualidade das raízes formadas, o que influi diretamente na sobrevivência da muda (HOFFMANN et al., 2001). Segundo Hartmann et al. (2002), o substrato deve possuir boa capacidade de retenção de água, porosidade suficiente para fornecer oxigênio necessária à respiração das raízes, além de apresentar fácil disponibilidade de aquisição e

transporte, não possuir patógenos, garantir uma boa nutrição da muda, possuir textura e estrutura adequada (SILVA; PEIXOTO; JUNQUEIRA, 2001).

Assim, percebe-se que a escolha do substrato é de fundamental importância, pois é onde o sistema radicular irá desenvolver, determinando o crescimento da parte aérea da muda (JABUR; MARTINS, 2002), bem como a formação do seu sistema radicular. Desse modo, a escolha do substrato merece atenção especial, pois esse pode conferir vantagens e desvantagens, em função da espécie frutífera em que se está trabalhando (FACHINELLO et al. 1995).

Os viveiristas têm a sua disposição substratos comerciais, de fácil aquisição, no entanto, não devem lançar mão de substratos convencionais como terra de barranco, areia e esterco curtido. A adição de uma fonte de matéria orgânica ao substrato de semeadura, como por exemplo, esterco bovino curtido, é extremamente viável na produção de mudas de nêspera (PIO et al., 2004). Esses mesmos autores mostraram que as misturas esterco:terra na proporção 1:1 e terra:areia:esterco na proporção 1:1:1 e 2:1:1 promovem melhores resultados para a porcentagem de germinação, comprimento da parte aérea e massa fresca das raízes de nespereira.

No entanto, para a estaquia há outros substratos que devem ser utilizados por serem mais porosos, sendo uma excelente alternativa o uso de areia ou vermiculita (OLIVEIRA, 2000). Estudo realizado com o enraizamento de estacas da espécie *Prunus cerasifera* Ehrh (ameixeira cv 'Mirabolano') mostra que a utilização de vermiculita proporciona maior enraizamento e raízes maiores (RAMOS et al., 2003). Segundo Hartmann et al. (2002), dentre vários substratos disponíveis, a vermiculita destaca-se no enraizamento de estacas devido a sua porosidade e retenção de água.

2.2.9 Nutrição

São raros os trabalhos da literatura que mencionam a importância da nutrição da planta-matriz para a retirada de estacas, menor ainda é a quantidade de trabalhos que mencionam a aplicação de nutrientes nas matrizes para explorar o efeito fisiológico desses no processo de enraizamento. Contudo, trabalhos que utilizam nutrientes em associação com auxinas na tentativa de enraizar estacas são mais comuns.

Malavasi (1994) ressalta que há uma relação significativa entre a nutrição mineral e o enraizamento. De modo geral, qualquer nutriente que esteja envolvido nos processos metabólicos, associados à diferenciação e formação de sistema radicular, é considerado essencial para a iniciação das raízes. Dessa forma, o fator nutricional influencia diretamente na formação de raízes das estacas, sendo que os nutrientes estão envolvidos nos processos bioquímicos e fisiológicos da planta (PAULA et al., 2000).

Os nutrientes podem desempenhar papéis fisiológicos durante a rizogênese como constituintes da estrutura orgânica, ativadores de reações enzimáticas, carreadores de cargas e osmorreguladores (MARSCHNER, 1995). Dessa forma, a nutrição mineral é considerada um fator relevante que pode afetar a predisposição ao enraizamento adventício, em função de seu envolvimento na determinação de respostas morfogenéticas das plantas, como a formação de raízes secundárias e a modulação do comprimento e densidade dessas raízes (ASSIS et al., 2004).

Cunha et al. (2009b) salientam a importância na fase de iniciação radicular dos nutrientes nitrogênio, fósforo, potássio, magnésio, enxofre, boro, zinco e molibdênio, tendo em vista o papel destes nutrientes na síntese de proteínas e ácidos nucleicos. Na fase de indução da formação de raízes os elementos cálcio, ferro, cobre e manganês são os mais importantes. Todavia, na fase de formação, cálcio, ferro, cobre, boro, manganês e zinco são os nutrientes que apresentam papel de extrema relevância, em função de sua participação da formação de parede celular, lignificação e alongamento celular, processos indispensáveis para que ocorra o crescimento e desenvolvimento do sistema radicular.

Dentre os nutrientes envolvidos na formação de raízes, o micronutriente boro é de extrema importância, pois desempenha funções de alongamento celular (TAIZ; ZEIGER, 2009), além de ser necessário no desenvolvimento dos primórdios radiculares e o seu posterior crescimento das raízes (MIDDLETON; JARVIS; BOOTH, 1978).

O boro é considerado cofator do enraizamento, devido a sua ação conjunta com a auxina no processo rizogênico, facilitando o transporte através das membranas e sua manutenção da integridade (HIRSCH; TORREY;

ORREY, 1982, ROTH-BEJERANO; ITAI, 1981) e no controle das enzimas envolvidas no metabolismo de carboidratos, polifenóis, lignina, auxinas e dos ácidos nucleicos (ONO; RODRIGUES, 1996). Outro papel que desempenha com a auxina, atua na diferenciação do xilema e no desenvolvimento das raízes adventícias (LEWIS, 1980). Em raízes de dicotiledôneas, o boro pode reverter o efeito fitotóxico do alumínio (LENOBLE et al., 1996), em estacas de *Phaseolus aureus* Roxb., Jarvis, Ali e Shaheed (1983) observaram que o boro aumentou direta ou indiretamente a oxidação do AIA (ácido indolacético) endógeno, reduzindo os níveis de auxinas até concentrações ideais para o crescimento das raízes.

Infelizmente, pouca atenção é dada à manutenção dos nutrientes das plantas-matrizes dos viveiros comerciais, os viveiristas muitas vezes utilizam de altas doses de adubação nitrogenada com o intuito de promover uma intensa brotação para retirada de material vegetativo. No entanto, o desbalanço entre nutrientes pode vir a atrapalhar a resposta rizogênica, salientando a importância de um acompanhamento da concentração dos nutrientes nas matrizes. Uma estratégia que pode se tornar importante a fim de melhorar os índices de pegamento das estacas nos viveiros e reduzir o custo de produção e assim o valor da muda, é a exploração do papel fisiológico de alguns nutrientes através de aplicação seja ela via solo ou via folha, como por exemplo, o boro dias antes da coleta das estacas. No entanto, torna-se necessário a evolução da pesquisa, sendo importante experimentação por espécie e assim dando subsídio à tomada de decisão dos viveiristas e/ou produtores. Nesse sentido, esse trabalho tem o intuito de salientar a importância desse tipo de estudo, abrindo portas para a pesquisa com outras culturas.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no dia 26 de setembro de 2014. Foram utilizadas quatro doses de boro (0; 2,5; 5,0 e 7,5 mg dm⁻³) tendo como fonte ácido bórico (17% B) e dois locais de aplicação (no solo e foliar), sendo as doses baseadas em trabalhos de Pavinato et al. (2009) e Brondani et al. (2014). As plantas-mães de nespereira (*Eriobotrya japonica* Lindl) utilizadas, foram produzidas por sementes de uma única planta-matriz, estavam com dois anos de idade e conduzidas em sacos de polietileno de 1,3 L em substrato composto por terra : esterco bovino (3:1). A aplicação foliar foi realizada com pulverização, das respectivas doses diluídas em água, até ponto de escorrimento; já no solo a aplicação foi feita com o elemento seco, seguido de irrigação.

Após 30 dias da aplicação dos tratamentos foi realizada a retirada de folhas para análise foliar do teor de boro e duas estacas herbáceas por matriz, com aproximadamente 15 cm, duas folhas, corte reto no ápice e em bisel na base, para aumentar a área de resposta. As estacas foram acondicionadas em caixas plásticas (42 x 28 x 10 cm) contendo vermiculita textura média, sendo que cada caixa possuía 20 estacas.

O experimento foi conduzido sob condições de ripado com 50% de luminosidade, onde as estacas foram mantidas em câmara de nebulização intermitente, acionada por “timer”, e programada para manter uma película d’água na superfície das folhas. As estacas foram avaliadas aos 67 dias quanto à retenção foliar; a porcentagem de: sobrevivência, enraizamento, estacas que brotaram e enraizaram, apenas brotaram e estacas com calo; número de brotos e de raízes das estacas enraizadas; comprimento médio e total, que é a composição do número de raízes e o seu comprimento, massa fresca e seca, volume, área superficial e diâmetro médio das raízes.

Das estacas que enraizaram foram retiradas as raízes para análise de volume, área superficial, diâmetro médio, matéria fresca e seca. Para a análise de volume, área superficial e diâmetro médio das raízes, foi realizado foto-

interpretação com o Software Safira, de acordo com metodologia proposta por Jorge e Rodrigues (2008), onde as raízes foram fotografadas junto com uma referência de comprimento e as imagens submetidas a análise no software. Em seguida as raízes foram pesadas e posteriormente colocadas em estufa com circulação forçada de ar por 48 horas a 65°C.

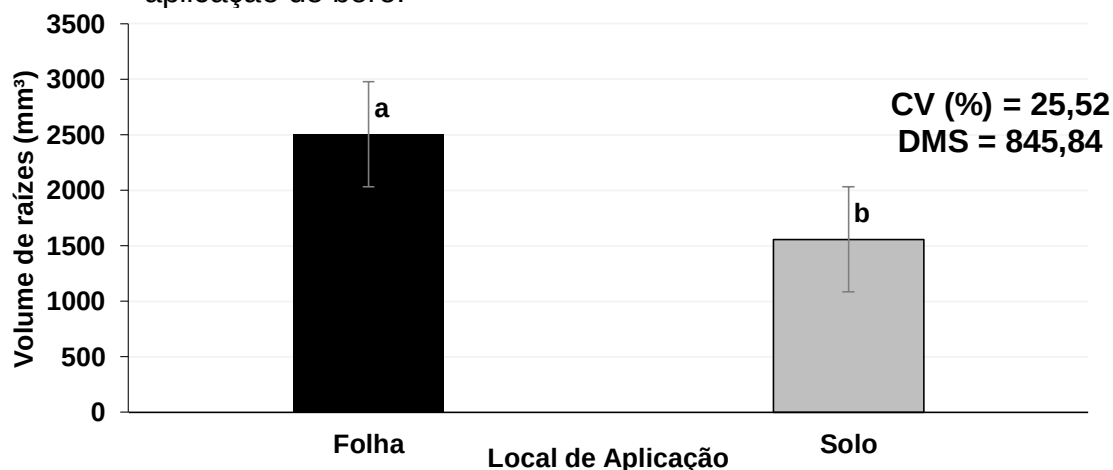
Foi utilizado delineamento inteiramente casualizado em fatorial 4x2 com parcelas subdivididas, utilizando doses de boro na parcela com 10 matrizes e local de aplicação na subparcela com 5 matrizes, tendo quatro repetições. As estacas foram organizadas no mesmo delineamento, no entanto com 20 estacas por parcela e 10 estacas por subparcela (doses de boro e local de aplicação respectivamente).

Para fins de análise estatística, a variável porcentagem de calo foi transformada por $y = \arcsen (x / 100)^{1/2}$ e massa fresca, massa seca, volume e área superficial das raízes transformadas por $y = \sqrt{x}$. Foi realizada análise de regressão para doses de boro, teste F para local de aplicação e a interação desses tratamentos, que quando significativo foram submetidos ao teste de Tukey a 5% e correlação simples entre as variáveis.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve diferença para local de aplicação do boro em relação a volume de raízes (Gráfico 1) e teor de boro foliar (Gráfico 2). A aplicação do boro via foliar aumentou o volume das raízes em 37,8%. A aplicação foliar garante que o nutriente esteja no local onde será metabolizado, isto pode lhe conferir maior agilidade na sua assimilação, uma vez que quando aplicado no solo o nutriente tem que ser solubilizado, absorvido e transportado até os locais de assimilação (BOARETTO et al., 2004).

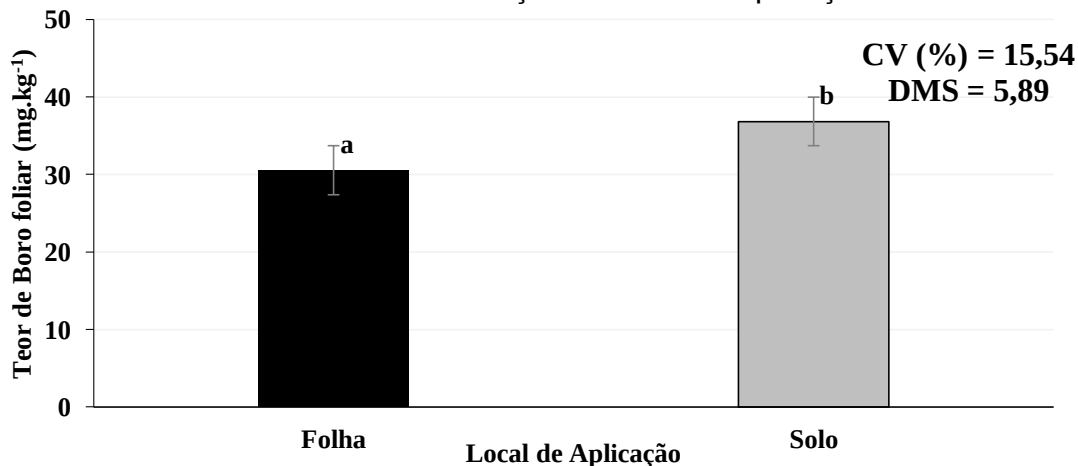
Gráfico 1. Volume de raízes de estacas de nespereira em função do local de aplicação de boro.



Significativo pelo teste de Tukey a 5%.

A absorção de boro via solo foi mais efetiva em promover o aumento do teor foliar do que via folha pelo menos em 17% (Gráfico 2).

Gráfico 2. Teor de Boro Foliar das matrizes de nespereira no momento da retirada das estacas em função do local de aplicação de boro.



Significativo pelo teste de Tukey a 5%.

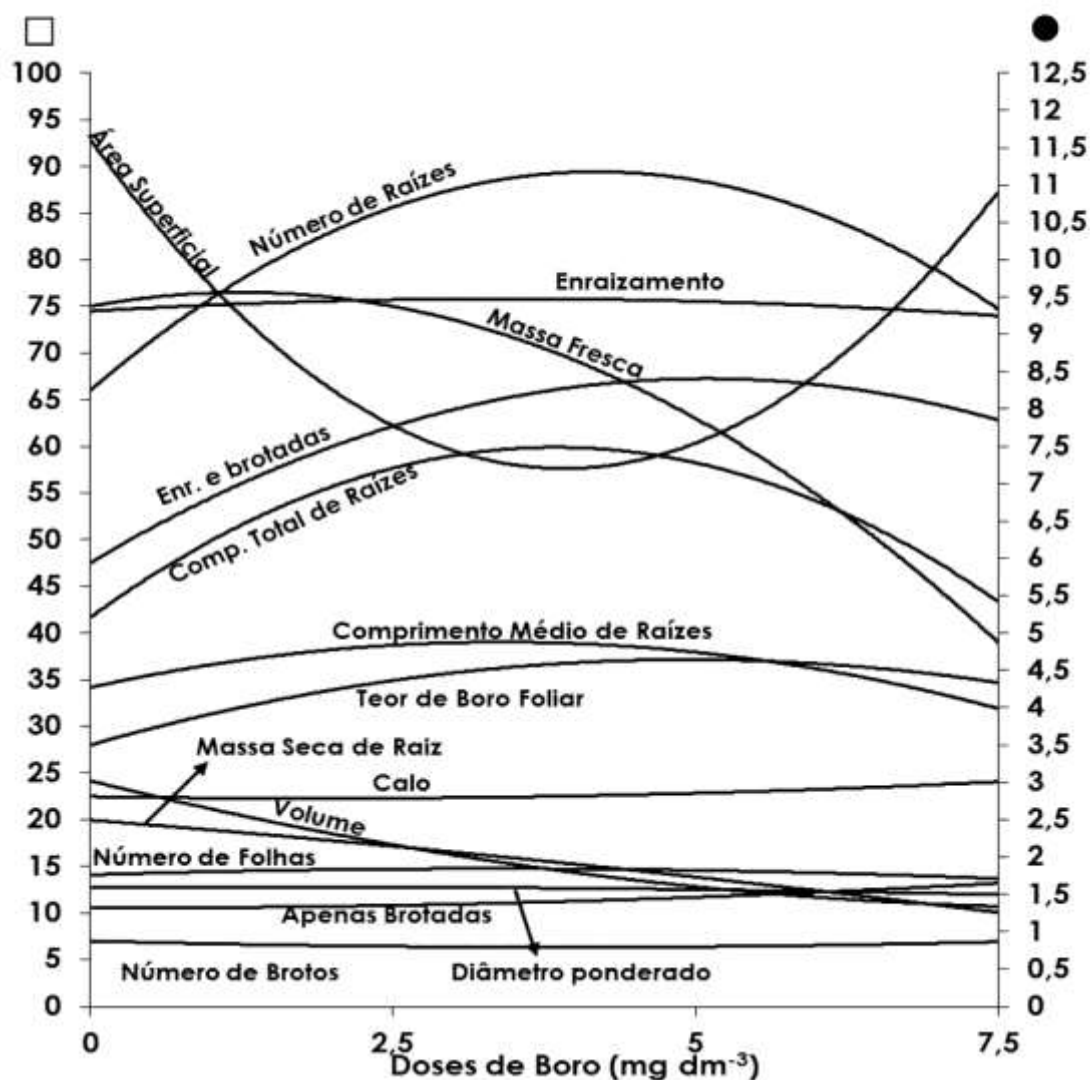
Para as doses de boro não houve efeito para enraizamento, retenção foliar, diâmetro ponderado das raízes, calo e estacas que apenas brotaram. No entanto, a porcentagem de estacas que enraizaram e brotaram, a massa seca e fresca de raiz, a área superficial, o teor de boro, o volume das raízes, número, comprimento médio e total de raízes foram influenciados pelas doses de boro (Gráfico 3).

As estacas de nespereira utilizadas, nesse trabalho, possuíam quantidades suficientes de auxina para enraizarem, assim como de boro, já que na ausência de ambos não há formação de raízes (JOSTEN e KUTSCHERA, 1999). Tal fato também foi observado na propagação de *Ginkgo biloba* L., onde não houve resposta quanto à utilização de boro em associação ao AIB, havendo enraizamento mesmo na ausência de hormônios e de boro (VALMORBIDA e LESSA, 2008). Cunha et al., (2009b) observaram correlação positiva do teor foliar de boro com o enraizamento de estacas de matrizes do gênero *Eucalyptus* e ressaltaram que há faixas adequadas do nutriente para cada genótipo trabalhado.

A quantidade de estacas enraizadas e brotadas aumentou até a dose 5 mg dm⁻³ de boro (Gráfico 3). Há correlação positiva entre as estacas enraizadas e brotadas com a sobrevivência, quanto maior for a quantidade de estacas que enraízam e brotam, maior será a sobrevivência dessas (Tabela 1). O boro é capaz de formar um complexo borato-açúcar ionizável que passa com maior rapidez do que o açúcar não ionizado pelas membranas celulares, chegando rapidamente às células de crescimento (GAUCH e DAUGGE JUNIOR, 1953), garantindo o desenvolvimento tanto das raízes quanto das brotações.

Houve redução da matéria seca, fresca e volume de raízes com o incremento das doses de boro (Gráfico 3), assim como encontrado por Corrêa et al. (2006) e Pavinato et al. (2009) em sistema radicular de arroz. A área superficial das raízes teve comportamento quadrático positivo, atingindo o ponto mínimo em 3,92 mg dm⁻³ de boro, contrariando o que dizem esses autores que a área superficial da raiz é dependente tanto do comprimento quanto do diâmetro, sendo que nesse trabalho foi encontrado incremento tanto

Gráfico 3. Resposta de cada variável sob aplicação de boro em plantas-mães de nespereira.



□ Enraizamento (%)	$y = -0,1112x^2 + 0,7676x + 74,484$	$R^2 = 0,0448$
□ Enraizadas e Brotadas (%)	$y = -0,7616x^2 + 7,7496x + 47,544$	$R^2 = 0,9992$
□ Apenas Brotadas (%)	$y = 0,05x^2 - 0,025x + 10,563$	$R^2 = 0,0400$
□ Calo (%)	$y = 0,056x^2 - 0,2088x + 22,473$	$R^2 = 0,0958$
□ Comp. Total de Raízes (cm)	$y = -1,2356x^2 + 9,4922x + 41,671$	$R^2 = 0,8387$
● Comp. Médio de Raízes (cm)	$y = -0,0528x^2 + 0,3584x + 4,271$	$R^2 = 0,7518$
□ Massa Fresca de Raiz (cg)	$y = -0,96x^2 + 2,4x + 75$	$R^2 = 0,5455$
□ Massa Seca de Raiz (cg)	$y = -0,04x^2 - 1,02 + 19,95$	$R^2 = 0,7127$
□ Área Superficial (cm²)	$y = 2,3041x^2 - 18,027x + 92,893$	$R^2 = 0,8446$
● Número de Raízes	$y = -0,1672x^2 + 1,3988x + 8,252$	$R^2 = 0,8880$
● Número de Brotos	$y = 0,0056x^2 - 0,0436x + 0,876$	$R^2 = 0,4931$
● Número de Folhas	$y = -0,0076x^2 + 0,052x + 1,7605$	$R^2 = 0,9995$
● Volume de Raízes (cm³)	$y = 0,0238x^2 - 0,4027x + 3,0215$	$R^2 = 0,4649$
● Diâmetro Médio Ponderado (mm)	$y = -0,0028x^2 + 0,0078x + 1,5945$	$R^2 = 0,2093$
□ Teor de Boro Foliar (mg.kg⁻¹)	$y = -0,3743x^2 + 3,6969x + 28,013$	$R^2 = 0,9655$

Nota: (□) Corresponde ao eixo primário e (●) corresponde ao eixo secundário.

do número de raízes quanto comprimento médio e total do sistema radicular para essa mesma faixa de boro.

Houve incremento do número de raízes até atingir $4,00 \text{ mg dm}^{-3}$ de boro decrescendo após esse valor (Gráfico 3). Em estacas de camélia (*Camellia japonica* L.) tratadas com auxinas e boro, foi observado maior número de raízes nos tratamentos com auxina e boro do que somente na presença de boro (ONO; RODRIGUES; RODRIGUES, 1992). Estacas de *Platanus acerifolia* Ait., tratadas com ácido bórico por 24 horas, aumentaram linearmente o número de raízes até a maior concentração testada (250 mg dm^{-3} de ácido bórico) equivalente a $42,5 \text{ mg}$ do elemento (NICOLOSO; LAZZARI; FORTUNATO, 1999). Isto ocorre devido ao boro possuir função de alongação e divisão celular, garantindo que as células iniciadas na diferenciação celular, provocada no câmbio vascular pela auxina, se desenvolvam e deem origem aos primórdios radiculares, que posteriormente rompem o córtex e a epiderme e se exponham no substrato (JOSTEN e KUTSCHERA, 1999).

Os comprimentos médio e total atingiram o ponto de máximo em $3,39$ e $3,84 \text{ mg dm}^{-3}$ de boro respectivamente, decrescendo após estes valores (Gráfico 3). O aparecimento das raízes adventícias é iniciado pela ação das auxinas presentes na estaca, o boro nada contribui no início da formação das raízes somente no seu posterior crescimento (JOSTEN e KUTSCHERA, 1999). O comprimento total teve correlação com número de raízes e o seu comprimento (Tabela 1), quanto maior forem, maior será o comprimento total do sistema radicular. Em estacas de camélia a adição de boro aumentou o comprimento total do sistema radicular, chegando a ser mais de 2,5 vezes superior ao controle (ONO et al., 1992). Porém, o incremento das doses de boro reduziu o crescimento do sistema radicular de arroz em torno de 20% entre as doses de 6 mg dm^{-3} de boro e o controle (CORRÊA et al., 2006). Porta-enxertos de videira 'Kobber' micropropagados respondem positivamente a adição de $4,0 \text{ mg dm}^{-3}$ de ácido bórico ao meio de cultura, aumentando tanto o número de folhas quanto o comprimento do sistema radicular (VILLA et al., 2009).

Tem-se, então, que o efeito do boro é dependente da espécie, havendo necessidade de experimentação para cada espécie. Outro fator a ser

considerado é a capacidade que algumas plantas possuem em mobilizar o boro de folhas maduras para os tecidos jovens, assim como ocorre em alguns genótipos de eucalipto (MATTIELLO et al., 2009), podendo influir no processo de enraizamento, já que tal fato ocorre principalmente nas plantas deficientes em boro. Neste sentido, cogita-se que em uma estaca onde o boro pode ser mobilizado, este será levado de um tecido mais velho para a região onde será demandado, ou seja, para o desenvolvimento das raízes adventícias.

Tabela 1. Correlação entre variáveis para aplicação de boro em plantas-mães de nespereira.

	ENR	ENR/BRO	ABROT	CALO	NRAIZ	NBROT	RFOL	COMPM	COMPT	SOBR	MFR	MSR	VOL	AREA	DIÂM	TBF
ENR	1	0,13 ^{ns}	-0,80**	-0,92**	0,03 ^{ns}	0,17 ^{ns}	0,05 ^{ns}	-0,12 ^{ns}	-0,02 ^{ns}	-0,03 ^{ns}	0,31 ^{ns}	0,27 ^{ns}	0,46**	0,48**	0,63**	0,25 ^{ns}
ENR/BRO		1	0,07 ^{ns}	-0,10 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,19 ^{ns}	0,06 ^{ns}	-0,01 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,55**	-0,06 ^{ns}	-0,18 ^{ns}	-0,09 ^{ns}	-0,12 ^{ns}	-0,04 ^{ns}	0,29 ^{ns}
ABROT			1	0,81**	-0,04 ^{ns}	-0,08 ^{ns}	-0,13 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,19 ^{ns}	-0,25 ^{ns}	-0,31 ^{ns}	-0,42*	-0,44*	-0,59**	-0,18 ^{ns}
CALO				1	0,03 ^{ns}	-0,19 ^{ns}	-0,13 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,01 ^{ns}	-0,31 ^{ns}	-0,27 ^{ns}	-0,42*	-0,44*	-0,57**	-0,17 ^{ns}
NRAIZ					1	-0,25 ^{ns}	0,29 ^{ns}	0,58**	0,85**	0,16 ^{ns}	0,16 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,25 ^{ns}	0,15 ^{ns}
NBROT						1	-0,43*	-0,49**	-0,40*	-0,23 ^{ns}	-0,08 ^{ns}	-0,21 ^{ns}	-0,03 ^{ns}	-0,04 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,28 ^{ns}
RFOL							1	0,26 ^{ns}	0,30 ^{ns}	0,22 ^{ns}	0,29 ^{ns}	0,23 ^{ns}	0,18 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,27 ^{ns}	0,01 ^{ns}
COMPM								1	0,85**	0,21 ^{ns}	0,58**	0,53**	0,21 ^{ns}	0,24 ^{ns}	0,08 ^{ns}	-0,22 ^{ns}
COMPT									1	0,19 ^{ns}	0,40*	0,37*	0,14 ^{ns}	0,17 ^{ns}	0,18 ^{ns}	-0,04 ^{ns}
SOBR										1	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,24 ^{ns}
MFR											1	0,85**	0,66**	0,71**	0,53**	-0,15 ^{ns}
MSR												1	0,78**	0,82**	0,66**	-0,27 ^{ns}
VOL													1	0,99**	0,83**	-0,07 ^{ns}
AREA														1	0,83**	-0,07 ^{ns}
DIÂM															1	0,13 ^{ns}
TBF																1

Enraizamento (ENR); Enraizadas e Brotadas (ENR/BRO); Apenas Brotadas (ABROT); Número de Raízes (NRAIZ); Retenção Foliar (RFOL); Comprimento Médio de Raízes (COMPM); Comprimento Total de Raízes (COMPT); Sobrevivência (SOBR); Massa Fresca de Raiz (MFR); Massa Seca de Raiz (MSR); Volume das Raízes (VOL); Área Superficial das Raízes (AREA); Diâmetro Ponderado da Raiz (DIÂM); Teor de Boro Foliar (TBF).

** significativo a 1% ($p < 0,01$); * significativo 5% ($0,01 \leq p < 0,05$); ^{ns} não significativo ($p \geq 0,05$).

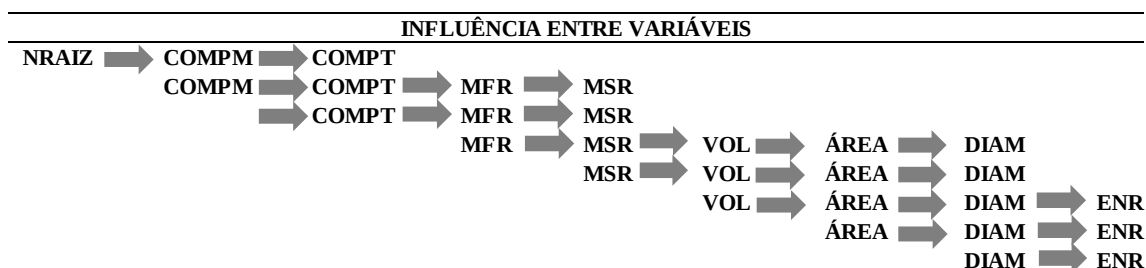
Há duas regiões distintas de crescimento na estaca, a região onde serão formadas as raízes e a região onde se formarão os brotos. Como ambas são drenos, requerem fornecimento de carboidratos para o seu desenvolvimento, na ausência ou há baixas quantidades de boro, a região de maior dreno e atividade meristemática mais intensa exigirá maior quantidade de reservas, podendo inibir o desenvolvimento da outra região por competição. Uma estaca que começa a brotar, raramente emite raízes devido a esse processo de competição. Fato que foi observado nesse experimento, onde observou-se forte correlação negativa de estacas que apenas brotaram com o enraizamento (Tabela 1).

Houve redução do volume, massas fresca e seca das raízes com o aumento das doses de boro. Essa redução ocorreu possivelmente pela distribuição dos carboidratos para os brotos, reduzindo o desenvolvimento das raízes, uma vez que quanto maior o número de brotos menor é o comprimento médio e total das raízes, sendo que a diminuição desses últimos ocasiona a redução da matéria fresca e seca, que por sua vez reduz além do volume, a área superficial e o diâmetro da raiz (Tabela 1 e Gráfico 3). Contudo, foi observado em *Hylocereus undatus* aumento das matérias seca e fresca de raízes com a utilização de boro no substrato em 72 e 63%, respectivamente (SANTOS et al., 2010).

Há uma sequência de eventos que estão correlacionados no processo de enraizamento. A auxina presente na estaca é responsável pela diferenciação do tecido em meristema para a posterior emissão das raízes, sendo que o boro está ligado a esse processo por fazer parte da divisão celular, envolvimento na síntese de carboidratos e auxinas (LEWIS, 1980). Esse envolvimento do boro com o metabolismo das auxinas faz com que haja a emissão dos primórdios radiculares, que quanto mais numerosos, maior é o seu comprimento médio e total. Por sua vez o aumento do comprimento médio e total das raízes aumenta a massa fresca e seca, que possuem correlação com volume, área superficial e diâmetro das raízes, e por fim, esses com o enraizamento (Figura 1). Essa sequência de eventos de modo direto ou indireto contribui para o sucesso do enraizamento, de modo análogo, o número de raízes não possui correlação direta com o enraizamento (Tabela 1), no entanto

por um efeito em cascata influencia positivamente uma variável que possui relação direta com o enraizamento (Gráfico 3).

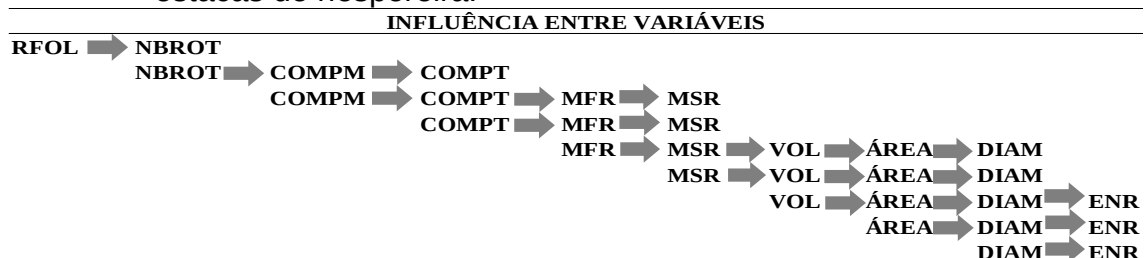
Figura 1. Influência Positiva entre variáveis no processo de enraizamento de estacas de nespereira.



Número de Raízes (NRAIZ); Comprimento Médio de Raízes (COMPM); Comprimento Total de Raízes (COMPT); Massa Fresca de Raiz (MFR); Massa Seca de Raiz (MSR); Volume das Raízes (VOL); Área Superficial das Raízes (ÁREA); Diâmetro Ponderado da Raiz (DIAM); Enraizamento (ENR).

A retenção da folha na estaca merece destaque, pois garante que haja área fotossintética na estaca e essa seja capaz de nutri-la. Na sua falta a estaca emite brotações para compensar a falta de folha, fazendo com que esse gasto energético reduza o comprimento tanto médio quanto total do sistema radicular, e pelo mesmo efeito em cascata todas as variáveis correlacionadas sejam prejudicadas, afetando de maneira indireta o enraizamento (Figura 2). O mesmo acontece com estacas de *Pouteria campechiana* (Kunth) Baehni (canistel), sendo que há correlação da retenção foliar das estacas com a sobrevivência, enraizamento, número e comprimento de raízes (CHIAMOLERA et al., 2014).

Figura 2. Influência Negativa entre variáveis no processo de enraizamento de estacas de nespereira.



Retenção Foliar (RFOL); Número de Brotos (NBROT); Comprimento Médio de Raízes (COMPM); Comprimento Total de Raízes (COMPT); Massa Fresca de Raiz (MFR); Massa Seca de Raiz (MSR); Volume das Raízes (VOL); Área Superficial das Raízes (ÁREA); Diâmetro Ponderado da Raiz (DIAM); Enraizamento (ENR).

Os resultados aqui obtidos mostram a importância deste elemento, devendo ser avaliado para outras frutíferas. Sabe-se que não há

acompanhamento do estado nutricional das plantas-matrizes dos viveiros comerciais, tampouco é explorado o papel fisiológico dos nutrientes em melhorar a qualidade do enraizamento. Desse modo, sugere-se que haja um tratamento com boro na planta-matriz antes da retirada das estacas a fim de proporcionar uma melhor resposta no processo de enraizamento.

5. CONCLUSÕES

A aplicação foliar de boro aumenta o volume de raízes na estaca de nespereira quando comparado via solo. A utilização de boro nas plantas-mães melhora o sistema radicular por proporcionar uma muda com raízes maiores e ainda por apresentar brotações. A melhor dose de boro para produção de mudas de nêspereira por estaca é de $4,0 \text{ mg dm}^{-3}$ correspondendo a um teor foliar de $36,8 \text{ mg kg}^{-1}$ do elemento.

6. REFERÊNCIAS

ASSIS, T. F.; FETT-NETO, A. G.; ALFENAS, A. C. Current techniques and prospects for the clonal propagation of hardwood with emphasis on *Eucalyptus*. In: WALTER, C.; CARSON, M. (Ed.) **Plantation forest biotechnology for the 21th century**. New Delhi, India, Research Sign Post, v. 1, p. 303-333, 2004.

ASSIS, T. F.; TEIXEIRA, S. L. Enraizamento de plantas lenhosas. In: TORRES, A. C.; CALDAS, L. S.; BUSO, J. A. (Ed.) **Cultura de tecidos e transformação genética de plantas**. Brasília: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, v. 1, p. 261-296, 1998.

BARBOSA, W.; POMMER, C.V.; RIBEIRO, M.D.; VEIGA, R.F.A.; COSTA, A.A. Distribuição geográfica e diversidade varietal defrutíferas e nozes de clima temperado no Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n. 2, p. 341-344, 2003.

BOARETTO, A. E.; BOARETTO, R. M.; CONTIN, T. L. M.; MURAOKA, T. É móvel ou imóvel o boro em laranjeira? **Laranja**, Cordeirópolis, v. 25, n. 1, p.195-208, 2004.

BRONDANI, G.E.; BACCARIN, F.J.B.; BERGONCI, T.; GONÇALVES, A.N.; ALMEIDA, M. Miniestaquia de *Eucalyptus benthamii*: efeito do genótipo, aib, zinco, boro e coletas de brotações. **Cerne**, Lavras, v. 20, n. 1, p. 147-156, 2014.

CAMPOS, A.D; ANTUNES, L.E.C; RODRIG UES, A.C.; UENO, B. **Enraizamento de estacas de mirtilo provenientes de ramos lenhosos**. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, 2005. 6p. (Comunicado Técnico. 133).

CHALFUN, N. N. J.; PIO, R. Aquisição e plantio de mudas frutíferas. Lavras: UFLA, 2002. 19p. (Boletim Técnico, 113).

CHIAMOLERA, F. M.; SILVA, A. D. C. C. D; SABIÃO, R. R., CUNHA, T. P. L. D.; MARTINS, A. B. G. Clonagem de canistel por estaquia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 36, n. 3, p. 649-654, 2014.

CORRÊA, J. C.; COSTA, A. D. M.; CRUSCIOL, C. A. C.; MAUAD, M. Doses de boro e crescimento radicular e da parte aérea de cultivares de arroz de terras altas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, n. 6, p. 1077-1082, 2006.

CUNHA, A.C.M.C.M.; PAIVA, H.N.; LEITE, H.G.; BARROS, N.F.; LEITE, F.P. Influência do estado nutricional de minicepas no enraizamento de miniestacas de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 33, n. 4, p.607-615, 2009a.

CUNHA, A.C.M.C.M.; PAIVA, H.N.; XAVIER, A.; OTONI, W.C. Papel da nutrição mineral na formação de raízes adventícias em plantas lenhosas. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n. 58, p. 35-49, 2009b.

DENEGA, S.; BIASI, L.A.; BLASKEVICZ, S.J.; ZANETTE, F. Variação sazonal do enraizamento de estacas de cultivares de *Vitis rotundifolia* Michx. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 29, n. 2, p. 389-392, 2007.

FACHINELLO, J.C.; HOFFMANN, A.; NACHTIGAL, J.C.; KERSTEN, E.; FONTES, G.R.de L. **Propagação de plantas frutíferas de clima temperado**. Pelotas: UFEPEL, p. 178, 1995.

FARIA, A.F.; HASEGAWA, P.N.; CHAGAS, E.A.; PIO, R.; PURGATTO, E.; MERCADANTE, A.Z. Cultivar influence on carotenoid composition of loquats from Brazil. **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v. 22, n. 3, p. 196-203, 2009.

FEMENIA, A.; CONESA, M.; SIMAL, S.; ROSSELLÓ, C. Characterization of the cell walls of loquat (*Eriobotrya japonica* Lindl.) fruit tissues. **Carbohydrate Polymers**, v. 35, n. 3, p. 169-177, 1998.

FERRERES, F.; GOMES, D.; VALENTÃO, P.; GONÇALVES, R.; PIO, R.; CHAGAS, E.A.; SEABRA, R.M.; ANDRADE, P.B. Improved loquat (*Eriobotrya japonica* Lindl.) cultivars: variation of phenolics and antioxidative potential. **Food Chemistry**, London, v. 114, n. 3, p. 1019-1027, 2009.

GAUCH, H. G.; DUGGER JUNIOR, W. M. The role of boron in the translocation of sucrose. **Plant Physiology**, Bethesda, v. 28, p. 457-466, 1953.

HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E.; DAVIS JÚNIOR, F. T.; GENEVE, R. L. **Plant propagation: principles and practices**. 7 ed. New Jersey: Prentice Hall, pag. 350-400, 2002.

HASEGAWA, P.N. **Caracterização fisiológica e físico-química de diferentes cultivares de nêspera (*Eriobotrya japonica* Lindl.) durante o desenvolvimento e o amadurecimento**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2008.

HASEGAWA, P.N.; FARIA, A. F.de; MERCADANTE, A. Z.; CHAGAS, E. A.; PIO, R.; LAJOLO, F. M.; CORDENUNSI, B. R.; PURGATTO, E. Chemical composition of five loquat cultivars planted in Brazil. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30, n. 2, p. 552-559, 2010.

HIRSCH, A. M.; PENGELLY, W. L.; TORREY, J. G. Endogenous IAA levels in boron deficient and control root tips of sunflower. **Botanical Gazette**, v. 143, p. 15-19, 1982.

HOFFMANN, A.; PASQUAL, M.; CHALFUN, N.N J.; FRÁGUAS, C.B. Efeito de substratos na aclimatização de plantas micropropagadas o porta-enxerto de

macieira 'Marubakaido'. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.25, n.2, p.462-467, 2001.

ITO, H.; KOBAYASHI, E.; TAKAMATSU, Y.; LI, S.; HATANO, T.; SAKAGAMI, H.; KUSAMA, K.; SATOH, K.; SUGITA, D.; SHIMURA, S.; ITOH, Y.; YOSHIDA, T. Polyphenols from *Eriobotrya japonica* and their cytotoxicity against human oral tumor cell lines. **Chemical and Pharmaceutical Bulletin**, v. 48, n. 5, p. 687-693, 2000.

JABUR, M.A.; MARTINS, A.B.G. Influência de substratos na formação dos porta-enxertos: limoeiro-cravo (*Citrus limonia* Osbeck) e tangerineira-cleópatra (*Citrus resnyi* Hort. ex Tanaka) em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.24, n.2, p.514-518, 2002.

JARVIS, B.C.; ALI, A.H.N.; SHAHEED, A.I. Auxin and boron in relation to the rooting response and ageing of mung bean cuttings. **New phytologist**, v. 95, n. 4, p. 509-518, 1983.

JORGE, L. D. C.; RODRIGUES, A. D. O. Safira: sistema de análise de fibras e raízes. Embrapa Instrumentação Agropecuária. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, São Carlos, v. 24, 2008.

JOSTEN, P.; KUTSCHERA, U. The micronutrient boron causes the development of adventitious roots in sunflower cuttings. **Ann. Bot.**, London, v. 85, n. 3, p. 337-342, 1999.

KOBA, K.; MATSUOKA, A.; OSADA, K.; HUANG, Y. Effect of loquat (*Eriobotrya japonica*) extracts on LDL oxidation. **Food Chemistry**, London, v. 104, n. 1, p. 308-316, 2007.

LENOBLE, M.E.; BLEVINS, D.G.; AFIADO, R.E.; CUMBIE, B.G. Prevention of aluminum toxicity with supplemental boron. I. Maintenance of root elongation and cellular structure **Plant, Cell & Environment**, v. 19, n. 10, p. 1132-1142, 1996.

LEONEL, S.; RODRIGUES, J.D. Efeito da época de estaquia, fitorreguladores e ácido bórico no enraizamento de estacas de porta-enxertos de videira. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 50, n. 1, p. 27-32, 1993.

LEWIS, D. H. Boron, lignification and the origin of vascular plants - a unified hypothesis. **New Phytologist**, v. 84, p. 209-229, 1980.

LIMA J.D.; LIMA A.P.S.; BOLFARINI A.C.B.; SILVA S.H.M.G. da. Enraizamento de estacas de *Camellia sinensis* L. em função da época de coleta de ramos, genótipos e ácido indolbutírico. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.41, n.2, p. 230-235, 2011.

LIN, S.; SHARPE, R.H.; JANICK, J. Loquat: botany and horticulture. **Horticultural Reviews**, New Jersey, v. 23, p. 234-276, 1999.

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

MARSCHNER, H. (Ed.) **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press. 1995. 889p.

MATTIELLO, E.M.; RUIZ, H.A.; SILVA, I.R.; SARKIS, J.E.S.; NEVES, J.C.L.; PUCCI, M.M. Phloem mobility of boron in two eucalypt clones. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 6, p. 1695-1704, 2009.

MIDDLETON, W.; JARVIS, B. C.; BOOTH, A. The boron requirement for root development in stem cuttings of *Phaseolus aureus* Roxb. **New Phytologist**, v. 81, n. 2, p. 287-297, 1978.

NICOLOSO, F.T.; LAZZARI, M.; FORTUNATO, R.P. Propagação vegetativa de *Platanus acerifolia* Ait.: (II) Efeito da aplicação de zinco, boro e ácido indolbutírico no enraizamento de estacas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.29, n.3, p.487-492, 1999.

OLIVEIRA, D.B.; VASCONCELOS, L.; SOUZA, V.A.B.; OLIVEIRA, F.D.C.; VAL, A.D.B. Propagação vegetativa por estaquia em cajazeira (*Spondias mombim* L.): efeitos de genótipos, substratos e concentrações de AIB. In: Embrapa Meio-Norte-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 17., 2002, Belém. Os novos desafios da fruticultura brasileira: **anais**. Belém: SBF, 2002.

OLIVEIRA, J.A. **Efeito dos substratos artificiais no enraizamento e no desenvolvimento de maracujazeiro-azedo e doce por estaquia**. 2000. 71f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade de Brasília, Brasília, 2000.

ONO, E. O.; RODRIGUES, J. D. **Aspectos da fisiologia do enraizamento de estacas caulinares**. Jaboticabal: Funep, v. 83, 1996.

ONO, E. O.; RODRIGUES, J. D.; RODRIGUES, S. D. Interações entre auxinas e boro no enraizamento de estacas de camélia (*Camellia japonica* L.). **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal, Londrina**, n.4, v.2, p. 107-112, 1992.

PAULA, T.A.; SILVEIRA, R.L.V.A.; HIGASHI, E.N.; GONÇALVES, A.N. Efeito do potássio sobre a produção e enraizamento de estacas de *Eucalyptus*. In: REUNIÃO DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 25. Santa Maria, 2000. **Resumos...** Santa Maria: SBBS/SBM, 2000. CD-ROM.

PAVINATO, P.S.; AGUIAR, A.; CASTRO, G.S.A.; CRUSCIOL, C.A.C. Boro em arroz de terras altas cultivado em solução nutritiva. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 3, p. 743-751, 2009.

PEÑA, M.L.P.; ZANETTE, F.; BIASI, L.A. Estaquia de brotações de cepa e de copa de plantas de pitangueira. In: XXII CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2012, Bento Gonçalves. **Anais...**Bento Gonçalves: 2012.

PEREIRA, F.M.; ZANIN, E.S.; BARBOSA, J.C. Eficiência de diferentes métodos de propagação vegetativa da nespereira (*Eriobotrya japonica* Lindl.) em câmara de nebulização. In: 2º CONGRESSO IBEROAMERICANO, 3º CONGRESSO IBÉRICO DE CIÊNCIAS HORTÍCOLAS. **Actas de Horticultura**, Portugal, v.15, p.419-24, 1997.

PEROSA, J.M.; VIEIRA, E.M.; NITZSCHE, T. Cadeia produtiva da nêspera na região do Alto do Tietê: indicadores econômicos da produção e mercado atacadista. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 2, p. 214-217, 2006.

PIO, R. **O potencial de novas fruteiras**. Encontro de fruticultura dos Campos Gerais, v. 1, p. 11-21, 2008.

PIO, R.; CAMPO DALL'ORTO, F.A.; CHAGAS, E.A.; BARBOSA, W. **Aspectos técnicos do cultivo de nêspers**. Piracicaba: ESALQ/USP, 28 p. (Série Produtor Rural, 34), 2007.

PIO, R.; GONTIJO, T.C.; CARRIJO, E.P.; RAMOS, J.D.; TOLEDO, M.; VISIOLI, E.L.; TOMASETTO, F. Efeito de diferentes substratos no crescimento de mudas de nespereira. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, p. 309-312, 2004.

RAMOS, D.P.; LEONEL, S.; DAMATTO JÚNIOR, E.R. Avaliação da época de estaquia e uso de bioregulador no enraizamento de estacas de figueira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, n. 3, p. 748-753, 2008.

RAMOS, J.D.; MATOS, L.E.S.; GONTIJO, T.C.A.; PIO, R.; JUNQUEIRA, K.P.; SANTOS, F.C. Enraizamento de estacas herbáceas de'Mirabolano'(Prunus cerasifera Ehrh) em diferentes substratos e concentrações de ácido indolbutírico. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n. 1, p. 189-191, 2003.

ROCHA, M.A.C.; COSTA, M.A.P.C.; SILVA, S.A.; LEDO, C.A.S.; MOREIRA, M. J.S.; BASTOS, L.P. Enraizamento in vitro e aclimatização de genótipos de jenipapeiro (*Genipa americana* L.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, n. 3, p. 769-774, 2008.

ROTH-BEJERANO, N.; ITAI, C. Effect of boron on stomatal opening in epidermal strips of *Commelina communis*. **Physiologia Plantarum**, v. 52, n. 2, p. 302-304, 1981.

SANTOS, C.M.G.; CERQUEIRA, R.C.; FERNANDES, L.M.S.; RODRIGUES, J.D.; ONO, E.O. Efeito de substratos e boro no enraizamento de estacas de pitaya. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 57, p. 795-802, 2010

SCALOPPI JÚNIOR, E.J.; JESUS, N. de; MARTINS, A.B.G. Capacidade de enraizamento de variedades de nespereira submetidas à poda de renovação. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.26,p.61-64, 2004.

SILVA, J.A.A.; PEREIRA, F.M. Enraizamento de estacas herbáceas de nespereira (*Eriobotrya japonica* Lindl). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, n. 2, p. 369-371, 2004.

SILVA, R.P. da; PEIXOTO, J.R.; JUNQUEIRA, N.T.V. Influência de diversos substratos no desenvolvimento de mudas de maracujazeiroazedo (*Passiflora edulis* Sims f. flavicarpa DEG). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.23, n.2, p.377-381, 2001.

SMART, D. R.; KOCSIS, L.; WALKER, M. A.; STOCKERT, C. Dormant buds and adventitious root formation by *Vitis* and other woody plants. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 21, p. 296-314, 2003.

TAIZ, L., ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 4ª ed. Artmed, Porto Alegre, Brasil, 820 p., 2009

VALMORBIDA, J.;LESSA, A.O. Enraizamento de estacas de Ginkgo biloba tratadas com ácido indolbutírico e ácido bórico. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 2, p. 398-401, 2008.

VILLA, F.; PASQUAL, M.; ASSIS, F.A.; ASSIS, G.A.; ZÁRRAGA, D.Z.A. Micropropagação de duas espécies frutíferas, em meio de cultura DSD1, modificado com fontes de boro e zinco. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 2, p. 468-472, 2009.

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

