

BEATRIZ FERNANDES DE SEIA GONÇALVES

**CONTROLE DO DESENVOLVIMENTO DE MUDAS DA TANGERINEIRA
'PONKAN' INTERENXERTADAS COM TRIFOLIATEIRO 'FLYING DRAGON'**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientador: Mateus Pereira Gonzatto

Coorientadores: Carlos Eduardo M. dos Santos

Edgard Augusto de T. Picoli

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

G635c
2021
Gonçalves, Beatriz Fernandes de Seia, 1995-
Controle do desenvolvimento de mudas da tangerineira
'Ponkan' interenxertadas com trifoliateiro 'Flying Dragon'
[recurso eletrônico] / Beatriz Fernandes de Seia Gonçalves. –
Viçosa, MG, 2021.

1 dissertação eletrônica (65 f.): il.

Orientador: Mateus Pereira Gonzatto.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 57-65.

DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2021.024>

Modo de acesso: World Wide Web.

1. *Citrus reticulata* Blanco. 2. Fotossíntese.
3. Condutividade hidráulica. 4. Xilema. I. Universidade Federal
de Viçosa. Departamento de Fitotecnia. Programa de
Pós-Graduação em Fitotecnia. II. Título.

CDD 22. ed. 634.3

Bibliotecário(a) responsável: Renata de Fatima Alves CRB6/2578

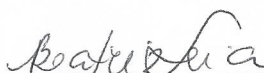
BEATRIZ FERNANDES DE SEIA GONÇALVES

**CONTROLE DO DESENVOLVIMENTO DE MUDAS DA TANGERINEIRA
'PONKAN' INTERENXERTADAS COM TRIFOLIATEIRO 'FLYING DRAGON'**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

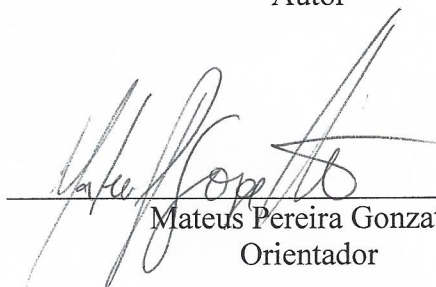
APROVADA: 26 de julho de 2021.

Assentimento:



Beatriz Fernandes de Seia Gonçalves

Autor



Mateus Pereira Gonzatto

Orientador

“E pelo destino – talvez já traçado –, eu fui, Por Deus, hoje eu sou e agradeço”.

A citricultura não entrou na minha vida por acaso.

Beatriz Seia.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ter sempre me iluminado durante toda minha jornada!

Aos meus pais, por conceder-me a vida, por todo apoio de sempre e por terem me ensinado coisas impagáveis: valores e princípios; a ser uma mulher de bem! Todas as minhas conquistas eu devo a vocês! OBRIGADA!

A todos os meus familiares que mesmo que de longe, sempre me incentivaram e vibraram com todas as minhas conquistas!

A minha avó Maria, a minha dinda Stella, ao meu dindo Anderson e as minhas “primas-irmãs” Patrícia e Danielly, vocês fazem parte do que eu sou hoje!

Em especial, às minhas tias mineiras Adiléia, Andrea e Adalgisa, por terem sido minha casa e refúgio durante esses quase 8 anos de Viçosa!

Ao professor Mateus Pereira Gonzatto, pela orientação, confiança e por todos os ensinamentos! Foi muito mais que orientador, foi amigo! Sou grata por ter sido sua orientada!

Ao meu querido amigo Luan Leopoldino, pela ótima convivência, por toda ajuda, conforto e por tornar minha jornada mais leve!

À Universidade Federal de Viçosa, em especial ao Departamento de Fitotecnia, pela oportunidade de realização do curso e por ter sido minha melhor escolha feita até então.

Ao Departamento de Biologia Vegetal da UFV, em especial ao professor Edgard Augusto de Toledo Picoli, por toda ajuda e disponibilização dos equipamentos necessários para a execução desta pesquisa.

A todos os funcionários do Setor de Fruticultura da UFV e Unidade de Ensino Pesquisa e Extensão Pomar do Fundão (UEPE), em especial ao Paulinho, Nadil, Hugo e Robson pela ajuda e assistência durante toda a condução da pesquisa.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

BIOGRAFIA

BEATRIZ FERNANDES DE SEIA GONÇALVES, filha de Marcos Antônio Gonçalves e Maria Cândida Fernandes de Seia, nasceu em Araruama, Rio de Janeiro, em 11 de fevereiro de 1995. Em 2012, concluiu o ensino médio no Centro Educacional Pré-Universitário e posteriormente, em 2013, ingressou no curso de Agronomia pela Universidade Federal de Viçosa (UFV), Minas Gerais.

Em 2017, foi selecionada para estagiar com melhoramento genético de soja e cursar um período de inverno na Universidade de Minnesota (UofM), nos Estados Unidos, onde permaneceu durante um ano e meio.

Em janeiro de 2019, enfim graduou-se em Agronomia, pela Universidade Federal de Viçosa (UFV), Minas Gerais, recebendo o título de Engenheira Agrônoma.

Em março de 2019, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da UFV, em nível de Mestrado, submetendo-se à defesa da dissertação em agosto de 2021.

RESUMO

GONÇALVES, Beatriz Fernandes de Seia Gonçalves, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2021. **Controle do desenvolvimento de mudas da tangerineira ‘Ponkan’ interenxertadas com trifoliateiro ‘Flying Dragon’**. Orientador: Mateus Pereira Gonzatto. Coorientadores: Carlos Eduardo Magalhães e Edgard Augusto de Toledo Picoli.

Atualmente, há uma tendência de maior adensamento de pomares cítricos por meio do uso de porta-enxertos ananizantes. Contudo, pomares adensados podem ser muito exigentes quanto às necessidades hídricas e nutricionais, elevando ainda mais os custos de produção. Assim, o uso de plantas com porte intermediário, combinando características positivas de porta-enxertos vigorosos e ananizantes, pode ser uma boa alternativa para a citricultura. O objetivo deste trabalho foi investigar o efeito da interenxertia do trifoliateiro ‘Flying Dragon’ sobre o crescimento e desenvolvimento vegetativo da tangerineira ‘Ponkan’, utilizando porta-enxertos vigorosos. Para tanto, realizou-se a enxertia por borbulhia da copa sobre os porta-enxertos limoeiro ‘Cravo’ (C), citrumeleiro ‘Swingle’ (S) e trifoliateiro ‘Flying Dragon’ (FD). Posteriormente, as plantas enxertadas sobre FD foram interenxertadas por garfagem nos porta-enxertos C e S, gerando mudas com diferentes comprimentos de interenxerto (5, 10 e 15 cm). Em relação ao comprimento da brotação (CB), número de folhas (NF), área foliar (AF) e massa fresca (MFB) e seca da brotação (MSB), e diâmetro médio dos elementos de vasos do xilema da copa (Dm_{CO}), o uso de interenxertia reduziu o crescimento em relação às plantas não interenxertadas, independentemente do porta-enxerto (C ou S), atingindo valores similares aos das plantas enxertadas sobre FD. A densidade de elementos de vasos no xilema da copa (DVX_{CO}) aumentou nas plantas interenxertadas, principalmente com os comprimentos de 5 e 10 cm de FD sobre o porta-enxerto S, enquanto a condutividade hidráulica teórica específica (KHT_{CO}) foi reduzida com 10 cm de interenxerto, em ambos os porta-enxertos (C e S). Houve incremento no desempenho fotossintético das plantas com interenxertos de 5 e 10 cm em relação as não interenxertadas, sem efeito negativo sobre o rendimento quântico máximo do fotossistema II (F_v/F_m). O uso do interenxerto FD interfere na anatomia do xilema e nas trocas gasosas da copa, reduzindo o crescimento das mudas de tangerineira ‘Ponkan’ independentemente do porta-enxerto utilizado.

Palavras-chave: *Citrus reticulata* Blanco. *Poncirus trifoliata* var. *monstrosa* (T. Ito) Swing. Interenxertia. Fotossíntese. Condutividade hidráulica. Xilema.

ABSTRACT

GONÇALVES, Beatriz Fernandes de Seia Gonçalves, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2021. **Development control of ‘Ponkan’ mandarin nursery trees intergrafted on trifoliate orange ‘Flying Dragon’**. Advisor: Mateus Pereira Gonzatto. Co-advisors: Carlos Eduardo Magalhães and Edgard Augusto de Toledo Picoli.

Nowadays, there is a trend towards greater densification of citrus orchards through the use of dwarfing rootstocks. However, dense orchards can be very demanding in terms of irrigation and nutrition, increasing production costs through the use of dwarfing rootstocks. Thus, the use of intermediate-sized plants, combining the positive characteristics of vigorous and dwarfing rootstocks, can be a good alternative for citriculture. The objective of this work was to investigate the effect of intergrafting of the trifoliate ‘Flying Dragon’ on the growth and vegetative development, physiological and anatomical characteristics of the ‘Ponkan’ mandarin, using vigorous rootstocks. For this purpose, the budding scion was grafted on the on ‘Rangpur’ lemon (C), ‘Swingle’ citrumelo (S) and ‘Flying Dragon’ trifoliate (FD) rootstocks. After that, the plants grafted onto FD were intergrafted onto rootstocks C and S, generating seedlings with different intergraft lengths (5, 10 and 15 cm). In relation to bud length (CB), number of leaves (NF), leaf area (AF) and fresh and dry mass of bud (MSB), and mean diameter of the scion xylem vessel elements (Dm_{CO}), the use of intergrafting reduced growth in relation to non-intergrafted plants, regardless of the rootstock (C or S), reaching values similar to those of plants grafted on FD. The density of scion xylem vessel elements (DVX_{CO}) increased in the intergrafted plants, mainly with the 5 and 10 cm lengths of FD on the S rootstock, while the theoretical specific hydraulic conductivity (KHT_{CO}) was reduced with 10 cm of intergraft, in both rootstocks (C e S). There was an increase in the photosynthetic performance of plants with 5 and 10 cm intergrafted compared to non-intergrafted plants, with no negative effect on the maximum quantum yield of photosystem II (F_v/F_m). The use of FD interstock interferes with the growth, xylem anatomy and gas exchange of ‘Ponkan’ mandarin plants, regardless of the rootstock used.

Keywords: *Citrus reticulata* Blanco. *Poncirus trifoliata* var. *monstrosa* (T. Ito) Swing. Intergrafting. Photosynthesis. Hydraulic conductivity. Xylem

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	9
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	11
2.1 Citricultura brasileira.....	11
2.2 Porta-enxertos e adensamento de pomares.....	12
2.3 Interenxertia em citros.....	16
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	18
3.1 Local de execução do experimento, genótipos utilizados, forma de propagação e tratamentos.....	18
3.2 Produção das mudas e realização das interenxertias.....	20
3.3 Montagem e execução do experimento.....	22
3.4 Irrigação, manejo fitossanitário e tratos culturais.....	22
3.5 Avaliações realizadas.....	23
3.5.1 Variáveis biométricas.....	23
3.5.2 Variáveis anatômicas.....	25
3.5.2.1 Processamento das amostras oriundas da copa.....	25
3.5.2.2 Processamento das amostras oriundas do interenxerto e porta-enxerto.....	27
3.5.2.3 Produção e processamento das imagens.....	28
3.5.3 Variáveis fisiológicas.....	30
3.5.4 Análises estatísticas.....	31
4. RESULTADOS.....	31
4.1 Variáveis biométricas.....	31
4.2 Variáveis anatômicas.....	38
4.3 Variáveis fisiológicas.....	44
5. DISCUSSÃO.....	47
6. CONCLUSÕES.....	56
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	57

1. INTRODUÇÃO

O porta-enxerto é responsável por influenciar características relacionadas à copa nele enxertada, tais como, resistência à patógenos, resposta à estresses bióticos e abióticos, rendimento e qualidade dos frutos, e inúmeras outras (CASTLE et al., 1992). Dentre os porta-enxertos disponíveis na citricultura, os mais utilizados são pertencentes aos gêneros *Citrus* e *Poncirus*, e os híbridos entre espécies destes gêneros. A quantidade de híbridos existentes é vasta, sendo os mais comumente utilizados: citrumeleiros (híbridos entre *Poncirus trifoliata* e pomeleiro), citrangeiros (híbridos entre *Poncirus trifoliata* e laranjeiras) e citrandarineiros (híbridos entre *Poncirus trifoliata* e tangerineiras).

Dentre os porta-enxertos mais utilizados no Brasil, destaca-se o limoeiro ‘Cravo’ (*Citrus limonia* Osbeck) e também o citrumeleiro ‘Swingle’ (*P. trifoliata* x *Citrus paradisi* Macf.), sendo estes classificados como porta-enxerto vigoroso e semi-vigoroso, respectivamente, propiciando às copas neles enxertadas maior vigor (CARVALHO et al., 2019). Porta-enxertos ananizantes, como o trifoliato ‘Flying Dragon’ (*Poncirus trifoliata* var. *monstrosa* (T. Ito) Swing.), ainda são pouco utilizados no Brasil. Os mesmos são empregados em pomares adensados e ultra-adensados, visando o desenvolvimento de copas menores e possibilitando vantagens de manejo, tais como facilidade de colheita e realização dos tratos culturais, além do aumento da eficiência produtiva. Contudo, plantas enxertadas sobre porta-enxertos ananizantes podem ser excessivamente pequenas, bem como apresentarem menor desenvolvimento do sistema radicular e menor rusticidade quanto à nutrição e à necessidade hídrica. Desta forma, o uso dos mesmos gera incremento nos custos de implantação e produção de pomares cítricos, mediante a necessidade da presença de um sistema de irrigação e aos cuidados específicos quanto à nutrição mineral das plantas.

Em toda a fruticultura, desde as últimas décadas do século XX, existe uma tendência ao adensamento de pomares. Na citricultura paulista, desde a década de 80, após a ocorrência de um grande adensamento de plantas, nota-se nos últimos anos, que esta tendência tem se estabilizado (FUNDECITRUS, 2019). Esta estabilização denota que os adensamentos utilizados chegaram ao limite, e que o fato de os porta-enxertos mais utilizados na citricultura serem vigorosos e semi-vigorosos, não permite que os plantios cítricos acompanhem adequadamente a tendência do uso de maiores adensamentos. Além disto, percebe-se também que adensamentos excessivos podem acabar não proporcionando vantagens ao sistema de produção, na mesma medida em que proporcionam um alto incremento de custo.

Comercialmente, a interenxertia de genótipos ananizantes, também conhecidos como filtros, sobre porta-enxertos vigorosos e rústicos é utilizada em pomares de macieira com alta densidade de plantas. O uso do porta-enxerto ananizante ‘M.9’ como interenxerto entre a copa e o porta-enxerto vigoroso ‘Marubakaido’, tem o intuito de reduzir o crescimento vegetativo da copa, entretanto de forma menos drástica quando comparado ao seu uso diretamente como porta-enxerto, unindo características favoráveis de genótipos contrastantes em uma mesma planta (GRELLMANN, 1988; TSUNETTA; HAUAGGE, 1988). Já na produção de mudas cítricas, a interenxertia até o presente momento é pensada principalmente com a finalidade de viabilizar o uso de copas e porta-enxertos incompatíveis entre si. Isto se faz necessário, por exemplo, em combinações com a laranjeira ‘Pera’ e porta-enxertos trifoliatairos e seus híbridos, como os citrumeleiros e os citrangeiros. Nesse sentido, o uso do trifoliatairo ‘Flying Dragon’ como interenxerto entre porta-enxertos vigorosos tradicionais, tais como o limoeiro ‘Cravo’ e o citrumeleiro ‘Swingle’, e copas de formato colunar como a tangerineira ‘Ponkan’, pode propiciar o desenvolvimento de plantas de porte intermediário e ao mesmo tempo detentoras de características interessantes oriundas de genótipos contrastantes.

O uso da interenxertia visando a obtenção de plantas cítricas com tamanho intermediário, além de possibilitar o maior adensamento dos pomares em relação ao uso dos porta-enxertos tradicionais, poderá proporcionar também um sistema radicular mais vigoroso, com menores exigências quanto a suplementação hídrica e as necessidades nutricionais; além da obtenção de frutos com maior qualidade interna, visando o mercado *in natura*. Portanto, a possibilidade da compatibilização de características oriundas de diferentes genótipos (copa, interenxerto e porta-enxerto) em uma só planta, torna-se um viés de grande potencial para a citricultura visando os cenários atuais e futuros.

Assim, o presente trabalho visa avaliar e caracterizar os efeitos da interenxertia do genótipo ananizante ‘Flying Dragon’ sobre o crescimento e o desenvolvimento vegetativo inicial, bem como, as características fisiológicas e anatômicas da tangerineira ‘Ponkan’ enxertada sobre porta-enxertos vigorosos.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Citricultura brasileira

Oriundos do Sudeste Asiático, os citros englobam diversos gêneros: *Citrus*, *Fortunella*, *Microcitrus*, *Clymenia*, *Eremocitrus* e *Poncirus* (REUTHER et al., 1967). Os citros são cultivados em regiões tropicais e subtropicais em mais de 140 países, entre os quais China, Estados Unidos, México, Brasil, Índia, Espanha e Argentina destacam-se como os produtores mais significativos (RAO; XU, 2021). A introdução da citricultura no Brasil ocorreu por meio das primeiras expedições colonizadoras, as quais foram responsáveis por dispersar frutos e sementes de um local para outro (LOPES et al., 2011). Nos dias atuais, a citricultura é uma das atividades que mais se destaca em nível mundial dentro da fruticultura, sendo um dos setores de maior competitividade e potencial para o crescimento do agronegócio brasileiro (AMARAL, 2013).

No quesito diversidade genética, os citros detêm grande destaque. As frutas cítricas verdadeiras são pertencentes aos gêneros *Citrus*, *Poncirus*, *Fortunella*, *Microcitrus*, *Eremocitrus* e *Clymenia* (REUTHER et al., 1967). Entretanto, dentre todos os gêneros citados, somente os três primeiros apresentam relevância econômica, sendo o gênero *Citrus* o de maior importância comercial, em virtude da abrangência das principais variedades cultivadas, como laranjas (*Citrus sinensis*), tangerinas (diversas espécies, entre as quais destacam-se *Citrus reticulata*, *Citrus clementina*, *Citrus unshiu* e *Citrus deliciosa*), limões (*Citrus limon*), limas ácidas e doces, e dentre outras (LOPES et al., 2011).

Segundo dados de 2019, o Brasil ocupa a posição de maior produtor de laranjas e maior exportador de suco concentrado de laranja, com uma área colhida de 589.610 hectares, uma produção de 17,07 milhões de toneladas e um rendimento médio de 28,96 toneladas por hectare (FAO, 2021). Quanto a produção de tangerinas, o Brasil ocupa a sétima posição, apresentando uma área colhida de 52.800 hectares e uma produção de 984,9 mil toneladas (FAO, 2021). Em 2019, o Brasil exportou apenas 440 toneladas de tangerinas, representando menos de 0,05% da sua produção (FAO, 2021).

Dentre as regiões brasileiras produtoras de tangerinas, destacam-se as regiões sudeste e sul. O estado de São Paulo é o maior produtor brasileiro de tangerinas, com uma área colhida de 11.073 hectares e uma produção de 331.667 toneladas, em 2019. Já o estado de Minas Gerais, é o segundo maior produtor nacional, com uma produção de 210,5 mil toneladas e mais de 11,4 mil hectares. Em conjunto, os estados de São Paulo, Minas Gerais, Paraná e Rio Grande do Sul

são responsáveis por mais de 80% da produção e área colhida de tangerinas do Brasil (IBGE, 2021).

Enquanto cada grupo cítrico é composto por uma espécie específica, o grupo das tangerineiras é composto por várias espécies (FERMINO, 1997). Desta forma, as tangerineiras utilizadas como copa, podem ser categorizadas em diferentes grupos: Satsumas (*C. unshiu*), Comuns ou do Mediterrâneo (*C. deliciosa*), Ponkans (*C. reticulata*), Clementinas (*C. clementina*) e híbridos (entre diferentes espécies de tangerineiras; entre tangerineiras e laranjeiras, chamados tangoreiros; entre tangerineiras e pomeleiros, chamados tangeleiros; e hibridações mais complexas). Dentre as variedades de tangerinas cultivadas, a tangerineira ‘Ponkan’ (*Citrus reticulata* Blanco) é a mais popular e mais apreciada pelos brasileiros para o consumo *in natura*, tendo boa adaptação em regiões tropicais e subtropicais (BELO, 2017).

A tangerineira ‘Ponkan’ é caracterizada como uma planta de hábito de crescimento ereto, com maturação precoce a meia estação dos frutos, com casca pouco aderida aos gomos, sendo, assim, facilmente descascada, e seus frutos são muito aromáticos (PIO et al., 2005; SCHWARZ et al., 2018). Em geral, o seu suco corresponde a 43% da massa do fruto, com teores médios em torno de 10,8% de sólidos solúveis, 0,85% de acidez e 12,7 de razão sólidos solúveis/acidez (ratio) (BELO, 2017). A sua comercialização é voltada quase que exclusivamente para o mercado *in natura*, sendo, portanto, as características internas e externas dos seus frutos fatores de grande importância, visando uma melhor aparência, assim como uma melhor qualidade organoléptica dos mesmos (BELO, 2017).

2.2 Porta-enxertos e adensamento de pomares

As copas das plantas cítricas, mesmo apresentando comportamento próprio mediante às características genéticas e independente do efeito do clima, sofrem influência do porta-enxerto em que são enxertadas (PASSOS; BOSWELL, 1979; ROBERTO et al., 1992). A escolha do porta-enxerto é responsável por influenciar diversas características relacionadas à copa, tais como, resistência à patógenos, resposta à estresses bióticos e abióticos, produtividade e qualidade dos frutos produzidos (CASTLE et al., 1992). As interações entre o porta-enxerto e a copa são variáveis, podendo afetar diferentemente aspectos morfológicos, fisiológicas e anatômicos das plantas.

Dentre os porta-enxertos disponíveis na citricultura, o porta-enxerto mais utilizado no Brasil é o limoeiro ‘Cravo’ (*Citrus limonia* Osbeck), sendo o seu uso predominante desde o surto do vírus da tristeza dos citros no final da década de 1930 (CARVALHO et al., 2019). O

mesmo ocupa esse patamar devido à sua rusticidade, resistência à seca, boa compatibilidade de enxertia com diferentes tipos de copa, vigor, bem como pela indução de precocidade de entrada em produção e o alto rendimento de frutos às copas (POMPEU JÚNIOR, 2005; CARVALHO et al., 2019). Entretanto, principalmente devido às questões fitossanitárias, percebe-se um incremento na diversificação do uso de porta-enxertos, tornando o uso do citrumeleiro ‘Swingle’ muito expressivo nas últimas décadas (*C. paradisi* x *Poncirus trifoliata*) (CARVALHO et al., 2019).

De acordo com Carvalho *et al.* (2019), desde 2015, o porta-enxerto mais utilizado na produção de mudas em São Paulo é o citrumeleiro ‘Swingle’. Em 2016, 50% das aproximadamente 10,5 milhões de mudas produzidas nos viveiros de São Paulo, foram enxertadas neste porta-enxerto, enquanto apenas 33% foram enxertadas em limoeiro ‘Cravo’. As restantes foram enxertadas em tangerineira ‘Sunki’ (11,9%), *Poncirus trifoliata* (3,8%) e tangerineira ‘Cleópatra’ (1,2%) (SETIN, 2017).

O citrumeleiro ‘Swingle’ caracteriza-se por ser resistente à morte súbita dos citros (MSC), tolerante à gomose (*Phytophthora* sp.), ao nematóide dos citros (*Tylenchulus semipenetrans*) e a baixas temperaturas; as copas enxertadas sobre este, apresentam frutos com maiores teores de açúcares, proporcionando-lhes maior qualidade e a maturação dos mesmos, que ocorre mais tardiamente se comparado ao limoeiro ‘Cravo’ (RODRIGUES et al., 2010). Existe incompatibilidade quando se combina o mesmo com certas copas, como por exemplo, com clones de laranjeira ‘Pera’, algumas tangerineiras e limoeiros (POMPEU JÚNIOR, 2005; RODRIGUES et al., 2010). Porém, o citrumeleiro ‘Swingle’ é compatível com diversas variedades comerciais como ‘Hamlin’, ‘Bahia’, ‘Valência’, ‘Ponkan’ e ‘Natal’ (RODRIGUES et al., 2010).

Apesar dos pontos positivos quanto a escolha dos porta-enxertos tradicionais, o uso dos mesmos tem se mostrado menos eficiente nas densidades de plantios utilizadas atualmente. No cinturão citrícola, englobando os estados de São Paulo e o Triângulo/Sudoeste mineiro, os pomares cítricos tem demonstrado um incremento nas densidades de plantio, partindo de uma média de 342 árvores por hectare na década de 80, até 650 árvores por hectare, aproximadamente, nos últimos anos. Desde 2014, nota-se uma estabilização em densidades de plantio em torno de 650 árvores por hectare (FUNDECITRUS, 2019). Aparentemente, esta tendência de estabilização está associada a uma percepção de que os adensamentos utilizados chegaram ao limite possível, e que adensamentos excessivos podem acabar não proporcionando vantagens ao sistema de produção, na mesma medida em que proporcionam um alto incremento

de custo. Interessantemente, não houve um crescimento expressivo no uso de genótipos de porta-enxerto semi-ananizantes ou ananizantes (CARVALHO et al., 2019), fator este necessário para suportar plantios com maiores adensamentos.

Claramente, o adensamento de plantio proporciona vantagens relacionadas ao incremento da produtividade, retorno antecipado do investimento e quanto a permanência e maior competitividade dos pequenos e médios produtores no ramo da citricultura (STUCHI; GIRARDI, 2010). Os riscos de perdas por doenças são reduzidos, como é o caso do acometimento de pomares com o *Huanglongbing* (HLB), devido ao menor impacto da erradicação de plantas doentes. Além disso, a realização dos tratos culturais e da colheita são facilitadas, otimizando o uso de insumos e mão de obra (WEBSTER, 1995; POMPEU JÚNIOR; BLUMER, 2009; STUCHI; GIRARDI, 2010; LIMA et al., 2014).

No entanto, a tendência de plantios com altas densidades leva essencialmente, a maior necessidade de controle do tamanho das plantas, e sendo ideal que estas formas de controle tenham efeito mínimo nos custos de estabelecimento e manejo dos pomares. Dentre as formas de controle possíveis e viáveis economicamente, o uso de porta-enxertos com características semi-ananizantes e ananizantes é a mais indicada, sendo indispensável para plantios de pomares com altas densidade, sendo, portanto, necessário maiores investimentos em pesquisas propondo o desenvolvimento e conhecimento mais aprofundado em relação a estes tipos de porta-enxertos (BITTERS et al., 1979; STUCHI, 2005).

Os termos “ananizante” e “ananizante” são utilizados para caracterizar porta-enxertos capazes de reduzir o volume do dossel da copa nele enxertada em pelo menos 75% em relação à uma referência vigorosa, limitando assim a altura da árvore a 2,5 m na idade adulta (BITTERS et al., 1979). Dentre os porta-enxertos ananizantes disponíveis na citricultura, o mais utilizado é o ‘Flying Dragon’ (*Poncirus trifoliata* var. *monstrosa* (T. Ito) Swing.). Este caracteriza-se por ser uma seleção de uma mutação do trifoliato selecionada no Japão, a qual difere das demais plantas desta espécie pelo fenótipo de caule, sendo os seus ramos tortuosos e os seus espinhos curvos (CHENG; ROOSE, 1995). Essas características morfológicas dão identidade às plantas, sendo utilizadas como marcadores associados à sua capacidade ananizante, devido ao efeito de ligação gênica ou pleiotropia (CHENG; ROOSE, 1995).

Em relação aos possíveis mecanismos de ananizamento do ‘Flying Dragon’, tem-se que as copas enxertadas sobre o mesmo, desenvolvem fluxos de seiva reduzidos em relação às plantas enxertadas sobre o trifoliato comum (YONEMOTO et al., 2004). Há também, uma redução na condutividade hidráulica da região do porta-enxerto e no ponto de enxertia em relação aos trifoliato comuns, a qual está associada a menor densidade de elementos de

vasos de xilema na região do porta-enxerto, bem como uma restrição no fluxo de carboidratos para as raízes através da região da enxertia (MARTÍNEZ-ALCÁNTARA et al., 2013). Adicionalmente, trabalhos recentes indicam o *P. trifoliata* usado como porta-enxerto pode aumentar a desmetilação do DNA e a quantidade de RNAs de 24 nucleotídeos (*24-nt small RNAs*) produzidos na copa, em relação a esta copa quando enxertada sobre ela mesma (HUANG et al., 2021).

O comportamento do trifoliateiro ‘Flying Dragon’ como porta-enxerto em relação a qualidade dos frutos e resistência a doenças é equivalente ao de outras linhagens de *Poncirus trifoliata*. Os frutos apresentam maior qualidade devido ao maior acúmulo de sólidos solúveis, resistência aos nematoides dos citros, a gomose (*Phytophthora*), a tristeza e a morte súbita dos citros, além de boa adaptação a solos pesados (DONADIO; STUCHI, 2001; YONEMOTO et al., 2004; POMPEU JÚNIOR, 2005). Adicionalmente, há relatos de que o uso de alguns clones e híbridos de *Poncirus trifoliata* como porta-enxertos proporcionam resistência ou tolerância à multiplicação do patógeno causador HLB, podendo o seu uso ser uma fonte potencial para estudos futuros relacionados ao combate de tal doença (ALBRECHT; BOWMAN, 2012; BOAVA et al., 2015).

Em relação ao desempenho de tangerineiras do grupo ‘Ponkan’, o trifoliateiro ‘Flying Dragon’ gera uma redução em torno de 65% do volume da copa em relação as plantas enxertadas em limoeiro ‘Cravo’, propiciando incremento na eficiência produtiva, sendo assim recomendado para pomares de alta densidade (GONZATTO et al., 2011; SILVA et al., 2013). Para a tangerineira ‘Oneco’, o uso do porta-enxerto ‘Flying Dragon’ incrementa o acúmulo de sólidos solúveis em relação às plantas enxertadas em limoeiro ‘Cravo’, tornando sua maturação mais tardia do que àquelas plantas enxertadas em limoeiro ‘Cravo’ e em citrumeleiro ‘Swingle’, entretanto, o calibre dos frutos é reduzido (GONZATTO et al., 2011).

O uso de porta-enxertos ananizantes para plantios de alta densidades, como mencionado, possibilita vantagens em relação ao manejo dos pomares, como a não necessidade de podas periódicas com finalidade de redução do porte das plantas (POMPEU JÚNIOR, 2001; BLUMER, 2005). Contudo, todos os porta-enxertos ananizantes de citros são trifoliateiros ou híbridos, havendo registros de incompatibilidade com copas como a laranjeira ‘Pêra’ e o tangoreiro ‘Murcott’, além de possuírem um sistema radicular pouco vigoroso (POMPEU JÚNIOR, 2001). Desta forma, a implantação de pomares cítricos sobre porta-enxertos ananizantes exige a presença de um sistema de irrigação, principalmente em regiões marcadas

por períodos secos, incrementando ainda mais o custo de implantação dos pomares, que já é alto.

2.3 Interenxertia em citros

A técnica de interenxertia caracteriza-se pela inserção de um fragmento de uma planta (filtro) entre a copa e o porta-enxerto, sendo este compatível com ambos (FACHINELLO et al., 2005). Posteriormente à essa inserção, a planta interenxertada apresentará duas regiões de enxertia distintas e três partes geneticamente diferentes, sendo estas: porta-enxerto, interenxerto e enxerto (HARTMANN; KESTER, 2011). Tal prática é utilizada quando deseja-se contornar o efeito de incompatibilidade entre copas e porta-enxertos, ou quando o interenxerto possuiu características não existentes na copa, nem no porta-enxerto, como por exemplo, capacidade de reduzir o porte das plantas (FACHINELLO et al., 2005; HARTMANN; KESTER, 2011).

Na citricultura, a interenxertia é pensada com intuito de reduzir os problemas de incompatibilidade entre copas e porta-enxertos na produção de mudas, a qual ocorre por exemplo, em combinações entre o citrumeleiro ‘Swingle’ com clones de laranjeira ‘Pera’, tangerineiras, híbridos, limoeiros (POMPEU JÚNIOR, 2005; GIRARDI; MOURÃO FILHO, 2006). Para a produção da laranjeira ‘Pera’ sobre o citrumeleiro ‘Swingle’, a prática de interenxertia de outro enxerto de laranja doce, como por exemplo a ‘Valência’, possibilita esta produção em regiões onde o risco de ocorrência de morte súbita dos citros é alto, sendo não recomendado o uso do limoeiro ‘Cravo’ (JESUS JUNIOR; BASSANEZI, 2004; GIRARDI; MOURÃO FILHO, 2006; CARVALHO et al., 2011).

Além do uso de genótipos ananizantes como porta-enxerto, existe também a possibilidade do uso destes como interenxerto, como é comercialmente utilizado na cultura da macieira em pomares de alta densidade, sendo o porta-enxerto ‘M.9’ (*East Malling*) usado como filtro sobre o porta-enxerto vigoroso ‘Marubakaido’ (SELEZNYOVA et al., 2008; DI VAIO et al., 2009; MARCON FILHO et al., 2009; PASA et al., 2016). A realização da interenxertia do ‘M.9’ sobre o ‘Marubakaido’, é responsável por reunir as principais características de ambos porta-enxertos, permitindo que a planta interenxertada apresente características oriundas do ‘M.9’, como nanismo, precocidade de frutificação e produção de frutas com maior qualidade, e também características referentes ao ‘Marubakaido’, como sistema radicular profundo, resistência ao pulgão-lanígero e a podridão do colo (GRELLMANN, 1988; TSUNETTA; HAUAGGE, 1988).

O trabalho desenvolvido por Iwasaki et al. (1961) foi um dos pioneiros relacionando a técnica de interenxertia em citros, no qual utilizou-se a tangerineira ‘Satsuma’ (*Citrus unshiu*) interenxertada em três diferentes genótipos de tangerinas, sendo estes genótipos, ‘Satsuma’ (*C. unshiu*), ‘Yuzu’ (*Citrus junos*) e ‘Tachibana’ (*Citrus tachibana*), sobre o porta-enxerto *Poncirus trifoliata*. Entretanto, pesquisas relacionadas à interenxertia utilizando genótipos ananizantes como interenxerto com a finalidade de redução de tamanho de plantas ainda são escassas na citricultura, sendo necessário mais estudos a respeito de tal.

Sabe-se que a presença de interenxerto interfere no funcionamento da planta de variadas formas, afetando a translocação de água e nutrientes, a produção de reguladores vegetais e outras substâncias, provocando efeito sobre o crescimento, florescimento e frutificação (SCARPARE FILHO et al., 2000; HARTMANN; KESTER, 2011; GILL; SINGH, 2014). O uso da interenxertia também pode ser responsável pela indução de tolerância à certas condições de estresses abióticos, como o estresse salino (GIMENO et al., 2009). Estudos demonstram o efeito da presença do interenxerto nas plantas em diversas culturas, como por exemplo em macieiras e pessegueiros, interferem nas propriedades hidráulicas, na atividade enzimática e produção de fitohormônios das plantas (TOMBESI et al., 2010; JENSEN et al., 2012).

Na cultura da macieira (*Malus × domestica* Borkh.), segundo o estudo proposto por Richards et al. (1986), o uso do interenxerto foi responsável por modificar o metabolismo e a distribuição das giberelinas, reduzindo a quantidade desses fitorreguladores produzidos nas folhas e ramos, influenciando conseqüentemente na redução do crescimento das plantas. Segundo Sampaio (1993), o uso do *Poncirus trifoliata* como interenxerto para laranjeira doce ‘Valência’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’, gerou plantas com menor tamanho, atrasando o início da frutificação e reduzindo a produção de frutos por árvore após oito anos de plantio. Redução similar de crescimento da copa foi observada em tangerineira ‘Satsuma’ interenxertada com a tangerineira ‘Yuzu’, em *Poncirus trifoliata* (IWASAKI et al., 1961).

Yonemoto et al. (2004), ao avaliarem a tangerineira ‘Shirakawa Satsuma’ (*Citrus unshiu*) interenxertada com ‘Flying Dragon’ e enxertada em *Poncirus trifoliata*, obtiveram fluxos de seiva intermediários nos ramos da copa em relação às plantas somente enxertadas em ‘Flying Dragon’ ou em *Poncirus trifoliata*. As plantas enxertadas somente em ‘Flying Dragon’, obtiveram fluxos de seiva ainda mais reduzidos do que as enxertadas em *Poncirus trifoliata*, denotando uma possível explicação para a capacidade ananizante deste porta-enxerto. Os valores de sólidos solúveis nos frutos das plantas interenxertadas também foram intermediários em relação às plantas enxertadas somente em um dos porta-enxertos.

Além dos efeitos relacionados a redução do crescimento das plantas, estudos também relatam a influência da interenxertia quanto às características fisiológicas inerentes as plantas. Segundo Kamiloglu e Yesiloglu (2014), ao usarem a laranjeira ‘Navelina’ interenxertada com ‘Flying Dragon’ e enxertada em laranjeira ‘Azeda’, além de se observar a redução do tamanho das plantas, foi observado também o incremento da assimilação líquida de CO₂ nas plantas interenxertadas. Segundo o estudo proposto por Wang *et al.* (2020), ao utilizarem como copa a variedade ‘Yuanxiaochun’, interenxertada com variedades de tangerinas e enxertada em *P. trifoliata*, foram observados efeitos contrastantes em relação ao crescimento, desenvolvimento e características fotossintéticas da copa. Incrementos na assimilação líquida de CO₂ e na densidade e condutância estomática, foram obtidos quando se utilizou como interenxerto a tangerineira ‘Ponkan’ e o cunquateiro (*Fortunella margarita* Lour. Swingle).

Ainda são pouco investigados e escassos os estudos referentes aos desdobramentos em torno do uso da técnica de interenxertia em citros utilizando genótipos ananizantes, visando a redução de tamanho das plantas. Portanto, em vista do cenário em que a citricultura se encontra e pensando nos cenários futuros, a caracterização e avaliação de possíveis interações fisiológicas e anatômicas, e seus respectivos efeitos no crescimento e desenvolvimento dos diferentes materiais utilizados, apresentam significativo potencial para a pesquisa e devem ser melhor investigados.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local de execução do experimento, genótipos utilizados, forma de propagação e tratamentos

O experimento foi executado no período de fevereiro de 2019 a abril de 2021 em casas de vegetação do Setor de Fruticultura do Departamento de Agronomia da Universidade Federal de Viçosa (UFV), localizadas na Unidade de Ensino Pesquisa e Extensão (UEPE) Pomar do Fundão situado na cidade de Viçosa, Minas Gerais, Brasil. Todos os materiais utilizados foram oriundos do matrizeiro da UEPE Pomar do Fundão e da coleção de porta-enxertos de citros do Setor de Fruticultura do Departamento de Agronomia da Universidade Federal de Viçosa (UFV).

Como copa, utilizou-se a tangerineira ‘Ponkan’ (*Citrus reticulata* Blanco). Quanto aos porta-enxertos, foram utilizadas variedades vigorosa, semi-vigorosa e ananizante, sendo estas respectivamente, o limoeiro ‘Cravo’ (*C. limonia*), o citrumeleiro ‘Swingle’ (*P. trifoliata* x

Citrus paradisi Macf.) e o trifoliateiro ‘Flying Dragon’ (*P. trifoliata* var. *monstrosa* (T. Ito) Swing.). O trifoliateiro ‘Flying Dragon’ também foi utilizado como interenxerto.

A propagação da copa e do interenxerto foi realizada via borbulhia de “T” invertido sobre os porta-enxertos, os quais foram propagados via semente. A união do interenxerto ao porta-enxerto foi realizada via garfagem de fenda cheia.

O experimento foi composto por um total de 9 tratamentos descritos conforme a Tabela 1 (Figura 1A). Os tratamentos de enxertia da tangerineira ‘Ponkan’ sobre o trifoliateiro ‘Flying Dragon’ (FD), o limoeiro ‘Cravo’ (C) e o citrumeleiro ‘Swingle’ (S) foram utilizados como controles para fins de posteriores comparações quanto às variáveis biométricas, fisiológicas e anatômicas. Os tratamentos de interenxertia são caracterizados por interenxertos com comprimentos de 5, 10 e 15 cm entre a copa (tangerineira ‘Ponkan’) e os porta-enxertos (limoeiro ‘Cravo’ e citrumeleiro ‘Swingle’) (Figura 1A e B).

Tabela 1. Siglas e genótipos utilizados como interenxertos e porta-enxertos para a tangerineira ‘Ponkan’. Viçosa, MG.

Tratamento	Copa	Interenxerto (comprimento)	Porta-enxerto
FD	‘Ponkan’	-	‘Flying Dragon’
C	‘Ponkan’	-	‘Cravo’
S	‘Ponkan’	-	‘Swingle’
FD-5/C	‘Ponkan’	‘Flying Dragon’ (5 cm)	‘Cravo’
FD-10/C	‘Ponkan’	‘Flying Dragon’ (10 cm)	‘Cravo’
FD-15/C	‘Ponkan’	‘Flying Dragon’ (15 cm)	‘Cravo’
FD-5/S	‘Ponkan’	‘Flying Dragon’ (5 cm)	‘Swingle’
FD-10/S	‘Ponkan’	‘Flying Dragon’ (10 cm)	‘Swingle’
FD-15/S	‘Ponkan’	‘Flying Dragon’ (15 cm)	‘Swingle’

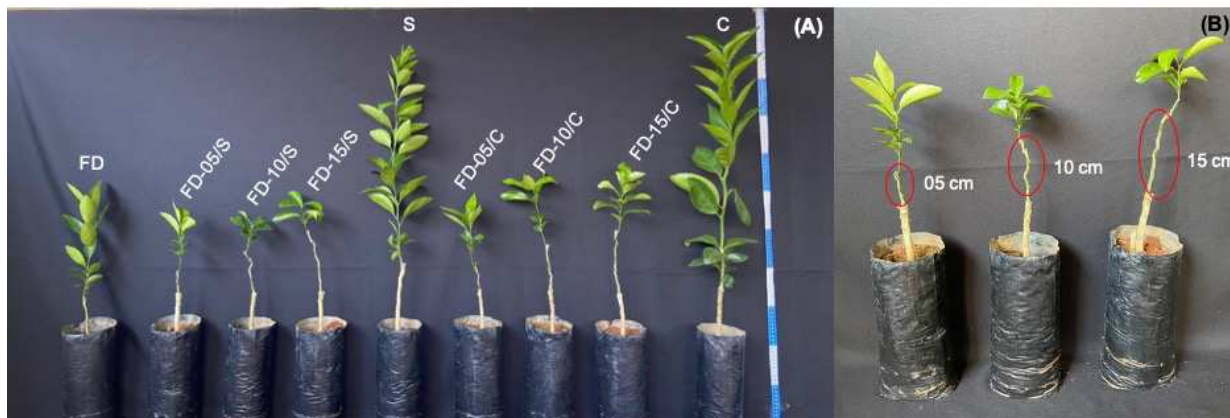


Figura 1. Mudanças de tangerineira ‘Ponkan’ enxertadas sobre limoeiro ‘Cravo’ e citrumeleiro ‘Swingle’ com diferentes comprimentos de interenxerto ‘Flying Dragon’ (composição dos 9 tratamentos utilizados no experimento) (A) e mudanças de tangerineira ‘Ponkan’ enxertadas sobre citrumeleiro ‘Swingle’ com comprimentos de 5, 10, e 15 cm de interenxerto ‘Flying Dragon’ (B). Viçosa, MG.

3.2 Produção das mudas e realização das interenxertias

Em 10/04/2019, sementes dos porta-enxertos ‘Cravo’ (C), ‘Swingle’ (S) e ‘Flying Dragon’ (FD) foram semeados em tubetes de polietileno com capacidade de 50 cm³. Na data 21/08/2019, quando estes atingiram por volta de 15 cm de altura, foram repicados para sacos plásticos de 3 L de volume. Para o desenvolvimento das plantas em tubetes, foi utilizado substrato comercial Mec Plant[®], enquanto que para o desenvolvimento após a repicagem, foi utilizado substrato composto de 60% solo, 20% areia e 20% esterco de aves curtido, acrescido de 2,2 kg de superfosfato simples a cada 100 L de substrato.

Quando as plantas atingiram um diâmetro de tronco de aproximadamente 7 mm, foram realizadas as enxertias por borbulhia da copa ‘Ponkan’ em cada um dos três porta-enxertos a uma altura de 15 cm a partir do colo da planta, sendo estas realizadas no período do dia 12/02/20 ao 14/02/2020, resultando respectivamente os tratamentos FD, C e S (Tabela 1). Para a posterior obtenção dos tratamentos com interenxertia (FD-5/C, FD-5/S, FD-10/C, FD-10/S, FD-15/C e FD-15/S), foi realizada uma quantidade extra de borbulhais de ‘Ponkan’ sobre o porta-enxerto de ‘Flying Dragon’ a 20 cm de altura do colo, no período do dia 17/02/2020 ao 21/02/2020. Todas as mudas foram produzidas e mantidas em casa de vegetação, sendo as regiões das enxertias envolvidas com fita plástica, para que ocorresse a cicatrização entre a borbulha e o porta-enxerto. Após a constatação do pegamento, a fita plástica foi retirada.

No momento em que a copa das plantas enxertadas em ‘Flying Dragon’ apresentava folhas plenamente desenvolvidas, as plantas interenxertadas foram produzidas. As plantas de tangerineira ‘Ponkan’ enxertadas em ‘Flying Dragon’ foram cortadas na altura do colo. Esses materiais foram enxertados sobre os porta-enxertos limoeiro ‘Cravo’ e citrumeleiro ‘Swingle’ (semeados em 10/04/2019) por garfagem de fenda cheia, à 10 cm do colo da planta (Tabela 1)

(Figura 2C e D). Essas garfagens foram realizadas mantendo 5, 10 e 15 cm de comprimento de interenxerto ('Flying Dragon', Figura 1B) entre a copa e o porta-enxerto, resultando nos tratamentos FD-5/C, FD-5/S, FD-10/C, FD-10/S, FD-15/C e FD-15/S (Tabela 1). Essas enxertias foram realizadas no período de 02/06/2020 ao 05/06/2020.

Após a realização da garfagem para gerar as plantas interenxertadas, foi colocado um saco plástico de polietileno, envolvendo a copa e o interenxerto, possibilitando assim a formação de uma câmara úmida no local, garantindo o posterior pegamento e evitando a exposição ao ataque de possíveis patógenos e doenças (Figura 2E). A partir da realização das garfagens, todas as plantas interenxertadas foram retiradas da casa de vegetação, sendo mantidas em uma área coberta e sem exposição direta ao sol, evitando possíveis estresses e interferindo no sucesso das enxertias (Figura 2F).



Figura 2. Produção das plantas interenxertadas. Porta-enxerto sendo cortado a 10 cm do colo da planta (A), limpeza do porta-enxerto (B), realização da interenxertia por garfagem de fenda cheia com interenxerto de 5 cm de 'Flying Dragon' (C e D), adição de saco plástico cobrindo a área onde foi realizada a interenxertia (E) e alocação das plantas interenxertadas em área coberta sem exposição direta ao sol (F), na Unidade de Ensino Pesquisa e Extensão (UEPE) Pomar do Fundão, Viçosa, MG.

Quando o efetivo pegamento de todas as plantas interenxertadas (tratamentos FD-5/C, FD-5/S, FD-10/C, FD-10/S, FD-15/C e FD-15/S) foi constatado, retirou-se o saco plástico (27/07/2020) e após aproximadamente 15 dias, as mesmas foram recolocadas dentro da casa

de vegetação junto com as demais plantas (tratamentos FD, C e S), sendo realizada a abertura do sombrite (11/08/2020).

Todas as enxertias foram realizadas por um mesmo operador capacitado para a execução de tal prática, dentro de uma estufa de produção de mudas, utilizando tesoura de poda e canivete de enxertia devidamente esterilizados.

3.3 Montagem e execução do experimento

Após a realização de todos os procedimentos e obtenção das mudas para todos os tratamentos, as plantas foram selecionadas de modo a serem padronizadas por tamanho e vigor. As plantas selecionadas foram reorganizadas para a montagem do experimento (28/09/2020) (Figura 3).

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados (DBC), com 9 tratamentos, 4 repetições (blocos) e 4 plantas por unidade experimental, em esquema fatorial com um tratamento adicional – $(2 \times 4) + 1$ –, constando de dois porta-enxertos (C e S), quatro comprimentos de interenxerto – “sem interenxertia” (0 cm), “pequeno” (5 cm), “médio” (10 cm) e “grande” (15 cm) –, e um tratamento adicional (FD) (Figura 3).



Figura 3. Experimento montado na casa de vegetação do setor de Fruticultura junto ao Departamento de Agronomia da Universidade Federal de Viçosa (UFV). Viçosa, MG.

3.4 Irrigação, manejo fitossanitário e tratos culturais

A irrigação de todas as plantas foi realizada manualmente, mantendo a disponibilidade hídrica próxima à capacidade de campo do recipiente, com regas em intervalos de no máximo de 2 dias.

O manejo fitossanitário e adubação foram realizados periodicamente. Aplicações de inseticidas, acaricidas e fungicidas foram realizadas, respeitando um intervalo de 7 a 15 dias, dependendo do produto aplicado. Entre os princípios ativos usados, estão: clorpirifós, abamectina, imidacloprid, fosetyl-Al e enxofre. Além disso, na maior parte das pulverizações foi adicionado óleo mineral (0,25%). Foi aplicado também pasta cúprica com oxiclureto de cobre na região do corte do porta-enxerto e nas regiões de interenxertia.

A adubação nitrogenada foi realizada com uréia na concentração de 3 g L⁻¹ de água e os micronutrientes aplicados foram o sulfato de Zn, sulfato de Mg, ácido bórico e sulfato de Cu nas doses de 30, 15, 10 e 5 g 10 L⁻¹ de água, respectivamente, via foliar.

Relizou-se, continuamente, o controle manual de plantas espontâneas e a desbrota no porta-enxerto e interenxerto, evitando competição e possível interferência no crescimento das mudas. O tutoramento das mudas foi realizado com tutor metálico e barbante à medida que as mesmas foram crescendo e tornou-se necessário o uso do mesmo.

3.5 Avaliações realizadas

3.5.1 Variáveis biométricas

Ao longo do crescimento das mudas foi realizado a mensuração do comprimento da brotação e do número de folhas (dados não apresentados). Além disso, avaliou-se o percentual de mudas formadas em relação as mudas enxertadas. A eficiência inicial da enxertia de borbúlia foi de 97,8, 96,7 e 97,8%, para as enxertias da tangerineira ‘Ponkan’ em ‘Cravo’, em ‘Swingle’ e em ‘Flying Dragon’, respectivamente. No entanto, aos 200 dias após a enxertia (200 DAE), apenas 86,7, 72,2 e 74,4% desenvolveram-se significativamente (mais que duas folhas expandidas por planta), respectivamente. Já em relação a enxertia de garfagem, a eficiência foi de 100%.

Em 09/03/2021, aos 690 dias após a semeadura dos porta-enxertos (690 DAS) e 381 dias após a enxertia da copa (381 DAE), avaliou-se o comprimento da brotação da copa a partir da enxertada de borbúlia (Henx, cm), o número de folhas total (NFt, planta⁻¹) e a área foliar total (AFt, cm²) de cada planta. Também foram mensuradas essas três variáveis para a parte da copa que ultrapassasse 60 cm acima do colo da planta (devido as plantas terem sido submetidas ao desponte nesse momento). Por diferença em relação aos valores totais, obteve-se os valores até 60 cm de altura da copa para as variáveis comprimento de brotação da copa (Henx₆₀), número de folhas (NF₆₀) e área foliar (AF₆₀). A área foliar foi mensurada com o auxílio de um sistema medidor de área foliar Windias marca Delta-T Devices e software Windias 2.0. Para a

realização dessas medições, foram retiradas plantas de três blocos, uma planta por unidade experimental, totalizando 27 plantas.

As determinações da massa fresca (MF) e da massa seca (MS), expressas em gramas, também foi realizada na mesma data (09/03/2021). Para tanto, as plantas foram separadas em diferentes partes, sendo estas: folhas, caule da copa, interenxerto (quando existente), porta-enxerto (caule) e raízes. Todas estas partes foram pesadas separadamente em balança de precisão Núcleo NC-5000 (precisão de 0,1 g) e posteriormente acondicionadas em sacos de papel devidamente identificados. As amostras foram desidratadas a 65°C em estufa com circulação de ar forçada até massa constante. A determinação da massa seca foi realizada quando a amostra atingiu valores constantes.

Quanto às raízes, após a cuidadosa lavagem, o excesso de água foi retirado com o auxílio de papel toalha, sendo colocadas para secar à sombra. Posteriormente, realizou-se a determinação da massa fresca. Antes que a massa seca fosse determinada, as raízes foram segmentadas de forma a caber na bandeja do scanner de mesa EPSON EU88 com dimensões 25 cm × 40 cm × 7 cm (largura × comprimento × altura), para que fossem realizadas as análises morfométricas por análise de imagem. A segmentação foi feita em até 3 partes, dependendo do volume de raízes de cada planta, evitando possíveis sobreposições. Já acondicionadas na bandeja com água suficiente para que estas ficassem submersas, realizou-se a digitalização das mesmas, sendo as informações das imagens processadas pelo software WinRhizoPro 2009 (Basic, Reg, Pro e Arabidopsis for Root Measurement). As variáveis estimadas foram: diâmetro médio (DmR, cm), volume (VR, cm³), comprimento (CR, cm), área superficial (ASR, cm²), bifurcações (BifR, planta⁻¹) e pontas (PonR, planta⁻¹) de raízes.

Após a finalização das medições realizadas pelo WinRhizo, o excesso de água das raízes foi retirado com uso de papel toalha e elas foram acondicionadas em sacos de papel e levadas para secar a 65°C em estufa com circulação de ar forçada até massa constante. Posteriormente, foi realizada novamente a pesagem do material, efetivando a determinação da massa seca.

A partir dessa metodologia foram obtidos e/ou calculados os seguintes valores (todos estes expressos em gramas):

- a) Massa fresca (MFF) e seca (MSF) de folhas;
- b) Massa fresca (MFC) e seca (MSC) de caule da copa;
- c) Massa fresca (MFInt) e seca (MSInt) de interenxerto;
- d) Massa fresca (MFPE) e seca (MSPE) de porta-enxerto (caule);
- e) Massa fresca (MFR) e seca (MSR) de raízes;

- f) Massa fresca ($MF_{enx} = MFF + MFC$) e seca ($MS_{enx} = MSF + MSC$) da copa;
- g) Massa fresca ($MFPA = MF_{enx} + MF_{Int} + MFPE$) e seca ($MSPA = MS_{enx} + MS_{Int} + MSPE$) da parte aérea;
- h) Massa fresca ($MFt = MFPA + MFR$) e seca ($MSt = MSPA + MSR$) total da planta;

Por meio dos valores acima descritos, calculou-se as razões entre a parte aérea e as raízes com base na massa fresca ($MFPA/MFR$) e seca ($MSPA/MSR$). Calculou-se também a área foliar média das folhas ($AFi = AFt/NFt$, cm^2 folha⁻¹); a massa fresca ($MFFi = MFF/NFt$, g folha⁻¹) e seca média das folhas ($MSi = MSF/NFt$, g folha⁻¹); e a massa fresca ($MFFe = MFF/AFt$, g cm^{-2}) e seca específica das folhas ($MFFe = MFF/AFt$, g cm^{-2}). Além disso, calculou-se também a partição percentual de massa seca das diferentes partes da planta (folhas, caule, interenxerto, porta-enxerto e raízes) em relação à massa seca total (MSt).

3.5.2 Variáveis anatômicas

Em 19/01/2021, aos 570 dias após a semeadura dos porta-enxertos (570 DAS) e 261 dias após a enxertia da copa (261 DAE), foram amostradas plantas de três blocos, uma planta por unidade experimental, totalizando 27 plantas. Nessas plantas foram amostradas, com uso de tesoura de poda, seções de 3 cm do caule da copa (5 cm acima do ponto de enxertia por borbulhia), do interenxerto (região central entre as enxertias de borbulhia e de garfagem) e do porta-enxerto (região central entre o colo e a enxertia de garfagem). Nos tratamentos FD, C e S, devido a ausência do interenxerto, a coleta foi restrita à copa e ao porta-enxerto.

3.5.2.1 Processamento das amostras oriundas da copa

O processamento e os cortes transversais das amostras oriundas da copa foram realizados no laboratório de Anatomia Vegetal e Morfogênese no Departamento de Biologia Vegetal da Universidade Federal de Viçosa (UFV), de acordo com os procedimentos de rotina para o processamento das amostras. As amostras de seções transversais do caule foram fixadas em FAA50 (formalina, ácido acético, etanol 50%; 5: 5: 90), em volume equivalente a 10 vezes o volume da amostra, por 48 h sob vácuo. Posteriormente as amostras foram lavadas e estocadas em etanol 70%.

Posteriormente, as amostras foram desidratadas em série etílica 85%, 95% e 98% por período de 2 h em cada etapa. As amostras foram transferidas para solução de etanol 95% e resina pura (Historesin Leica, preparada conforme instrução do fabricante), na proporção de 1:1

(v:v), sendo levadas à geladeira durante um período aproximado de 30 dias e, em seguida, para solução pura de metacrilato (Historesin, Leica), onde permaneceram por mais 30 dias em geladeira a 8 °C. As amostras foram emblocadas em resina pura acrescida de polimerizador, acondicionadas em moldes plásticos (histomoldes) (Figura 4A). Posteriormente, esses moldes foram colocados em estufa a 35 °C durante 7 dias e afixados em blocos de madeira com adesivo universal Super Bonder® (Figura 4B).

Os cortes foram realizados transversalmente (10 µm de espessura) em micrótomo de avanço automático (RM 2265, Leica) com o uso de navalhas de vidro (Figura 4C). À medida que foram sendo produzidos, os cortes foram colocados em um recipiente contendo água quente até que as lâminas histológicas fossem preparadas. Após a organização dos cortes na lâmina e posterior secagem das mesmas, foi realizado o processo de coloração, utilizando o corante azul de toluidina (0,05% e pH 4,0) (Figura 4D e E). O processo de coloração foi realizado através da submersão das lâminas no corante durante 5 minutos, sendo realizadas posteriores lavagens consecutivas com água, para retirada do excesso de corante (Figura 4E). As lâminas foram vedadas com lamínula e adição da resina sintética (Permount, Fisher Scientific, EUA) (Figura 4F).

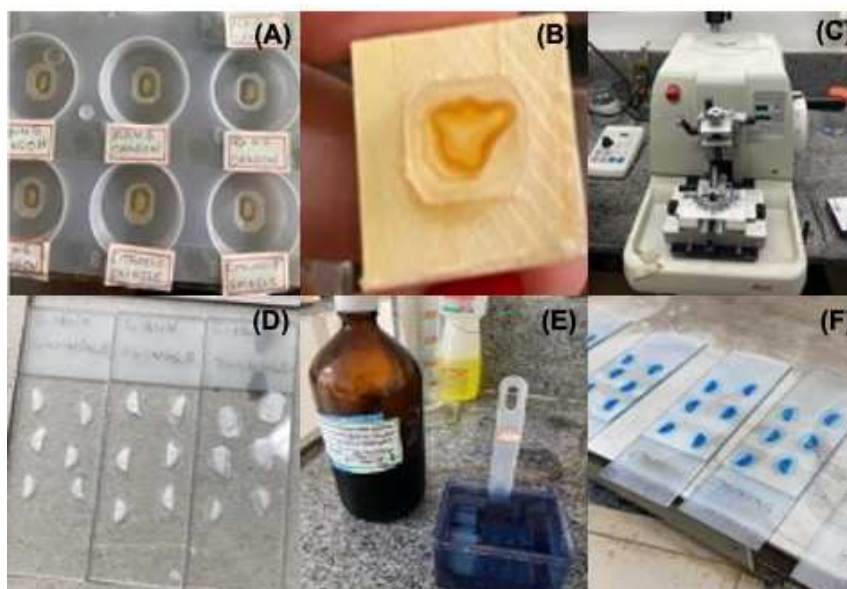


Figura 4. Sequência da inclusão até a montagem das lâminas com os cortes das amostras. Amostras acondicionadas em histomoldes com resina pura acrescida de polimerizador para serem levadas para estufa (A), amostras emblocadas afixadas em blocos de madeira (B), realização dos cortes transversais com 10 µm de espessura através de micrótomo automático (C), cortes transversais organizados nas lâminas histológicas (D), processo de coloração das lâminas (E) e lâminas finalizadas (F). Viçosa, MG.

Foram produzidas por tratamento duas lâminas contendo seis cortes. Foram coletadas plantas de três blocos (três plantas por tratamento), totalizando 54 lâminas produzidas. De cada lâmina produzida, foram selecionados os melhores cortes para a documentação fotográfica e posterior análise de histometria, sendo estas lâminas representativas das 27 plantas avaliadas.

3.5.2.2 Processamento das amostras oriundas do interenxerto e porta-enxerto

As amostras oriundas do interenxerto e do porta-enxerto, devido ao maior crescimento em espessura, produção de xilema e lignificação, foram cortadas a fresco, no Departamento da Anatomia da Madeira da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), no campus de Jerônimo Monteiro. Os cortes foram realizados em secções transversais por meio do micrótomo automático Leica SM 2000R com navalha de aço (Figura 5A e B). Os cortes foram acondicionados em lâminas com glicerina, evitando que desidratassem até que o preparo das lâminas histológicas fosse efetivado no laboratório de Anatomia Vegetal e Morfogênese no Departamento de Biologia Vegetal da Universidade Federal de Viçosa (UFV) (Figura 5C).

Antes do processo de coloração, foi realizada a lavagem dos cortes com água, para que todo o excesso de glicerina fosse retirado. Após essa lavagem, iniciou-se o processo de coloração com o corante azul de toluidina (0,05% e pH 4,0), deixando-os submersos por 10 min (O'BRIEN; MCCULLY, 1981) (Figura 5D). Posteriormente, foi realizada a tríplice lavagem dos cortes com álcool 70%, para que o excesso do corante fosse retirado e estes pudessem ser organizados nas lâminas (Figura 5E). As lâminas foram montadas e vedadas com lamínula em adição de gelatina acrescida de fenol (Figura 5F).

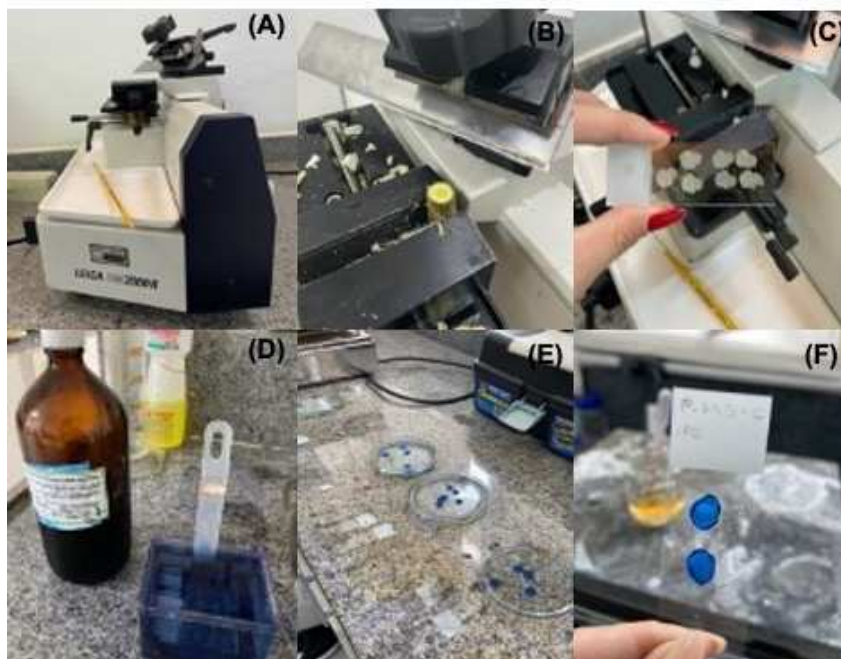


Figura 5. Micrótopo Leica SM 2000R com navalha de aço (A), cortes transversais sendo realizados (B), cortes acondicionados em lâminas histológicas acrescido de glicerina (C), coloração das lâminas (D), tríplex lavagem com álcool 70% dos cortes (E) e lâmina finalizada (F). Viçosa, MG.

Quanto as amostras referentes ao interenxerto e porta-enxerto, foram produzidas três lâminas por tratamento, contendo três cortes por lâmina, totalizando 81 lâminas produzidas para cada posição. De cada lâmina produzida, foram selecionados os melhores cortes para a documentação fotográfica e posterior análise de histometria, sendo estas lâminas representativas das diferentes posições (interenxerto e porta-enxerto) das 27 plantas avaliadas.

3.5.2.3 Produção e processamento das imagens

As imagens dos cortes foram obtidas em câmera fotográfica digital (AxioCam HRc, Zeiss, Alemanha) e microcomputador com programa de captura de imagens (Axio Vision, Zeiss, Alemanha), acoplados a um microscópio de luz (AX-10, Scope.A1, Zeiss, Alemanha) (Figura 6A).

Para os cortes oriundos da copa, do interenxerto e do porta-enxerto, foram selecionados três cortes referentes à cada tratamento dos três blocos. A partir de cada corte transversal, foram obtidas três imagens, totalizando nove unidades amostrais por tratamento. As imagens foram obtidas em objetiva de aumento de 10x, sendo estas fotografadas na área periférica dos cortes, de forma a padronizar o local de onde a unidade amostral foi fotografada (Figura 6B e e C).

A região amostrada do xilema correspondeu à porção do tecido produzida após a interenxertia, estando localizada na parte mais periférica do corte. Essa região foi determinada

com base em características histológicas dos cortes referentes às intersecções do porta-enxerto com o interenxerto, e do interenxerto com copa (enxerto).

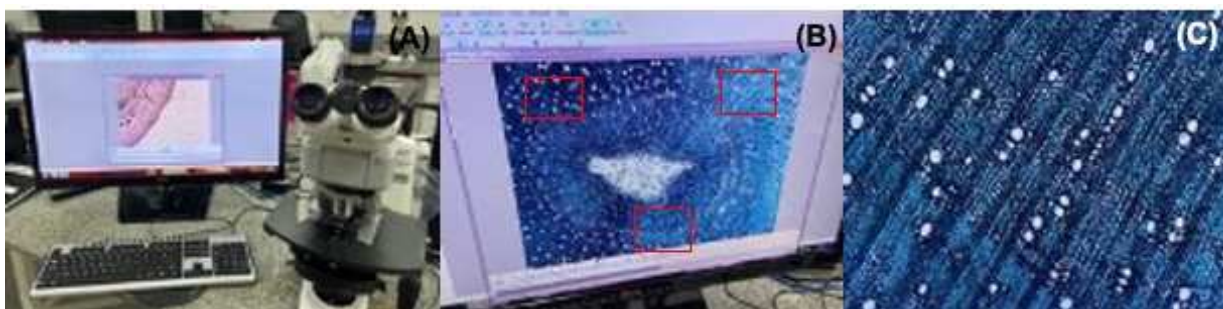


Figura 6. Produção e processamento de imagens (A), padronização do local de onde a unidade amostral foi fotografada (B), unidade amostral de um corte oriundo da copa (C). Viçosa, MG.

As fotos foram analisadas e as medições realizadas por meio do software para análise de imagens Image Pro Plus (Media Cybernetics).

A partir das imagens foram mensuradas as seguintes variáveis:

a) Densidade dos elementos de vasos por área de xilema (DVX, n° mm⁻²), calculada pela divisão entre o número total de elementos de vasos contados em uma determinada área do xilema;

b) Diâmetro médio dos elementos de vaso do xilema (Dm, μm), calculado pela média de dois diâmetros (transversal e longitudinal) de cada elemento de vaso;

c) Razão entre a área de elementos de vasos e a área de xilema (Av/Ax);

d) Condutividade hidráulica teórica específica por área de xilema (KHT, kg m⁻¹ MPa⁻¹ s⁻¹), calculada pela seguinte equação (FICHOT et al., 2010):

$$KHT = \frac{\pi\rho}{128\eta Ax} \sum_{i=1}^n d_i^4$$

onde:

ρ é a densidade da água, assumida como 1000 kg m⁻³;

η é a viscosidade da água, assumida como 1 x 10⁹ MPa s⁻¹;

Ax é a área de xilema avaliada na imagem, em m²;

d é o diâmetro de cada elemento de vaso do xilema medido na área avaliada, em metros.

3.5.3 Variáveis fisiológicas

Em 15/12/2020, três plantas de cada tratamento foram transferidas para vasos de 21 L, com a finalidade de permitir maior crescimento às mudas. Posteriormente, foi realizada a poda de formação nas mesmas com desponte à 60 cm de altura do colo. Estas plantas foram avaliadas quanto ao seu desempenho em relação às trocas gasosa e à fluorescência da clorofila a, seguindo a metodologia descrita em Maxwell e Johnson (2000) e Long e Bernacchi (2003).

a) Trocas gasosas

Em cada planta, selecionou-se uma folha completamente desenvolvida no terço médio da copa e foram realizadas duas leituras consecutivas na mesma folha por meio do analisador de fotossíntese LCpro - SD (IRGA - ADC BioScientific Ltda®). Utilizou-se luz artificial na intensidade de $1000 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ de densidade de fluxo de fótons fotossinteticamente ativa. As avaliações foram realizadas no período da manhã, entre 08:00 a 10:30 h, em 23/03/2021, 05/04/2021 e 06/04/2021 (713, 726 e 727 DAS; 404, 417 e 418 DAE).

As variáveis obtidas com esta análise foram: assimilação líquida de CO_2 (A , $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), transpiração foliar (E , $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), condutância estomática (g_s , $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) e o carbono intercelular (C_i , $\mu\text{mol mol}^{-1}$). A eficiência instantânea no uso da água (A/E , $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mmol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$), a eficiência intrínseca no uso da água (A/g_s , $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$) e eficiência em carboxilação (A/C_i , $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1} (\mu\text{mol mol}^{-1})$), foram calculadas a partir dos dados obtidos por meio do analisador de fotossíntese. Os dados apresentados foram as médias das três datas avaliadas.

b) Fluorescência da clorofila a

Em cada planta, selecionou-se uma folha completamente desenvolvida no terço médio da copa e foi realizada uma leitura por folha, sendo esta feita no limbo foliar com o fluorômetro portátil Fim 1500 ADC (Analytical Development Company Ltda®). Previamente à avaliação, regiões do limbo foliar foram adaptadas à condição de escuro por meio do uso de pinças. Nesta condição, foram avaliadas: fluorescência mínima (F_o), máxima (F_m) e variável ($F_v = F_m - F_o$). A partir destas variáveis, foi calculado o rendimento quântico máximo do fotossistema II (F_v/F_m). As avaliações foram realizadas no período da manhã, entre 09:00 a 11:00 h, em 23/03/2021, 30/03/2021 e 05/04/2021 (713, 720 e 726 DAS; 404, 411 e 417 DAE). Os dados apresentados foram as médias das três datas avaliadas.

3.5.4 Análises estatísticas

As análises de variâncias foram realizadas em dois momentos (YASSIN et al., 2002), sendo estes:

- a) Análise conjunta, com a fonte de variação “tratamentos”, sendo complementada, quando significativa, pelo teste de Dunnett em nível de 5% de probabilidade comparando os diferentes tratamentos em relação ao tratamento adicional FD.
- b) Análise fatorial, referente aos fatores porta-enxerto (PE) e comprimentos de interenxerto (INT), organizada nas causas de variação “PE”, “INT” e “PE × INT”. Para fins de análise, os diferentes comprimentos de interenxertia foram categorizados: 0 cm (“sem interenxertia”), 5 cm (“pequeno”), 10 cm (“médio”) e 15 cm (“grande”). Quando o teste F foi significativo para determinado fator, considerando o nível mínimo de significância $\alpha = 0,05$, procedeu-se a complementação pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Previamente, para a realização da análise de variância (ANOVA) foram verificados o atendimento aos pressupostos do método (normalidade, homocedasticidade e aditividade). Em caso de não atendimento, realizou-se a transformação dos dados em $\log(y)$ e $\sqrt{(y + 1)}$ para análise.

4. RESULTADOS

4.1 Variáveis biométricas

Aos 381 DAE, as plantas de tangerineira ‘Ponkan’ enxertadas em limoeiro ‘Cravo’ (C) apresentaram maior comprimento do enxerto (Henx), número de folhas total (NFt) e área foliar total (AFt), em relação as plantas com o porta-enxerto ‘Flying Dragon’ (FD) (Figura 7A, C e E).

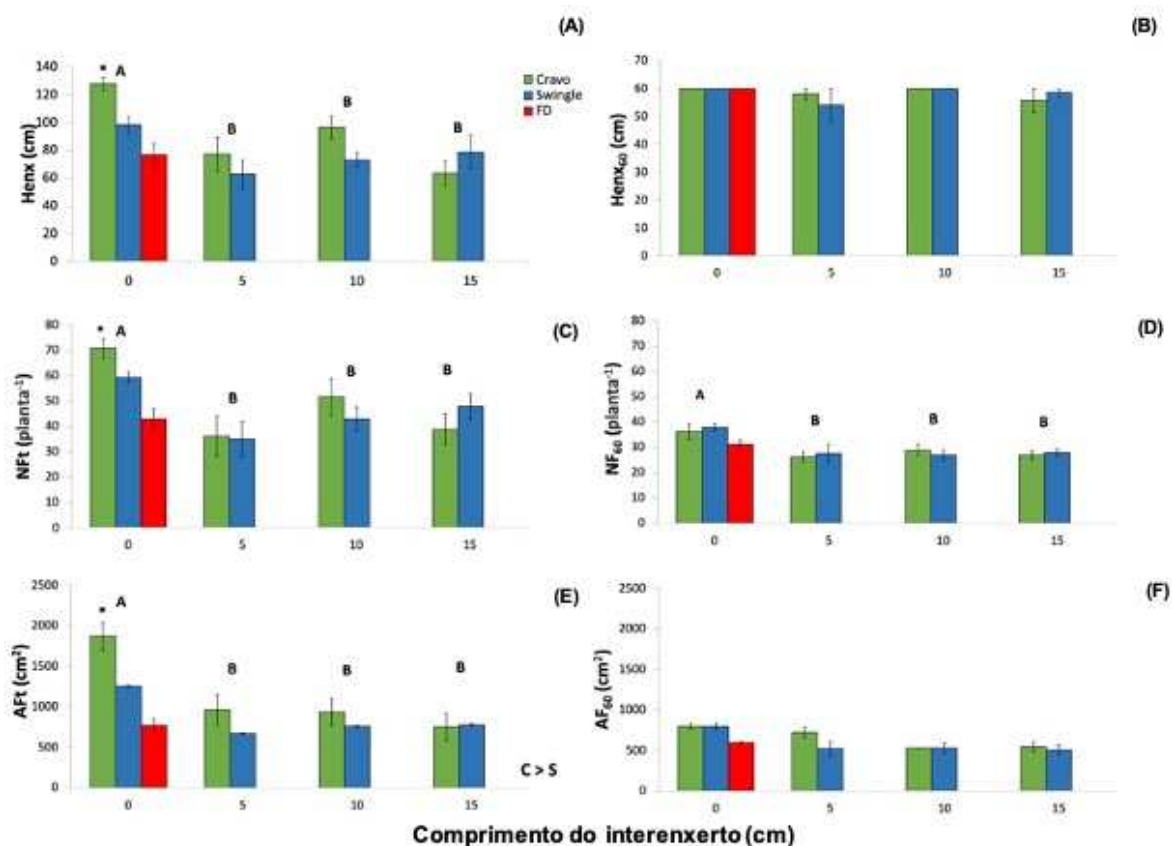


Figura 7. Comprimento da brotação da copa (Henx) (A) e delimitado à 60 cm (Henx₆₀) (B), número de folhas total (NFt) (C) e delimitado à 60 cm (NF₆₀) (D), área foliar total (AFt) (E) e delimitada à 60 cm (AF₆₀) (F) de tangerineira ‘Ponkan’ enxertada sobre diferentes porta-enxertos e comprimentos de interenxertos aos 381 DAE. *, difere pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$) em relação ao tratamento FD; letras maiúsculas comparam comprimentos de interenxerto pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); C > S, médias dos tratamentos com o porta-enxerto ‘Cravo’ são superiores as com o porta-enxerto ‘Swingle’, pelo teste F ($p < 0,05$). Os erros padrões são indicados em cada barra. Viçosa, MG, 2021.

Para as mesmas variáveis (Henx, NFt e AFt), observou-se redução nas plantas interenxertadas (Figura 7A, C e E). Para AFt, houve também efeito simples de porta-enxerto, onde as plantas enxertadas em ‘Cravo’ em relação às enxertadas ‘Swingle’ (S) apresentaram as maiores médias (Figura 7E).

Em relação as plantas que foram despontadas à 60 cm, altura esta máxima para a comercialização de mudas segundo a instrução normativa, não se verificou diferenças de nenhum tratamento em relação às plantas enxertadas em FD para nenhuma das variáveis analisadas (Henx₆₀, NF₆₀ e AF₆₀) (Figura 7B, D e F). Para a variável NF₆₀, observou-se redução sobre as plantas interenxertadas (Figura 7D).

As plantas enxertadas em C, sem o uso de interenxertia, obtiveram a maior massa fresca e seca de brotação da copa (MFenx, MSenx), da parte aérea (MFPA, MSPA) e total (MFt, MSt), diferindo-se das plantas enxertadas em FD (Figura 8A, B, C, D, G e H). Para as mesmas variáveis, verificou-se efeito simples do comprimento do interenxerto. Para MSenx, MSPA e

MSt, as plantas com o comprimento de 15 cm de interenxerto de FD comportaram-se similarmente as plantas sem interenxertia (Figura 8B, D e H). Observou-se maior acúmulo de massa seca e fresca da copa (MFenx e MSenx) nas plantas enxertadas em C em relação as enxertadas em S, independentemente da presença ou não de interenxerto (Figura 8A e B).

Quanto à massa fresca (MFR) e seca (MSR) de raiz, nenhum tratamento diferenciou-se significativamente das plantas enxertadas em FD. No entanto, a MFR e MSR foi reduzida pela presença do interenxerto de FD, sendo que, em relação à MSR, os maiores valores foram observados nas plantas enxertadas em S em relação às enxertadas em C (Figura 8E e F).

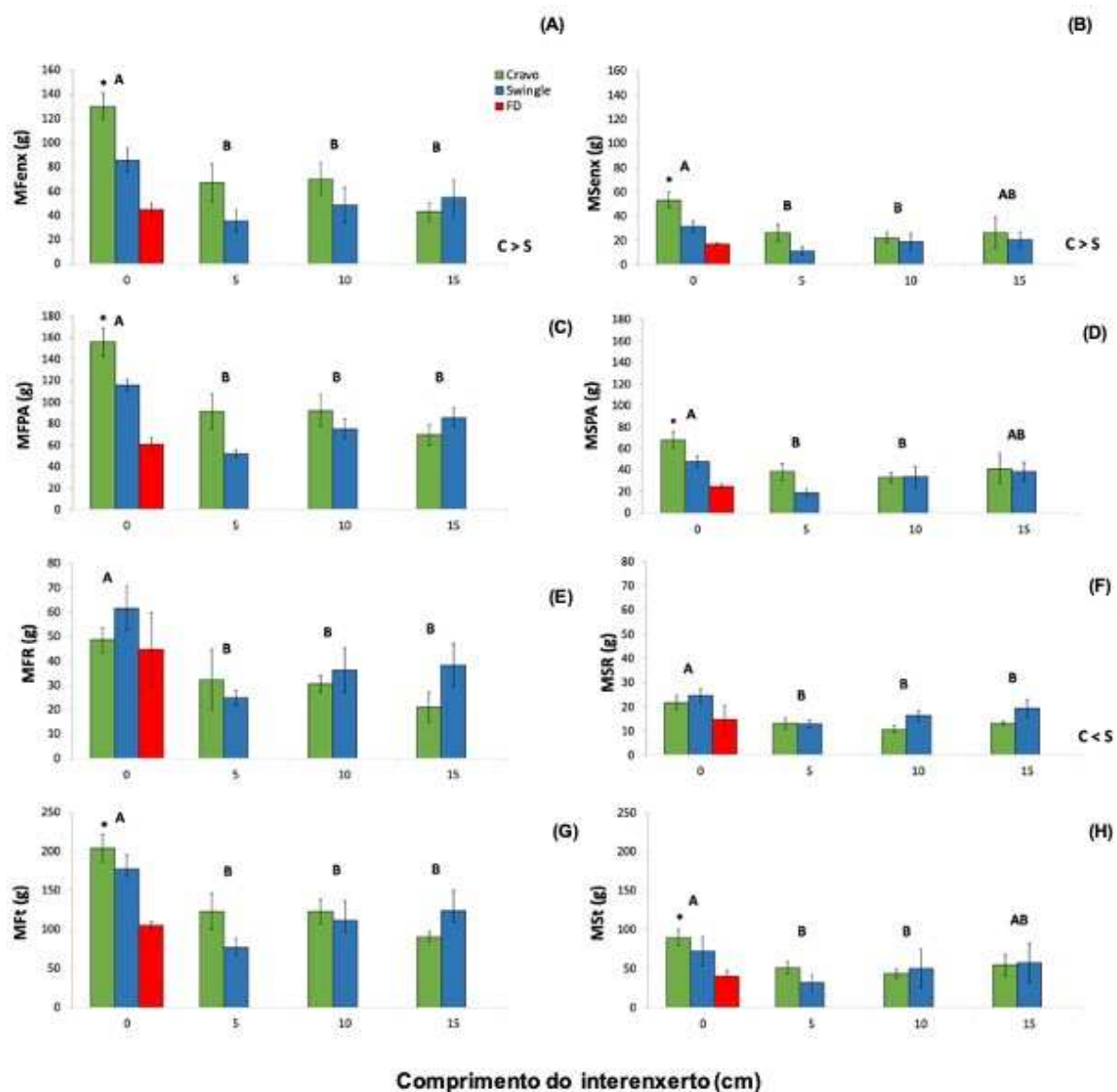


Figura 8. Matéria fresca do enxerto (MFenx) (A), matéria seca do enxerto (MSenx) (B), matéria fresca da parte aérea (MFPA) (C), matéria seca da parte aérea (MSPA) (D), matéria fresca da raiz (MFR) (E), matéria seca da raiz (MSR) (F), matéria fresca total (MF_T) (G), matéria seca total (MS_T) (H) de tangerineira ‘Ponkan’ enxertada sobre diferentes porta-enxertos e comprimentos de interenxertos aos 381 DAE. *, difere pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$) em relação ao tratamento FD; letras maiúsculas comparam comprimentos de interenxerto pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); C > S e C < S, médias dos tratamentos com o porta-enxerto ‘Cravo’ são superiores e inferiores, respectivamente, as com o porta-enxerto ‘Swingle’, pelo teste F ($p < 0,05$). Os erros padrões são indicados em cada barra. Viçosa, MG, 2021.

Quanto as relações entre a parte aérea e a raiz, em base fresca (MFPA/MFR) e seca (MSPA/MSR), nenhuma combinação de porta-enxerto e interenxerto diferenciou-se da tangerineira ‘Ponkan’ enxertada em FD. As plantas enxertadas em C apresentaram as maiores razões em relação às plantas enxertadas em S, independentemente da presença ou não de interenxerto (Figura 9A e B).

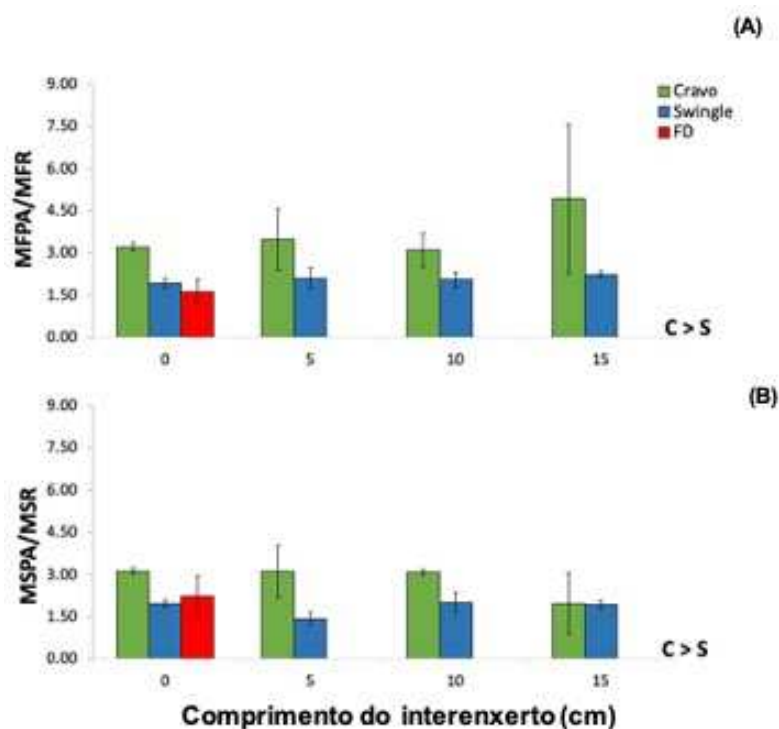


Figura 9. Razões entre a parte aérea e as raízes com base na massa fresca (MFPA/MFR) (A) e seca (MSPA/MSR) (B) de tangerineira 'Ponkan' enxertada sobre diferentes porta-enxertos e comprimentos de interenxertos aos 381 DAE. *, difere pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$) em relação ao tratamento FD; C > S, médias dos tratamentos com o porta-enxerto 'Cravo' são superiores as com o porta-enxerto 'Swingle', pelo teste F ($p < 0,05$). Os erros padrões são indicados em cada barra. Viçosa, MG, 2021.

A área foliar média (AFi) foi superior nas plantas enxertadas em C e S em relação às enxertadas em FD, na ausência de interenxertia. A interenxertia com 15 cm de FD reduziu a área foliar média em relação as plantas não enxertadas (Figura 10A). A interenxertia de 10 e 15 cm de FD reduziu a massa fresca média das folhas (MFFi), independentemente do porta-enxerto usado, sendo que as plantas enxertadas em C apresentaram os maiores valores em relação às enxertadas em S (Figura 10B). Não houve efeito das diferentes combinações de porta-enxerto e interenxerto sobre a massa seca média das folhas (MSFi), e para as massas específicas fresca (MFFe) e seca (MSFe) das folhas (Figura 10C, D e E).

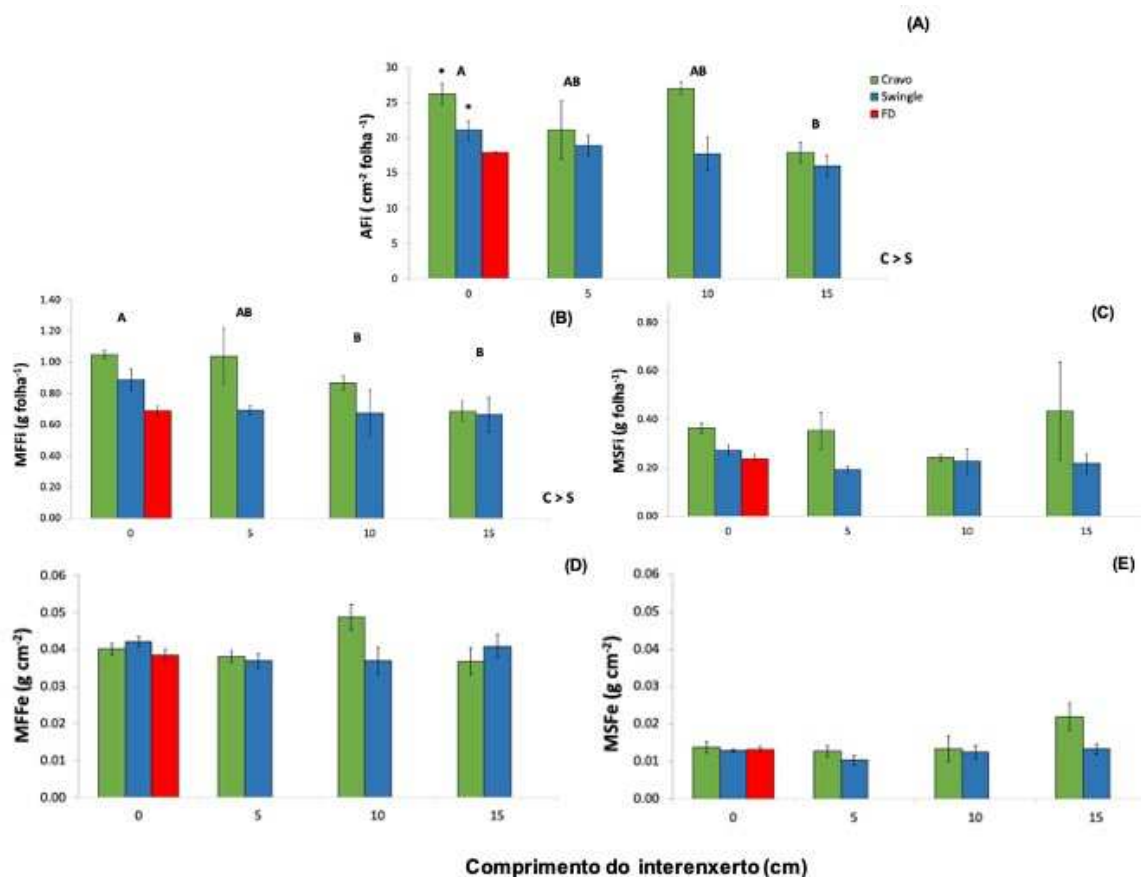


Figura 10. Área foliar média (AFi) (A), massa fresca média das folhas (MFFi) (B), massa seca média das folhas (MSFi) (C), massa fresca específica das folhas (MFFE) (D) e massa seca específica das folhas (MSFe) (E) de tangerineira 'Ponkan' enxertada sobre diferentes porta-enxertos e comprimentos de interenxertos aos 381 DAE. *, difere pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$) em relação ao tratamento FD; letras maiúsculas comparam comprimentos de interenxerto pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); C > S, médias dos tratamentos com o porta-enxerto 'Cravo' são superiores as com o porta-enxerto 'Swingle', pelo teste F ($p < 0,05$). Os erros padrões são indicados em cada barra. Viçosa, MG, 2021.

Em relação a partição percentual da massa seca das plantas, nenhum tratamento diferenciou-se das plantas enxertadas em FD. Foi possível observar-se uma maior alocação de massa seca na copa (MSF e MSC) nas plantas enxertadas em C em relação às enxertadas em S, as quais investiram mais em massa seca de raiz (MSR) e de caule do porta-enxerto (MSPE), independentemente da presença ou não de interenxerto. Para MSC, as plantas com o interenxerto com comprimento de 10 e 15 cm obtiveram as maiores reduções. Para MSInt, houve somente o efeito do comprimento de interenxerto utilizado, onde as plantas com interenxerto com comprimento de 15 cm obtiveram as maiores médias e as sem interenxerto as menores (Figura 11).

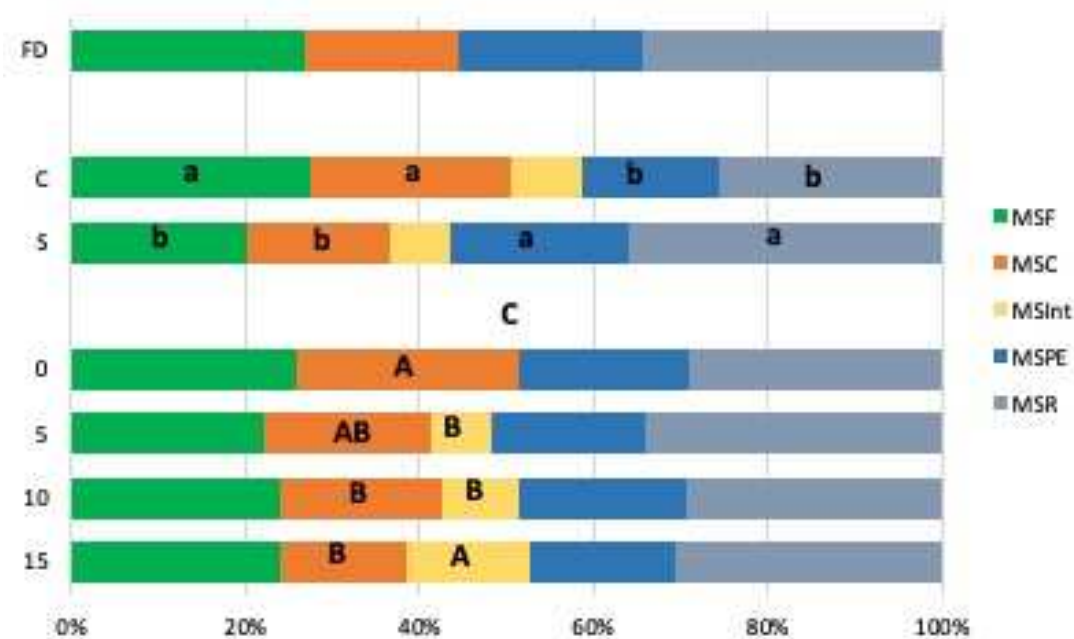


Figura 11. Efeito de porta-enxerto e de comprimento de interenxerto na partição percentual de massa seca nas diferentes partes (MSF, massa seca das folhas; MSC, massa seca do caule da copa; MSInt, massa seca do interenxerto; MSPE, massa seca do caule do porta-enxerto; e MSR, massa seca de raiz) de tangerineira 'Ponkan' enxertada sobre diferentes porta-enxertos e comprimentos de interenxertos aos 381 DAE. Letras maiúsculas comparam comprimentos de interenxerto pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); letras minúsculas comparam os porta-enxertos pelo teste F ($p < 0,05$). Viçosa, MG, 2021.

Em relação as variáveis diâmetro médio (DmR), volume (VR), comprimento (CR), área superficial (ASR), bifurcações (BifR) e pontas (PonR) de raízes, não houve efeito significativo de tratamentos, os quais comportaram-se analogamente ao tratamento adicional (FD) (Tabela 2). Para DmR, houve efeito simples de porta-enxerto, onde as plantas enxertadas em S obtiveram as maiores médias. As plantas com 10 e 15 cm de interenxerto de FD apresentaram menos bifurcações nas raízes (BifR) em relação as plantas não interenxertadas, independentemente do porta-enxerto utilizado (Tabela 2).

Tabela 2: Médias e probabilidades da análise de variância (ANOVA) para os parâmetros biométricos diâmetro médio (DmR), volume (VR), comprimento (CR), área superficial (ASR), bifurcações (BifR) e pontas (PonR) de raízes de tangerineira ‘Ponkan’ enxertada sobre diferentes porta-enxertos e comprimentos de interenxertos. Viçosa, MG, 09/03/2021.

Tratamentos	DmR (cm)	VR (cm ³)	CR (cm)	ASR (cm ²)	BifR (10 ³ planta ⁻¹)	PonR (10 ³ planta ⁻¹)
FD	1,74	27,9	4051,9	1120,6	36,33	22,18
C	1,17	24,3	3871,9	1072,8	44,18	29,61
S	2,12	29,3	5719,4	1422,3	58,98	51,68
FD5/C	1,46	20,0	3549,0	914,7	26,70	31,08
FD5/S	1,40	14,6	2384,5	646,0	14,91	10,85
FD10/C	1,25	20,5	2888,1	860,4	18,69	13,11
FD10/S	1,75	22,8	2527,0	815,8	12,98	18,51
FD15/C	1,05	17,0	2017,5	652,6	15,44	10,94
FD15/S	1,43	19,7	3095,3	869,6	16,61	19,34
Porta-enxertos						
C	1,24 b	20,5	3081,7	875,2	26,25	21,19
S	1,68 a	21,7	3431,6	938,5	25,87	25,09
Interenxertos						
0	1,65	26,8	4795,6	1247,6	51,58 A	40,65
5	1,43	17,3	2966,7	780,4	20,81 AB	20,96
10	1,50	21,7	2707,5	838,1	15,83 B	15,81
15	1,24	18,4	2556,4	761,1	16,02 B	15,14
Análise conjunta			Probabilidade (teste F)			
Tratamentos	0,2602	0,8025	0,2118	0,417	0,1818	0,3335
Análise fatorial						
PE	0,0390	0,7576	0,6116	0,7060	0,9650	0,6579
INT	0,5438	0,3281	0,1090	0,1641	0,0262	0,1696
PE × INT	0,3708	0,7878	0,4112	0,5673	0,7241	0,4027

*, difere pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$) em relação ao tratamento FD; letras maiúsculas comparam comprimentos de interenxerto pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); letras minúsculas comparam os porta-enxertos pelo teste F ($p < 0,05$).

4.2 Variáveis anatômicas

Aos 261 DAE, as plantas de tangerineira ‘Ponkan’ enxertadas em S com comprimentos de interenxerto de 5 e 10 cm de FD, apresentaram incrementos de 3,5 e 3 vezes na densidade dos elementos de vasos por área de xilema da copa (DVX_{CO}) em relação as plantas enxertadas em FD, respectivamente (Figura 12A). Verificou-se que houve interação entre porta-enxerto e interenxerto, sendo que, sobre o porta-enxerto C, houve incremento de DVX_{CO} nas plantas interenxertadas com 10 cm de FD em relação as não interenxertadas. Já sobre o porta-enxerto S, a tangerineira ‘Ponkan’ apresentou maiores valores de DVX_{CO} quando interenxertadas, sendo estes valores maximizados quando se utilizou o comprimento de 5 cm de interenxerto de FD.

Com comprimento de 5 cm de interenxerto de FD, as plantas enxertadas em S obtiveram incrementos maiores nos valores de DVX_{CO} do que as enxertadas em C (Figura 12A).

Não houve efeito das diferentes combinações de porta-enxerto e interenxerto quanto à DVX_{INT} e DVX_{PE} (Figura 12B e C).

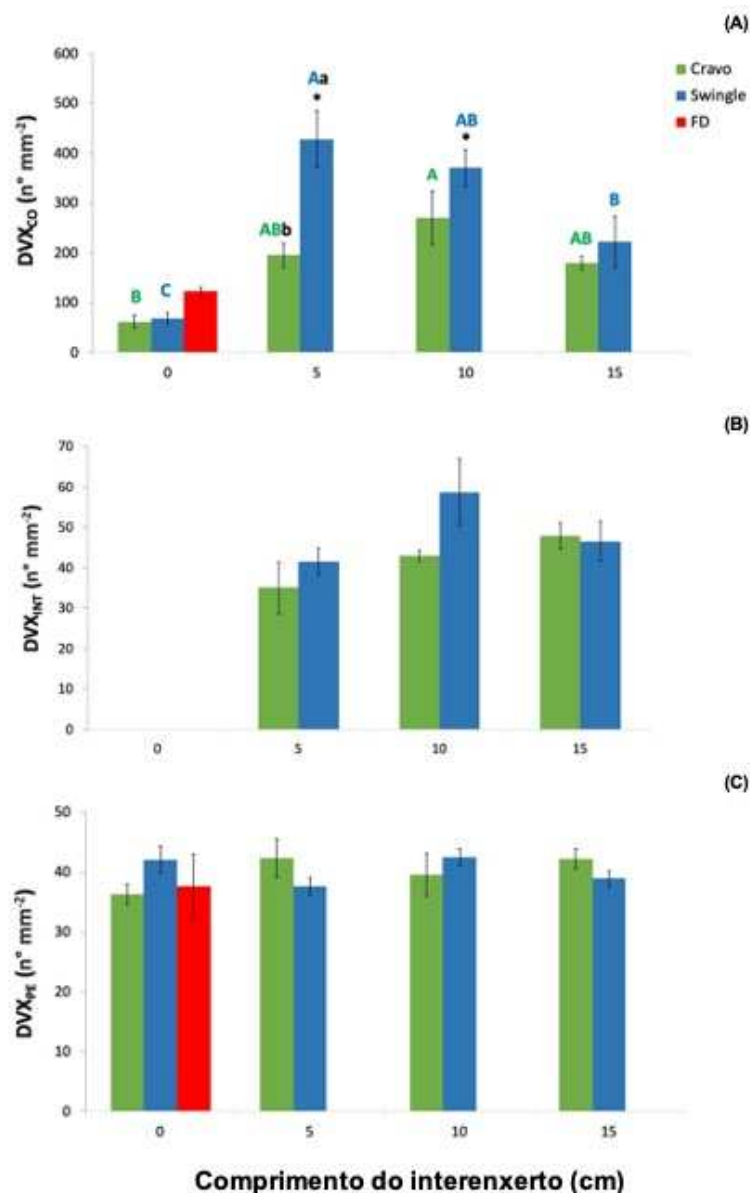


Figura 12. Densidade dos elementos de vasos por área de xilema da copa (DVX_{CO}) (A), do interenxerto (DVX_{INT}) (B) e porta-enxerto (DVX_{PE}) (C) de tangerineira 'Ponkan' enxertada sobre diferentes porta-enxertos e comprimentos de interenxertos aos 261 DAE. *, difere pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$) em relação ao tratamento FD; letras maiúsculas verdes comparam os comprimentos de interenxerto sobre 'Cravo', enquanto as letras maiúsculas azuis comparam os comprimentos de interenxerto sobre 'Swingle' pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); letras minúsculas comparam os porta-enxertos no mesmo comprimento de interenxertia pelo teste F ($p < 0,05$). Os erros padrões são indicados em cada barra. Viçosa, MG, 2021.

Quanto ao diâmetro médio dos elementos de vasos do xilema da copa (Dm_{CO}), as plantas de tangerineira 'Ponkan' enxertadas em C e S, apresentaram maiores valores médios, sendo

estes, respectivamente, 28,73 e 26,68 μm , em relação as plantas enxertadas em FD, as quais os valores médios ficaram em torno de 19,53 μm (Figura 13A). Para a mesma variável, as plantas interenxertadas apresentam menores valores em relação as plantas não interenxertadas, independentemente do porta-enxerto (Figura 13A).

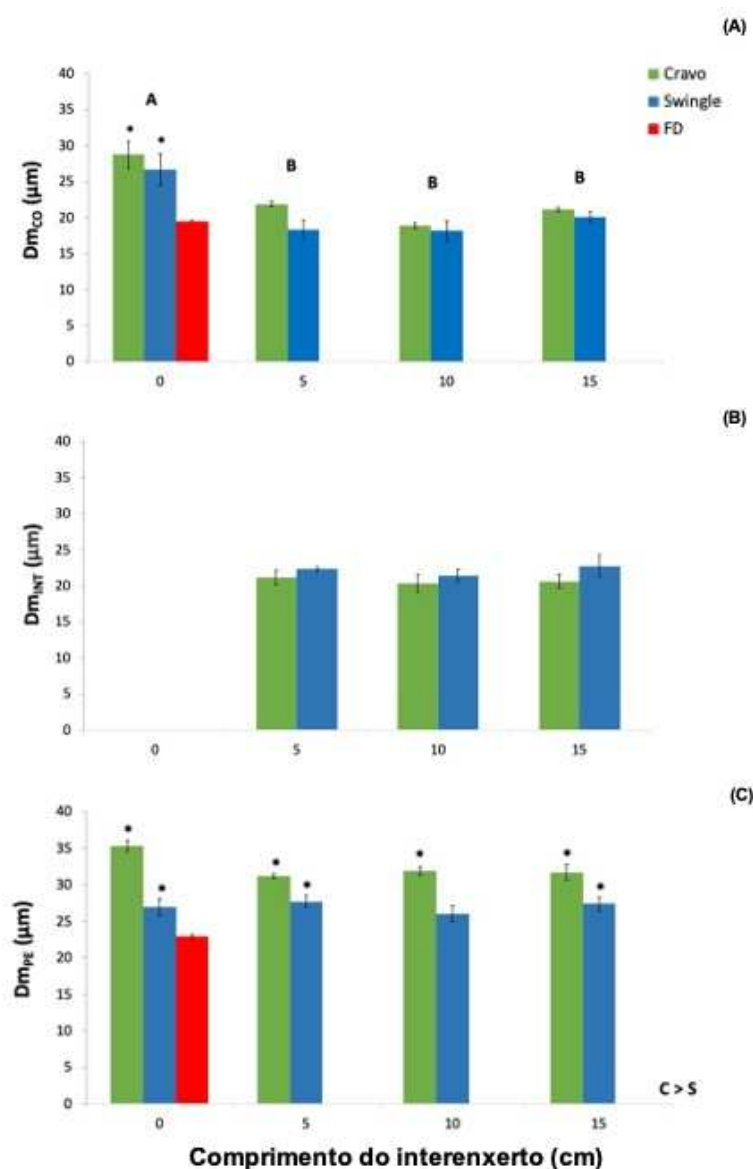


Figura 13. Diâmetro médio dos elementos de vasos do xilema da copa (Dm_{CO}) (A), do interenxerto (Dm_{INT}) (B) e porta-enxerto (Dm_{PE}) (C) de tangerineira ‘Ponkan’ enxertada sobre diferentes porta-enxertos e comprimentos de interenxertos aos 261 DAE. *, difere pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$) em relação ao tratamento FD; letras maiúsculas comparam comprimentos de interenxerto pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); $C > S$, médias dos tratamentos com o porta-enxerto ‘Cravo’ são superiores as com o porta-enxerto ‘Swingle’, pelo teste F ($p < 0,05$). Os erros padrões são indicados em cada barra. Viçosa, MG, 2021.

Quanto ao Dm_{INT} , não houve efeito das diferentes combinações de porta-enxerto e interenxerto (Figura 12B). Para Dm_{PE} , todas as combinações de porta-enxerto e interenxerto diferiram-se das plantas enxertadas em FD, com exceção das enxertadas em S com

comprimento de interenxerto de 10 cm (Figura 13C). Para a mesma variável, houve efeito simples de porta-enxerto, onde as plantas enxertadas em C obtiveram as maiores médias independentemente da presença ou não do interenxerto (Figura 13C).

Quanto a relação entre a área dos elementos de vasos e a área do xilema na copa (AV/AX_{CO}) e no interenxerto (AV/AX_{INT}), nenhuma combinação de porta-enxerto e interenxerto diferenciou-se das plantas de tangerineira 'Ponkan' enxertadas em FD (Figura 14A e B). Entretanto, para AV/AX_{INT} , as plantas enxertadas em S apresentaram os maiores valores em relação às plantas enxertadas em C, independentemente da presença do interenxerto (Figura 14A e B). Quanto a AV/AX_{PE} , as plantas enxertadas em S sem interenxertia e as plantas de todos os tratamentos com o uso do porta-enxerto C, diferenciaram-se das plantas de tangerineira 'Ponkan' enxertadas em FD. As plantas enxertadas em C em relação às enxertadas em S, obtiveram as maiores médias independentemente da presença ou não de interenxerto (Figura 14C).

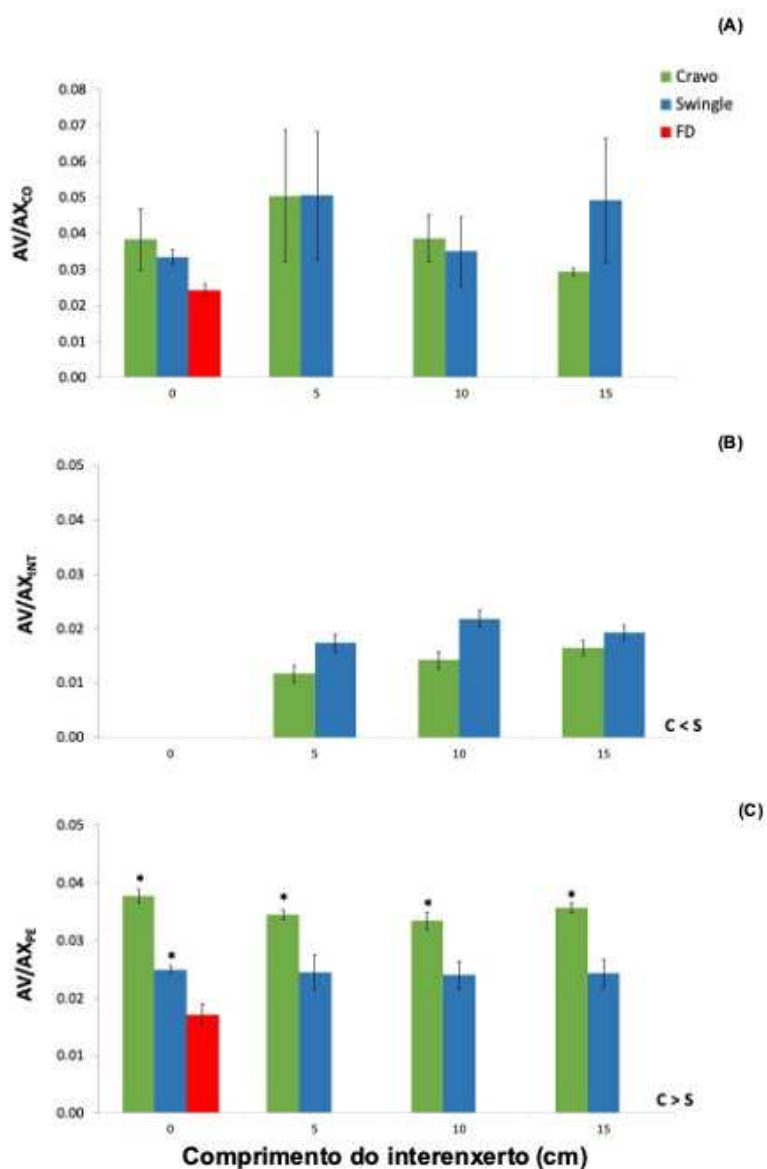


Figura 14. Razão entre a área dos elementos de vasos e a área do xilema da copa (AV/AX_{CO}) (A), do interenxerto (AV/AX_{INT}) (B) e do porta-enxerto (AV/AX_{PE}) (C) de tangerineira ‘Ponkan’ enxertada sobre diferentes porta-enxertos e comprimentos de interenxertos aos 261 DAE. *, difere pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$) em relação ao tratamento FD. $C > S$ e $C < S$, médias dos tratamentos com o porta-enxerto ‘Cravo’ são superiores e inferiores as com o porta-enxerto ‘Swingle’, respectivamente, pelo teste F ($p < 0,05$). Os erros padrões são indicados em cada barra. Viçosa, MG, 2021

Quanto a condutividade hidráulica teórica específica dos elementos de vasos da copa (KHT_{CO}) e do interenxerto (KHT_{INT}), nenhuma combinação de porta-enxerto e interenxerto diferenciou-se das plantas de tangerineira ‘Ponkan’ enxertadas em FD (Figura 15A e B). Em relação às plantas não interenxertadas, independentemente do porta-enxerto utilizado, houve redução da KHT_{CO} quando utilizou-se o comprimento de 10 cm de interenxerto de FD, sendo as reduções de 81% e 76% para as plantas enxertadas em C e S, respectivamente (Figura 15A).

Para KHT_{INT} , as plantas enxertadas em S apresentaram maiores valores em relação às plantas enxertadas em C, independentemente da presença ou não de interenxerto (Figura 15B).

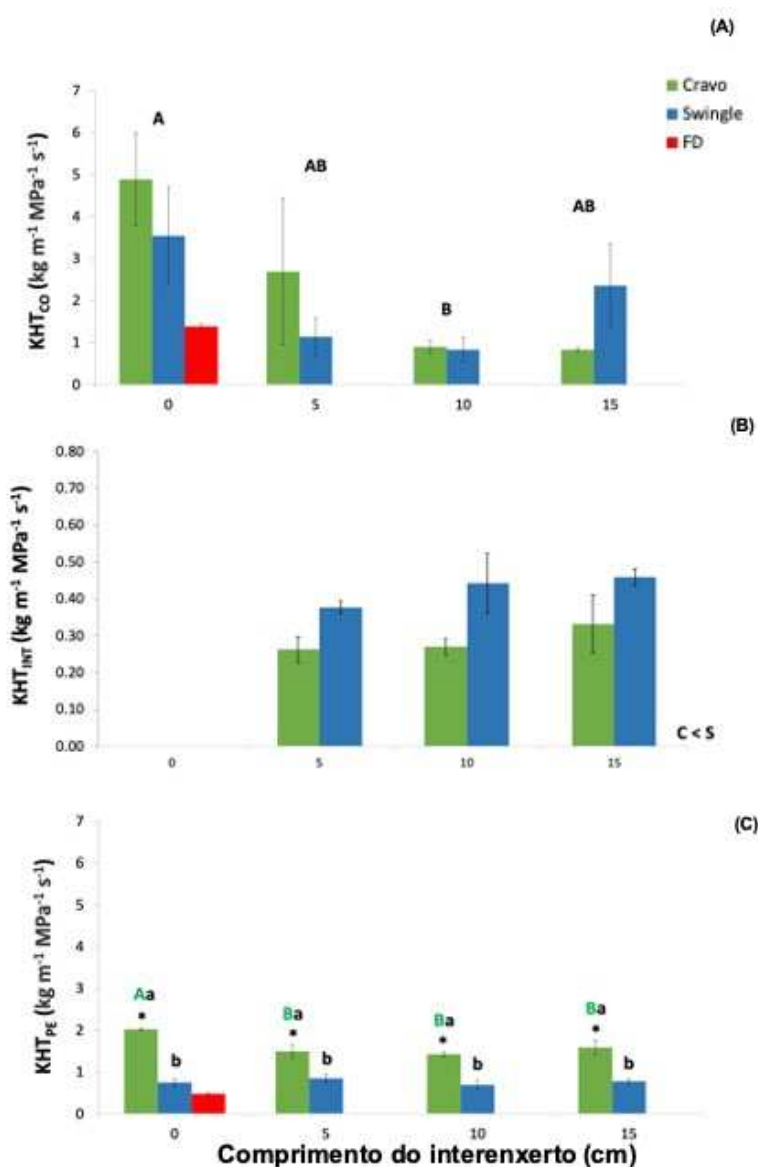


Figura 15. Condutividade hidráulica teórica específica dos elementos de vasos da copa (KHT_{CO}) (A), do interenxerto (KHT_{INT}) (B) e porta-enxerto (KHT_{PE}) (C) de tangerineira ‘Ponkan’ enxertada sobre diferentes porta-enxertos e comprimentos de interenxertos aos 261 DAE. *, difere pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$) em relação ao tratamento FD; letras maiúsculas pretas comparam comprimentos de interenxerto pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); letras maiúsculas verdes comparam os comprimentos de interenxerto sobre ‘Cravo’, enquanto as letras maiúsculas azuis comparam os comprimentos de interenxerto sobre ‘Swingle’ pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); letras minúsculas comparam os porta-enxertos no mesmo comprimento de interenxertia pelo teste F ($p < 0,05$). C < S, médias dos tratamentos com o porta-enxerto ‘Cravo’ são inferiores as com o porta-enxerto ‘Swingle’, pelo teste F ($p < 0,05$). Os erros padrões são indicados em cada barra. Viçosa, MG, 2021.

Todas as combinações de tangerineira ‘Ponkan’ enxertadas em C, incrementaram KHT_{PE} em relação às plantas enxertadas em FD (Figura 15C). Verificou-se que houve interação porta-enxerto x interenxerto; não houve efeito da interenxertia em KHT_{PE} para as plantas de

tangerineira ‘Ponkan’ enxertadas em S (Figura 15C). Já para àquelas enxertadas em C, verificou-se redução dos valores de KHT_{PE} mediante a presença do interenxerto de FD (Figura 15C). As plantas enxertadas em C foram superiores em KHT_{PE} em relação às enxertadas em S (Figura 15C).

4.3 Variáveis fisiológicas

As plantas de nenhum dos tratamentos avaliados diferiram negativamente das plantas enxertadas em FD quanto a assimilação líquida de CO_2 (A), ao rendimento quântico máximo do fotossistema II (F_v/F_m), a condutância estomática (g_s) e a transpiração foliar (E) (Figura 16A). Pelo contrário, as plantas de tangerineira ‘Ponkan’ interenxertadas sobre o trifoliato FD, em todos os comprimentos avaliados (5, 10 e 15 cm), tiveram sua assimilação líquida de CO_2 incrementadas em relação as plantas não interenxertadas, independentemente do porta-enxerto utilizado (C ou S) (Figura 16A). Por outro lado, o rendimento quântico máximo do PSII (F_v/F_m) das plantas de tangerineira ‘Ponkan’ não foi afetado pelos diferentes comprimentos de interenxerto e porta-enxertos utilizados, variando em uma faixa muito estreita (0,81 a 0,83) (Figura 16B).

Já para a condutância estomática (g_s), apenas os comprimentos de 5 e 10 cm de interenxerto de FD aumentaram a abertura estomática em relação as plantas não interenxertadas, independentemente do porta-enxerto utilizado (Figura 16C). Em relação a transpiração foliar (E), o mesmo comportamento foi observado, entretanto, somente para as plantas com interenxerto de 10 cm de comprimento (Figura 16D). As variáveis g_s e E não foram afetadas pelo uso dos diferentes porta-enxertos (Figura 16C e D).

A concentração de carbono na câmara subestomática (C_i), bem como a eficiência de carboxilação (A/C_i) apresentada pelas plantas de tangerineira ‘Ponkan’ sobre diferentes tratamentos, foi similar às plantas enxertadas em FD (Figura 17A e B). A concentração de carbono na câmara subestomática (C_i) foi incrementada nas plantas com comprimento de 5 cm de FD em relação as não interenxertadas, independentemente dos porta-enxertos utilizados (C ou S) (Figura 17A). Comportamento similar foi obtido em relação as plantas com interenxertos de FD com 5 e 10 cm de comprimento (Figura 17B). Para ambas as variáveis (C_i e A/C_i), não foi verificada alterações devidas aos diferentes porta-enxertos (C e S) (Figura 17A e B).

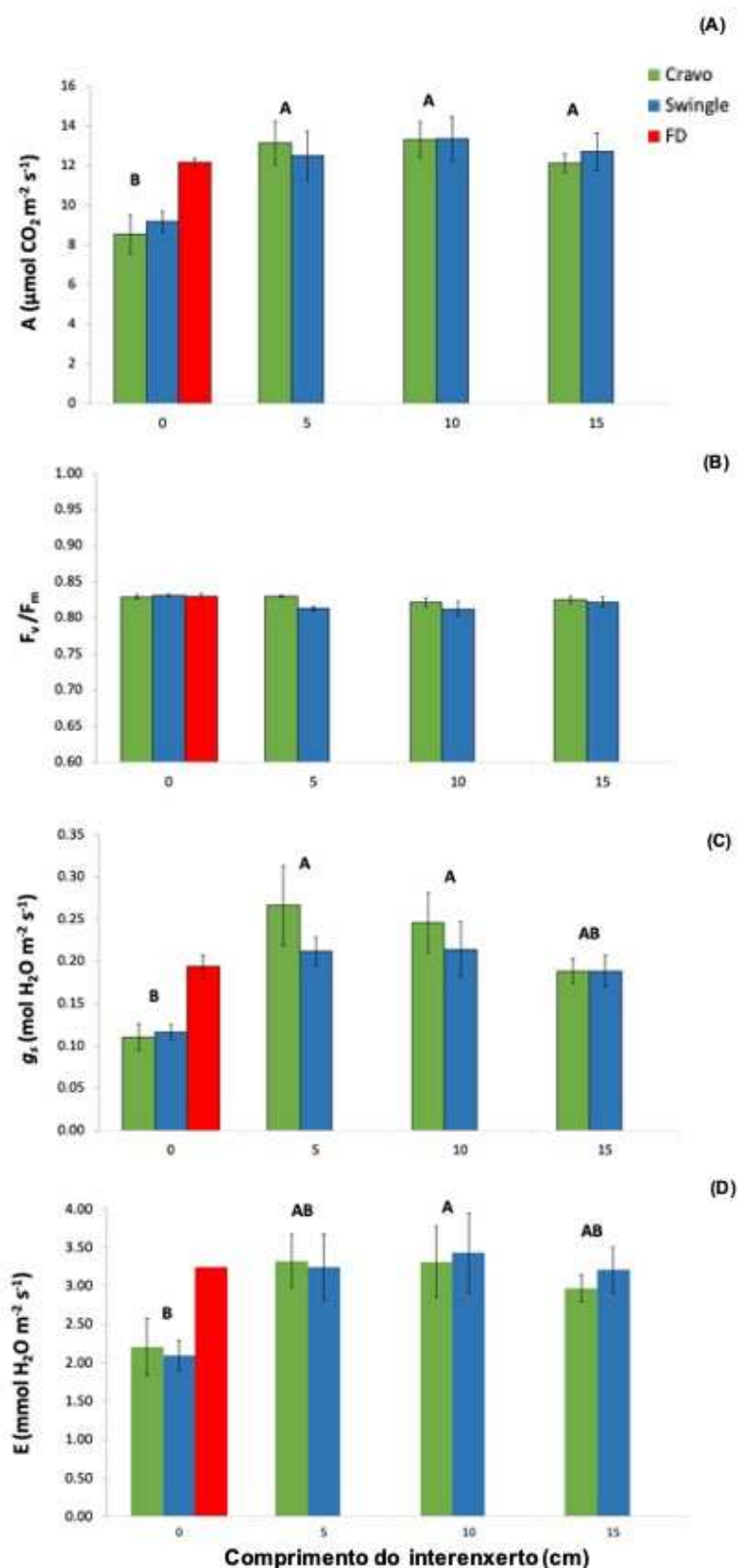


Figura 16. Assimilação líquida de CO₂ (A) (A), rendimento quântico máximo do FSII (F_v/F_m) (B), condutância estomática (g_s) (C) e transpiração foliar (E) (D) de tangerineira 'Ponkan' enxertada sobre diferentes porta-enxertos e comprimentos de internóculos. *, difere pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$) em relação ao tratamento FD; letras maiúsculas comparam comprimentos de internóculo pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Os erros padrões são indicados em cada barra. Viçosa, MG, 2021.

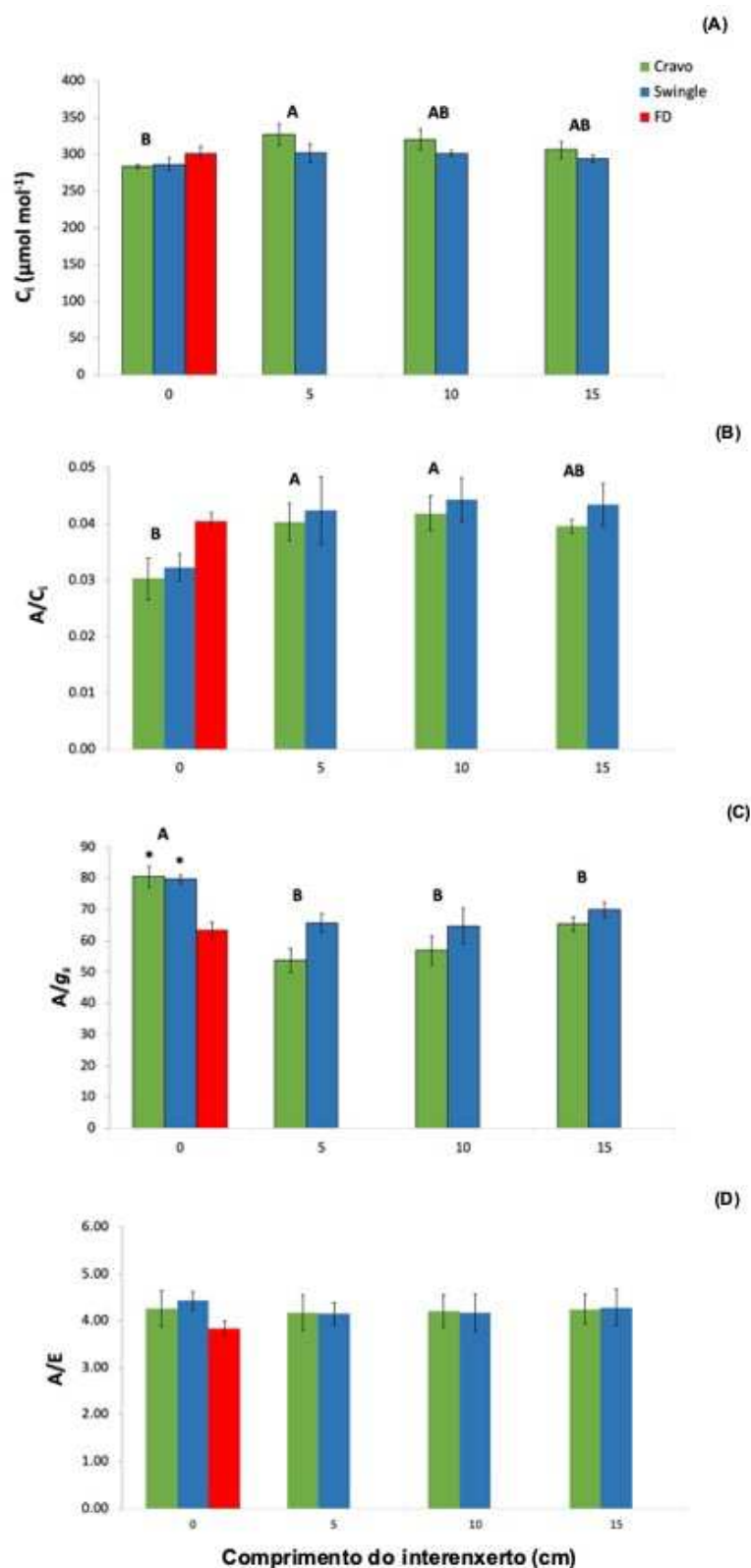


Figura 17. Carbono intercelular (C_i) (A), eficiência em carboxilação (A/C_i) (B), eficiência intrínseca do uso da água (A/g_s) (C) e eficiência instantânea do uso da água (A/E) (D) de tangerineira ‘Ponkan’ enxertada sobre diferentes porta-enxertos e comprimentos de interenxertos. *, difere pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$) em relação ao tratamento FD; letras maiúsculas comparam comprimentos de interenxerto pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Os erros padrões são indicados em cada barra. Viçosa, MG, 2021.

A eficiência intrínseca do uso da água (A/g_s) foi maior nas plantas de tangerineira ‘Ponkan’ enxertadas em C e em S sem interenxertia, em relação as plantas enxertadas em FD (Figura 17C). Por outro lado, as plantas interenxertadas (FD-5/C, FD-10/C, FD-15/C, FD-5/S, FD-10/S e FD-15/S) apresentaram valores similares às plantas somentes enxertadas em FD. As plantas interenxertadas com diferentes comprimentos de FD, reduziram A/g_s em relação as plantas não interenxertadas, em ambos os porta-enxertos (C e S) (Figura 17C). Já a eficiência instantânea do uso da água (A/E), não foi afetada por nenhum dos tratamentos avaliados (Figura 17D)

5. DISCUSSÃO

O uso do interenxerto reduziu a maioria das variáveis biométricas avaliadas, quando comparado às plantas não interenxertadas, independentemente do porta-enxerto utilizado.

Resultados similares foram obtidos em plantas de laranjeira ‘Navelina’ e limoeiro ‘Kütdiken’ interenxertadas com diferentes genótipos (‘Flying Dragon’, citrumeleiro ‘1452’, pomeleiro ‘Star Ruby’ e o trifoliatoeiro ‘Rubidoux’) sobre laranjeira ‘Azeda’ (*Citrus aurantium*) (KAMILOGLU; YESILOGLU, 2014). Quando interenxertadas com ‘Flying Dragon’, a redução de crescimento foi maior para as plantas de laranjeira ‘Navelina’ do que para as de limoeiro ‘Kütdiken’, as quais obtiveram maiores reduções de crescimento quando se utilizou o trifoliatoeiro ‘Rubidoux’ como interenxerto. Quanto ao número médio de folhas e a área foliar por planta, verificou-se uma redução para as plantas interenxertadas com o pomeleiro ‘Star Ruby’ sob a laranjeira ‘Navelina’ e com o trifoliatoeiro ‘Rubidoux’ para o limoeiro ‘Kütdiken’, em comparação as plantas não interenxertadas. Em relação à massa seca total de folhas, os resultados obtidos foram semelhantes aos referentes ao número médio de folhas e área foliar para a laranjeira ‘Navelina’, enquanto para o limoeiro ‘Kütdiken’, o interenxerto responsável por gerar as maiores reduções foi o citrumeleiro ‘1452’ (KAMILOGLU; YESILOGLU, 2014). Notou-se que, independentemente do genótipo utilizado como interenxerto, reduções das variáveis biométricas avaliadas foram suscitadas mediante a presença do interenxerto, corroborando os resultados encontrados no presente trabalho.

O uso do *Poncirus trifoliata* como interenxerto com diferentes comprimentos (5, 10 e 20 cm) em plantas adultas de laranjeira ‘Valência’ enxertadas em limoeiro ‘Cravo’ gerou reduções quanto ao volume de copa e a altura das plantas. Entretanto, dentre os diferentes comprimentos utilizados, o comprimento de 20 cm de interenxerto de *P. trifoliata* foi o que gerou maiores reduções, reduzindo em 14,6% a altura e em 31,7% o volume das copas de

‘Valência’, após oito anos de plantio em relação as plantas não interenxertadas (SAMPAIO, 1993). Os resultados encontrados por Sampaio (1993) também evidenciaram que o uso do interenxerto à longo prazo não influenciou negativamente a vida útil e a produção alcançada pelas plantas em condições de campo.

O estudo proposto por Yonemoto *et al.* (2004), onde utilizou-se a tangerineira ‘Shirakawa Satsuma’ interenxertada com o ‘Flying Dragon’ e enxertada em *Poncirus trifoliata*, verificou fluxos de seiva intermediários em ramos da copa em relação as plantas somente enxertadas em *Poncirus trifoliata* e ‘Flying Dragon’. Em pomares sem irrigação, o uso de interenxertos de ‘Flying Dragon’ sobre o citrumeleiro ‘Swingle’ reduziu o volume da copa de limeira-ácida ‘Tahiti’ em relação as plantas somente enxertadas em citrumeleiro ‘Swingle’, aos seis anos de idade. No entanto, as mesmas plantas interenxertadas desenvolveram volumes de copa 260% superiores em relação às plantas de limeira-ácida ‘Tahiti’ somente enxertadas em ‘Flying Dragon’ (ESPINOZA-NÚÑEZ *et al.*, 2011). Tais resultados suportam a hipótese de que o uso do genótipo ananizante ‘Flying Dragon’ como interenxerto seria satisfatório para a obtenção de plantas com tamanhos intermediários, fundamentando os resultados encontrados no presente trabalho, visto que a condutância hidráulica do xilema é positivamente correlacionada com o crescimento da copa de plantas cítricas (IWASAKI *et al.*, 2011). Observou-se também que os frutos oriundos das plantas interenxertadas com o ‘Flying Dragon’ apresentaram alto teor de sólidos solúveis, o que representa uma melhora na qualidade dos mesmos, sendo fator de grande importância para o mercado de frutas *in natura* e mais um ponto positivo quanto ao uso do mesmo como interenxerto (YONEMOTO *et al.*, 2004).

Além do fator genótipo, estudos também relatam que a realização da enxertia em si, pode gerar no ponto de união entre o enxerto e porta-enxerto uma barreira, podendo esta afetar o transporte de água e nutrientes, afetando o crescimento e o desenvolvimento da planta como um todo (COHEN *et al.*, 2007). Em citros, após a realização da enxertia, verificou-se uma redução na condutância hidráulica no ponto de enxertia da laranjeira ‘Valência’ sobre ‘Flying Dragon’, em relação as plantas enxertadas em *Poncirus trifoliata* ‘Rubidoux’, denotando a ocorrência de uma possível barreira para o funcionamento da planta (MARTINEZ-ALCÁNTARA *et al.*, 2013). Desta forma, a redução do crescimento da planta mediante a presença do interenxerto, pode ser justificada com alterações nos processos internos das plantas, como translocação de água e nutrientes, produção de reguladores vegetais como gibberelinas, e produção de outras substâncias, interferindo no crescimento vegetativo, no florescimento e na frutificação das mesmas (HARTMANN *et al.*, 1990; SCARPARE FILHO *et al.*, 2000).

As reduções alcançadas mediante ao uso de genótipos ananizantes tanto como porta-enxerto quanto como interenxerto, também podem ser explicadas pela menor condutividade hidráulica das raízes das plantas enxertadas em ‘Flying Dragon’ em relação às enxertadas em *P. trifoliata* (OGATA et al., 1999). Uma vez que a capacidade hidráulica do xilema determina o transporte de água e nutrientes para as folhas (IWASAKI et al., 2011), a redução da capacidade desse transporte promove a redução do potencial de água em períodos de alta demanda evaporativa, causando fechamento dos estômatos. Em condições de déficit hídrico, por exemplo, a redução da condutância estomática leva a uma baixa assimilação de CO₂, afetando a produção de biomassa e reduzindo o porte da planta. Portanto, os resultados encontrados por Ogata *et al.* (1999), foram responsáveis por sugerir que a condutividade hidráulica das raízes é responsável por controlar o crescimento da parte aérea da planta, influenciando diretamente, em seu crescimento vegetativo.

Os resultados encontrados no estudo realizado por Iwasaki *et al.* (2011) também vão ao encontro aos encontrados por Ogata *et al.* (1999). Ao desenvolverem um método de predição de vigor de árvores com base na condutância hidráulica do caule de mudas de porta-enxertos com cinco meses de idade, verificaram que a condutividade hidráulica no caule do citrumeleiro ‘Swingle’ apresentava maiores valores do que nas do ‘Flying Dragon’. Posteriormente, ao realizarem correlações entre a condutividade hidráulica dessas mudas e a circunferência do tronco de plantas tangerineiras ‘Sasebo’ (*C. unshiu* Marcow.) enxertadas em diferentes porta-enxertos, verificaram alta correlação para estas variáveis. As plantas enxertadas em citrumeleiro ‘Swingle’ eram semi-vigorosas e àquelas enxertadas em ‘Flying Dragon’ eram anãs. Martinez-Alcántara *et al.* (2013) relataram que o menor desenvolvimento de mudas de *Citrus sinensis* cv. ‘Valência’ enxertadas em ‘Flying Dragon’, foi consequência da maior resistência hidráulica desse porta-enxerto em relação ao trifoliateiro ‘Rubidoux’.

A limitação de crescimento provocada pelo uso do trifoliateiro ‘Flying Dragon’ também está relacionada com a distribuição de carboidratos por toda a planta, e com o número inferior de elementos de vasos em relação ao de outros porta-enxertos (MARTINEZ-ALCÁNTARA et al., 2013; FORNER-GINER et al., 2014). Além disto, a menor translocação de fotoassimilados da copa para as raízes, acaba limitando o desenvolvimento radicular da planta, contribuindo em contrapartida, para a maior disponibilidade desses compostos na parte aérea, o que resulta em maior transporte de carbono para os frutos, justificando o incremento da eficiência produtiva e maior qualidade dos frutos sobre esse porta-enxerto (MARTÍNEZ-CUENCA et al., 2016). Por isso, a possibilidade da preservação de parte desses efeitos positivos em uma mesma planta,

mediante ao uso de interenxertos ananizantes (YONEMOTO et al., 2004), levanta ainda mais interesse quanto ao uso desta técnica.

As plantas enxertadas em limoeiro ‘Cravo’ inicialmente investiram mais em biomassa acima do solo do que as enxertadas em citrumeleiro ‘Swingle’, as quais investiram mais no sistema radicular (Figura 8 e 9). Plantas enxertadas em limoeiro ‘Cravo’ tem alto vigor e tendem a entrar em produção antecipadamente (SCHWARZ et al., 2018). Desta forma, a capacidade fotossintética de plantas vigorosas tende a ser maior, mediante a maior área foliar que a planta apresenta, possibilitando a maior produção de fotoassimilados e conseqüentemente antecipando sua produção. Esta tendência também foi verificada na produção de mudas de laranjeiras doces ‘Pera’ e ‘Westin’, tangerineira-tangor ‘Piemonte’ e limeira ácida ‘Tahiti’ enxertadas em 14 porta-enxertos cítricos em ambiente protegido (RODRIGUES et al., 2016). Neste trabalho, o limoeiro ‘Cravo Santa Cruz’ incrementou o número de folhas, a área foliar e a massa seca da parte aérea das copas, em relação aos porta-enxertos citrumeleiro ‘Swingle’ e trifoliatoeiro ‘Flying Dragon’.

Os valores da partição percentual de massa seca das raízes das plantas enxertadas em citrumeleiro ‘Swingle’ foram maiores do que as enxertadas em limoeiro ‘Cravo’ (Figura 10). Resultados similares, obtidos por Girardi e Mourão Filho (2006), corroboram os resultados encontrados neste trabalho. Ao estudarem o uso dos porta-enxertos citrumeleiro ‘Swingle’ e limoeiro ‘Volkameriano’ para a laranjeira ‘Pêra’ com uso de diferentes interenxertos, verificou-se que as plantas enxertadas em citrumeleiro ‘Swingle’ apresentaram maiores valores quanto à massa seca da raiz, do que as enxertadas no limoeiro ‘Volkameriano’, caracterizando o citrumeleiro ‘Swingle’ como portador de um sistema radicular mais denso (WUTSCHER, 1998).

Em relação as características avaliadas da raiz, não foram constatadas diferenças significativas entre as mesmas. O fato de as plantas avaliadas estarem acondicionadas em sacos plásticos de 3 L, pode ter sido um fator responsável por influenciar os resultados obtidos, já que todas as mudas avaliadas, sendo estas interenxertadas ou não, detinham uma altura de no mínimo 60 cm aos 381 DAE. O uso de recipientes com pequenas dimensões pode gerar efeito inibitório sobre o crescimento do sistema radicular, impondo uma restrição similar àquela resultante da compactação do solo, limitando o crescimento e o desenvolvimento de várias espécies pela redução da área foliar, altura e produção de biomassa (MARSCHNER, 1995). Desta forma, o recipiente utilizado pode ter atuado como uma barreira física para a expressão do potencial máximo de suas raízes, interferindo conseqüentemente nos resultados obtidos.

Mediante a presença do interenxerto ‘Flying Dragon’, verificou-se um incremento na densidade dos elementos de vasos do xilema da copa e uma redução no diâmetro médio dos mesmos (Figura 12A e 13A), evidenciando um possível efeito de compensação entre estas variáveis, independentemente do porta-enxerto utilizado. Estudos com pomeleiros relatam que o uso de porta-enxertos com genética de *Poncirus trifoliata* parecem incrementar a densidade dos elementos de vasos em relação ao uso de porta-enxertos do gênero *Citrus* (VASCONCELLOS; CASTLE, 1994).

O diâmetro dos elementos de vasos afeta diretamente o volume do fluxo de água e consequentemente a eficiência condutiva desempenhada pelos mesmos (ZIMMERMANN, 1983). Os elementos de vasos mais largos são mais eficientes do que os estreitos (CARLQUIST, 1975). Em contrapartida, acabam sendo mais suscetíveis à cavitação em determinadas situações de estresse, como por exemplo, déficit hídrico (VASCONCELLOS; CASTLE, 1994). Já os elementos de vasos com menores diâmetros, podem não ser capazes de fornecer água suficiente para as plantas jovens, de forma a não conseguir sustentar o crescimento e a posterior frutificação. Assim, as características e a capacidade hidráulica do sistema vascular podem desempenhar papel fundamental na regulação da condutância estomática e nas taxas de trocas gasosas, influenciando todo metabolismo da planta e no crescimento vegetativo alcançado pela mesma (SPERRY et al., 1993; OLMSTEAD et al., 2006; GONÇALVES et al., 2007; TOMBESI et al., 2009).

Estudos relacionando as características dos elementos de vasos do xilema em plantas enxertadas geralmente são direcionadas aos porta-enxertos e não as copas (GAONA-PONCE et al., 2018). Poucos são os trabalhos em citros que avaliam os efeitos de diferentes porta-enxertos na anatomia vascular das copas (VASCONCELLOS; CASTLE, 1994; MARTINEZ-ALCÁNTARA et al., 2013), sendo isto também averiguado para outras espécies frutíferas (JUPA MÉSZÁROS; PLAVCOVÁ, 2021; XU et al., 2021). As características dos elementos de vasos são variáveis, sendo estas influenciadas por diversos fatores, como variações na idade do material vegetal, assim como por diferenças nos próprios genótipos.

Vasconcellos e Castle (1994) verificaram que árvores cítricas enxertadas em limoeiro ‘Rugoso’ (*C. jambhiri* Lush) ou em citrangeiro ‘Carrizo’ [*C. sinensis* (L.) Osb. x *Poncirus trifoliata* (L.) Raf], detinham os elementos de vasos da copa maiores e mais abundantes do que àquelas enxertadas em laranjeira ‘Azeda’ ou em tangerineira ‘Cleópatra’, as quais detinham vasos menores e em menor quantidade. Rodriguez-Gamir et al. (2010) ao compararem mudas de nove meses de idade de porta-enxertos de tangerineira ‘Cleópatra’, *Poncirus trifoliata* e os seus híbridos citrandarineiros Forner-Alcaide nº 5 (FA-5) e Forner-Alcaide nº 13 (FA-13), com

árvores de laranjeira ‘Valência’ com 15 meses de idade enxertadas nesses quatro porta-enxertos, verificaram que as diferenças quanto ao desempenho fisiológico das árvores podem estar associadas à anatomia do xilema dos porta-enxertos. Estudos na cultura da macieira com variadas copas e porta-enxertos, demonstraram diferenças quanto às características estomáticas e de condutividade hidráulica da copa, sendo essas características associadas às variações no vigor da mesma; as copas mais vigorosas foram àquelas que apresentaram maior condutividade hidráulica (ROBINSON et al., 2011; FOSTER et al., 2015; SERRA et al., 2016; FAZIO et al., 2018; XU et al., 2021).

Visto que o tamanho dos elementos de vasos pode ser regulado geneticamente, as variações quanto à área dos mesmos, e conseqüentemente quanto os valores referentes à relação AV/AX_{PE} , podem ser justificadas mediante o uso de porta-enxertos vigorosos e anões (OLMSTEAD et al., 2006). Desta forma, alterações no padrão do sistema vascular mediante o uso de diferentes porta-enxertos cítricos, consistem em características importantes que devem ser avaliadas na escolha dos genótipos que serão utilizados, de forma que a combinação destes, seja adequada à variadas situações de campo.

Os resultados obtidos em relação às variáveis fisiológicas analisadas no presente trabalho, vão ao encontro com os resultados obtidos por Kamiloglu e Yesiloglu, (2014). As combinações onde o interenxerto estava presente, apresentaram maiores taxas fotossintéticas do que as combinações sem o mesmo (KAMILOGLU; YESILOGLU, 2014). O uso de interenxertos do trifoliato ‘Flying Dragon’ e do pomeleiro ‘Star Ruby’, incrementaram as taxas fotossintéticas e a transpiração nas plantas de laranjeira ‘Navelina’. Já para o limoeiro ‘Küt diken’, o citrumeleiro ‘1452’ usado como interenxerto propiciou o incremento na assimilação líquida de CO_2 . Nota-se que, independentemente do genótipo utilizado como interenxerto, a presença do mesmo foi preponderante, influenciando positivamente as variáveis fisiológicas avaliadas, incrementando-as em relação as plantas não interenxertadas.

Wang et al. (2020) ao utilizarem como copa a variedade ‘Yuanxiaochun’, interenxertada com cinco variedades de tangerinas e enxertadas em *P. trifoliata*, observaram diferentes efeitos dos interenxertos sobre o crescimento, desenvolvimento e características fotossintéticas das plantas. Quando se utilizou a tangerineira ‘Ponkan’ e o cunquateiro (*Fortunella margarita* Lour. Swingle) como interenxerto, foi possível verificar incrementos na assimilação líquida de CO_2 , condutância e densidade estomática. Quanto à relação F_v/F_m , os maiores valores foram obtidos quando se utilizou como interenxerto a tangerineira ‘Ponkan’, a tangerineira ‘Harumi’ e tangoreiro ‘Tarocco’. Contudo, apesar das diferentes respostas quanto às variáveis

fotossintéticas avaliadas mediante ao uso de determinado genótipo como interenxerto, de forma geral, a presença do interenxerto incrementou as características fotossintéticas da copa, corroborando os resultados expostos neste trabalho.

Estudos relatam os efeitos das altas temperaturas comumente registradas no interior das casas de vegetação, aliadas à baixa condutividade hidráulica das raízes e caule do 'Flying Dragon' para a parte aérea das plantas nele enxertadas (MARTÍNEZ-ALCÁNTARA et al., 2013; GUILHERME, 2014). Alidado a estes fatores, falhas no ponto de união do enxerto com o porta-enxerto podem gerar uma descontinuidade parcial dos tecidos vasculares, causando a depleção de solutos, nutrientes e outras substâncias (HARTMANN; KESTER, 2011). Os resultados obtidos neste trabalho demonstram que as trocas gasosas das mudas de tangerineira 'Ponkan' interenxertadas foram influenciadas pela presença do interenxerto 'Flying Dragon', independentemente do porta-enxerto utilizado. Contudo, o desenvolvimento e o metabolismo das mesmas não foram prejudicados, pelo contrário, visto que, os valores médios de A , g_s e E , foram incrementados em relação as plantas não interenxertadas (Figura 15A, C e D).

Sabe-se que decréscimos significativos do carbono intracelular (C_i) podem ocasionar a redução da assimilação líquida de CO_2 (A), mediante a redução na atividade da rubisco (MACHADO et al., 2002). A presença do interenxerto de 5 cm de 'Flying Dragon' incrementou a C_i , enquanto os comprimentos 5 e 10 cm de interenxerto aumentaram a eficiência em carboxilação (A/C_i), sendo esta designada como a velocidade com que o CO_2 fixado é processado pela planta (MEDEIROS, 2019). Desta forma, permitiu-se o maior influxo de CO_2 para a cavidade subestomática, na mesma velocidade com que este era utilizado, gerando conseqüentemente um aumento dos valores médios de A em relação as plantas não interenxertadas (Figura 16A e B).

A relação F_v/F_m é um indicador importante de dano ao fotossistema II (P680), representando, portanto, a eficiência de conversão da energia luminosa primária e a capacidade fotossintética máxima potencial da planta (JIANG et al., 2002; GUIDI et al., 2007; ZHOU et al., 2016). Sob condições de estresse, os eventos que ocorrem nas membranas dos tilacóides podem ser afetados, o que acaba interferindo na eficiência fotossintética, inativando o fotossistema II e a cadeia transportadora de elétrons, comprometendo toda a produção de ATP e NADPH para a planta (KRAUSE; WEISS, 1991; COSTA et al., 2003; SILVA et al., 2006). Desta forma, os valores de F_v/F_m devem estar entre a faixa de 0,75 a 0,85, indicando que as plantas não estão submetidas à possíveis condições de estresse geradoras de danos ao PSII (REIGOSA; WEISS, 2001; GUO et al., 2006).

Os resultados encontrados demonstram que os valores médios de F_v/F_m das plantas interenxertadas equipararam-se aos valores das plantas não interenxertadas, estando todos acima de 0,80 (Figura 15B). Estes valores denotam que as plantas não se encontravam em condições de estresse, ou que estas eram similares entre todos os tratamentos. Isto evidencia que nas condições estudadas, não houve efeito estressor pela realização da interenxertia. Os resultados encontrados por Wang *et al.* (2020) foram similares, corroborando os encontrados neste trabalho.

Apesar da redução da KHT_{CO} observada em tangerineiras ‘Ponkan’ interenxertadas com 10 cm de ‘Flying Dragon’, sobre esse mesmo tratamento também foi observado incrementos na condutância estomática (g_s) e transpiração (E), além de uma maior assimilação líquida de CO_2 (A), e eficiência de carboxilação (A/C_i). Este descompasso entre uma maior condutância estomática e uma menor condutividade hidráulica, pode ser um risco em plantas interenxertadas com o trifoliato ‘Flying Dragon’, podendo gerar quadros de déficit hídrico em ambientes com alta demanda evaporativa pela atmosfera. No entanto, o comportamento das plantas interenxertadas foi similar ao das plantas enxertadas em ‘Flying Dragon’, porta-enxerto este recomendado para regiões sem períodos marcados por déficit hídrico ou com uso de um sistema de irrigação (STUCHI *et al.*, 2012). Essa preocupação pode ser ainda melhor evidenciada em decorrer da menor eficiência intrínseca do uso da água (A/g_s) apresentada por parte das plantas interenxertadas, sem diferenças quanto a eficiência instantânea do uso da água (A/E). Tais pontos demonstram possíveis vulnerabilidades e necessitam ser avaliados em condições de cultivo a campo ou sobre estresse hídrico.

Quando a planta se encontra sob alguma situação de estresse, o fechamento estomático é intensificado e conseqüentemente torna-se necessário um melhor aproveitamento do uso da água (FERRAZ *et al.*, 2012). Uma vez que os estômatos tendem a se fecharem, e a planta diminui sua transpiração, tem-se uma melhor conversão de água em matéria seca. O uso mais eficiente da água está diretamente relacionado com o tempo de abertura estomática, pois, enquanto a planta absorve CO_2 para a fotossíntese, a água é perdida por transpiração (CONCENÇO *et al.*, 2007). Como as plantas não se encontravam sob situações de estresse, o que foi verificado com base nos resultados obtidos, a abertura estomática é maior, incrementando assim a taxa fotossintética. Portanto, espera-se que haja uma menor eficiência do uso intrínseco da água, uma vez que tal parâmetro é calculado mediante a relação da assimilação líquida de CO_2 e a condutividade estomática.

Diferenças fotossintéticas podem ser ocasionadas em função de diversos fatores, sendo estes externos, como a disponibilidade de água e nutrientes, temperatura, irradiância e concentração de CO₂, e internos, como fatores genéticos propriamente ditos (MARENCO et al., 2014; MARTÍNEZ-CUENCA et al., 2016). Relacionam-se ao genótipo, aspectos morfológicos, como por exemplo a densidade estomática, e aspectos bioquímicos, como a atividade da própria rubisco (MARTÍNEZ-CUENCA et al., 2016). Em citros, a densidade estomática é influenciada pelo uso de diferentes porta-enxertos, alterando a fotossíntese das copas sobre eles enxertadas (MORINAGA; IKEDA, 1990). Além disso, as características dos elementos de vasos do xilema da copa e do porta-enxerto e a condutividade hidráulica apresentada pelos mesmos, também é correlacionada com as taxas de troca de CO₂ das plantas cítricas (SYVERTSEN et al., 1985; RODRIGUEZ-GAMIR et al., 2010; XU et al., 2021).

A interação entre os genótipos copa e porta-enxerto é complexa, afetando o conjunto do metabolismo do indivíduo como um todo, por meio da modulação da expressão gênica. Evidências a respeito dos mecanismos associados a forma com que as interações entre diferentes copas e porta-enxertos ocorre, tem surgido cada vez mais na literatura (OLIEN; LAKSO, 1986; ROBINSON et al., 2011; XU et al., 2021; HUANG et al., 2021). Desta forma, a explicação desses mecanismos ajudará também na melhor compreensão dos efeitos observados mediante o uso de interenxertos.

6. CONCLUSÕES

O uso de interenxerto do trifoliateiro 'Flying Dragon' com os comprimentos de 5, 10 e 15 cm, reduz o desenvolvimento vegetativo de mudas da tangerineira 'Ponkan' sobre os porta-enxertos limoeiro 'Cravo' e citrumeleiro 'Swingle', apresentando desempenho similar às plantas enxertadas em 'Flying Dragon'.

A presença de interenxerto do trifoliateiro 'Flying Dragon' modifica a anatomia vascular de mudas de tangerineira 'Ponkan'. Interenxerto com 10 cm de comprimento propicia incrementos na densidade dos elementos de vasos da copa, bem como reduzem o diâmetro e a condutância hidráulica teórica do xilema de mudas da tangerineira 'Ponkan' sobre os porta-enxertos limoeiro 'Cravo' e citrumeleiro 'Swingle'.

O uso de interenxerto do trifoliateiro 'Flying Dragon' com os comprimentos de 5 e 10 cm sobre o limoeiro 'Cravo' e o citrumeleiro 'Swingle' propiciam incrementos no desempenho fotossintético de mudas da tangerineira 'Ponkan'.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBRECHT, U.; BOWMAN, K. D. Tolerance of trifoliolate citrus rootstock hybrids to *Candidatus Liberibacter asiaticus*. **Scientia Horticulturae**, v. 147, p. 71-80, 2012.
- AMARAL, C. O. **Produção e qualidade dos frutos da laranjeira (*Citrus sinensis* L. Osbeck) ‘Folha Murcha’ sob diferentes lâminas de irrigação**. 2013. 69 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UNF), Campos dos Goytacazes, RJ, 2013.
- BELO, A. P. M. **Caracterização sensorial e físico-química de tangerinas produzidas em Goiás**. 2017. 104 f. Tese (Programa de Pós-graduação em Agronomia). Universidade Federal de Goiás, Goiania, GO, 2017.
- BITTERS, W. P.; COLE, D. A.; MCCARTY, C. D. Facts about dwarf citrus trees. **Banco Nacional de Costa Rica**, v. 64, p. 54-56, 1979.
- BLUMER, S. **Citrandarins e outros híbridos de trifoliata como porta-enxertos nanicantes para a laranjeira ‘Valência’ (*Citrus sinensis* L. Osbeck)**. 2005. 118 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ), Piracicaba, SP, 2005.
- BOAVA, L. P.; SAGAWA, C. H. D.; CRISTOFANI-YALY, M.; MACHADO, M. A. Incidence of ‘*Candidatus Liberibacter asiaticus*’- Infected plants among citrandarins as rootstock and scion under field conditions. **Phytopathology**, v. 105, n. 4, p. 518-524, 2015.
- CARLQUIST, S. J. Ecological strategies of xylem evolution. **University of California Press**, 1975.
- CARVALHO, S. A.; DE NEGRI, J.; MÜLLER, G. W.; POMPEU JÚNIOR, J. Inter-enxertia e ocorrência de tristeza capão bonito em laranja Pera IAC 2000. **Tropical Plant Pathology**, v. 36, n. 6, p. 1267, 2011.
- CARVALHO, S. A.; GIRARDI, E. A.; MOURÃO, F. de A. A.; FERRAREZI, R. S.; FILHO, H. D. C. Advances in citrus propagation in Brazil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 41, n. 6, 2019.
- CASTLE, W. S. Rootstock and interstock effects on the growth of young ‘Minneola’ tangelo trees. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**, v. 105, p. 82-84, 1992.
- CHENG, F. S.; ROOSE, M. L. Origin and inheritance of dwarfing by the citrus rootstock *Poncirus trifoliata* ‘Flying Dragon’. **Journal of the American Society Horticultural Science**, v. 120, n. 2, p. 286-291, 1995.
- COHEN, S.; NAOR, A.; BENNINK, J.; GRAVA, A.; TYREE, M. Hydraulic resistance components of mature apple trees on rootstocks of different vigour. **Journal of Experimental Botany**, v. 58, n. 15-16, p. 4213-4224, 2007.

CONCENÇO, G.; FERREIRA, E. A.; SILVA, A. A.; FERREIRA, F. A.; VIANA, R. G.; D'ANTONINO, L.; VARGAS, L.; FIALHO, C. M. T. Uso da água em biótipos de azevém (*Lolium multiflorum*) em condição de competição. **Planta Daninha**, v. 25, n. 3, p. 449-455, 2007.

COSTA, E. S.; BRESSAN-SMITH, R.; OLIVEIRA, J. G.; CAMPOSTRINI, E. Chlorophyll a fluorescence analysis in response to excitation irradiance in bean plants (*Phaseolus vulgaris* L. and *Vigna unguiculata* L. Walp) submitted to high temperature stress. **Photosynthetica**, v. 41, n. 1, p. 77-82, 2003.

DI VAIO, C.; CIRILLO, C.; BUCCHERI, M.; LIMONGELLI, F. Effect of interstock (M.9 and M.27) on vegetative growth and yield of apple trees (cv. 'Annurca'). **Scientia Horticulturae**, v. 119, n. 3, p. 270-274, 2009.

DONADIO, L. C.; STUCHI, E. S. **Adensamento de plantio e ananicação de citros**. Boletim agrícola 16, Jaboticabal: FUNEP, 2001, 70 p.

ESPINOZA-NÚÑEZ, E.; MOURÃO FILHO, F. D. A. A.; STUCHI, E. S.; CANTUARIAS-AVILÉS, T.; dos SANTOS DIAS, C. T. dos S. Performance of 'Tahiti' lime on twelve rootstocks under irrigated and non-irrigated conditions. **Scientia Horticulturae**, v. 129, n. 2, p. 227-231, 2011.

FACHINELLO, J. C.; HOFFMANN, A.; NACHTIGAL, J. C. **Propagação de plantas frutíferas**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005, 221 p.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>>. Acesso em: 25 de setembro 2020.

FAZIO, G.; LORDAN, J.; FRANCESCOTTO, P.; ROBINSON, T. L. Breeding apple rootstocks to match cultural and nutrient requirements of scion varieties. **FRUIT Q**, v. 26, p. 25-30, 2018.

FERMINO, C. E. **Porta-enxerto para a citricultura paulista**. (Ed.) FERMINO, E. C.; STUCHI, E. S., DONADIO, L. C. Boletim Agrícola, Jaboticabal: Funep, 1997, 47 p.

FERRAZ, R. L. de S., MELO, A. S. de; SUASSUNA, J. F.; BRITO, M. E. B de; FERNANDES, P. D.; JÚNIOR, E. da S. Trocas gasosas e eficiência fotossintética em genótipos de feijoeiro cultivados no semiárido. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 42, n. 2, p. 181-188, 2012.

FONER-GINER, M. A.; RODRÍGUEZ-GAMIR, J.; MARTÍNEZ-ALCÁNTARA, B.; QUIÑONES, A.; IGLESIAS, D. J.; PRIMO-MILLO, E. FORNER, J. Performance of Navel orange trees grafted onto two new dwarfing rootstocks (Forner-Alcaide 517 and Forner-Alcaide 418). **Scientia Horticulturae**, v.179, p. 376-387, 2014.

FOSTER, T. M.; CELTON, J. M.; CHAGNÉ, D.; TUSTIN, D. S.; GARDINER, S. E. Two quantitative trait loci, dw1 and dw2, are primarily responsible for rootstock-induced dwarfing in apple. **Horticulture Research**, v. 2, n. 1, p. 1-9, 2015.

FUNDECITRUS. Inventário de árvores do cinturão citrícola de São Paulo e Triângulo/Sudoeste Mineiro: retrato dos pomares em março de 2020. Disponível em: <https://www.fundecitrus.com.br/pdf/pes_relatorios/2020_06_25_Inventário_e_Estimativa_do_Cinturao_Citricola_2020-20211.pdf>. Acesso em: 4 de outubro de 2020.

GAONA-PONCE, M.; ALMAGUER-VARGAS, G.; BARRIENTOS-PRIEGO, A. F.; BORJA-DE LA ROSA, M. A. M. Relationship of rootstock xylem anatomy with the initial growth of ‘Tahiti’ lime (*Citrus x latifolia* Tanaka ex Q. Jiménez). **Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente**, v. 24, n. 3, p. 359-370, 2018.

GILL, P.; SINGH, N. Effect of different stionic combinations on fruiting and quality of pear cv. Punjab Beauty. **Asian Journal of Horticulture**, v. 9, n. 2, p. 301-304, 2014.

GIMENO, V.; SYVERTSEN, J. P.; NIEVES, M.; SIMÓN, I.; MARTÍNEZ, V.; GARCIA-SANCHEZ, F. Orange varieties as interstocks increase the salt tolerance of lemon trees. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v. 84, n. 6, p. 625-631, 2009.

GIRARDI, E.A.; MOURAO FILHO, F. de A.A. Production of interstocked ‘Pera’ sweet orange nurse trees on ‘Volkamer’ lemon and ‘Swingle’ citrumelo rootstocks. **Scientia Agrícola**, v. 63, n. 1, p. 5-10, 2006.

GONÇALVES, B.; CORREIA, C. M.; SILVA, A. P.; BACELAR, E. A.; SANTOS, A.; FERREIRA, H.; MOUTINHO-PEREIRA, J. M. Variation in xylem structure and function in roots and stems of scion-rootstock combinations of sweet cherry tree (*Prunus avium* L.). **Trees**, v. 21, n. 2, p. 121-130, 2007.

GONZATTO, M. P.; KOVALESKI, A. P.; BRUGNARA, E. C.; WEILER, R. L.; SARTONI, I. A.; LIMA, J. G. D.; SCHWARZ, S. F. Performance of ‘Oneco’ mandarin on six rootstocks in South Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, p. 406-411, 2011.

GRELLMANN, E. O. **Produção de mudas de macieira**. Boletim técnico, Porto Alegre: FEPAGRO, v. 31, 1988, 15-19 p.

GUIDI, L.; MORI, S.; DEGL’INNOCENTI, E.; PECCHIA, S. Effects of ozone exposure or fungal pathogen on white lupin leaves as determined by imaging of chlorophyll *a* fluorescence. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 45, n. 10, p. 851-857, 2007.

GUILHERME, D. O.; MARINHO, C. S.; BIAZATT, M. A.; CAMPOS, G. S.; BREMENKAM, C. A. Produção de mudas de laranjeira ‘Pêra’ por meio do método de interenxertia. **Revista Ciência Rural**, v. 44, n. 3, p. 414-417, 2014.

GUO, Y. P.; ZHOU, H. F.; ZHANG, L. C. Photosynthetic characteristics and protective mechanisms against photooxidation during high temperature stress in two citrus species. **Scientia Horticulturae**, v. 108, n. 1 p. 260-267, 2006.

HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E. **Plant propagation: principles and practices**. 8. ed. São Paulo: Prentice-Hall, 2011, 915 p.

HARTMANN, N. T.; KESTER, D. E.; DAVIES JUNIOR, F. T. **Plant propagation: principles and practices**. 5. ed. Englewood Cliffs: Regents/Prentice-Hall, 1990, 647 p.

HUANG, Y.; XU, Y.; JIANG, X.; YU, H.; JIA, H.; TAN, C.; XU, Q. Genome of a citrus rootstock and global DNA demethylation caused by heterografting. **Horticulture Research**, v. 8, n. 1, p. 1-13, 2021.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção Agrícola Municipal, 2019. [S.l: s.n.], 2021. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/home/ipca15/brasil>>. Acesso em: 25 de setembro 2020.

IWASAKI, M.; HIROSHI, F.; KEIKO, S.; HIROHISA, N. Development of tree vigor prediction method at an early stage based on stem hydraulic conductance of seedlings in citrus rootstocks. **Journal of the Japanese Society for Horticultural Science**, v. 80, n. 4, p. 390-395, 2011.

IWASAKI, T.; NISHIURA, M.; SHICHIJO, T.; OKUDAI, N. Double-working of Satsuma orange. II Effects of the interstock on tree growth, fruit quality and yield. **Journal of the Japanese Society for Horticultural Science**, v. 30, n. 1, p. 63-72, 1961.

JENSEN, P. J.; HALBRENDT, N.; FAZIO, G.; MAKALOWSKA, I.; ALTMAN, N.; PRAUL, C.; MAXIMOVA, S. N.; NGUGI, H. K.; CRASSWELLER, R. M.; TRAVIS, J. W.; MCNELLIS, T. W. Rootstock-regulated gene expression patterns associated with fire blight resistance in apple. **BMC Genomics**, v. 13, n. 1, p. 1-17, 2012.

JESUS JUNIOR, W. C.; BASSANEZI, R. B. Análise da dinâmica e estrutura de focos da morte súbita dos citros. **Fitopatologia Brasileira**, v. 29, p. 399-405, 2004.

JIANG, C. D.; GAO, H. Y.; ZOU, Q. Characteristics of photosynthetic apparatus in Mn-starved maize leaves. **Photosynthetica**, v. 40, n. 2, 209-213, 2002.

JUPA MÉSZÁROS, R. M.; PLAVCOVÁ, L. Linking wood anatomy with growth vigour and susceptibility to alternate bearing in composite apple and pear trees. **Plant Biology**, v. 23, n. 1, p. 172-183, 2021.

KAMILOGLU, M. U.; YESILOGLU, T. Effect of interstocks in photosynthesis and growth rates for 'Navelina' orange and 'Küttdiken' lemon. **Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences**, v. 1, p. 939-946, 2014.

KRAUSE, G. H.; WEISS, E. Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: The Basics. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v. 42, n. 1, p. 313- 49, 1991.

LIMA, C. F., MARINHO, C. S., COSTA, E. S., AMARAL, C. O. Qualidade dos frutos e eficiência produtiva da laranjeira 'Lima' enxertada sobre 'Trifoliata', em cultivo irrigado. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 9, n. 3, p. 401-405, 2014.

LONG, S. P.; BERNACCHI, C. J. Gas exchange measurements, what can they tell us about Gas exchange measurements, what can they tell us about the underlying limitations to photosynthesis? Procedures and sources of error. **Journal of Experimental Botany**, v. 54, n. 392, p. 2393-2401, 2003.

- LOPES, J. M. S.; DÉO, T. F. G.; ANDRADE, B. J. M.; GIROTO, M.; FELIPE, A. L. S.; JUNIOR, C. E. I.; BUENO, C. E. M. S.; SILVA, T. F.; LIMA, F. C. C. Importância econômica dos citros no Brasil. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, v. 20, n. 10, p. 2, 2011.
- MACHADO, E. C.; MEDINA, C. L.; GOMES, M. M. A.; HABERMANN, G. Variação sazonal da fotossíntese, condutância estomática e potencial da água na folha de laranjeira 'Valência'. **Scientia Agricola**, v. 59, p. 53-58, 2002.
- MARCON FILHO, J. L.; RUFATO, L.; RUFATO, A. D. R.; KRETZSCHMAR, A. A.; ZANCAN, C. Aspectos produtivos e vegetativos de macieiras cv. 'Imperial Gala' interenxertadas com 'EM-9'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, n. 3, p. 784-791, 2009.
- MARENCO, R. A.; VERA, A. S. A.; GOUVÊA, P. R. S.; CAMARGO, M. A. B.; OLIVEIRA, M. F.; SANTOS, J. K. S. Fisiologia de espécies florestais da Amazônia: fotossíntese, respiração e relações hídricas. **Revista Ceres**, v. 61, n. 7, p. 786-789, 2014.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic, 1995, 889 p.
- MARTÍNEZ-ALCÁNTARA, B.; RODRÍGUEZ-GAMIR, J.; MARTÍNEZ-CUENCA, M. R.; IGLESIAS, D. J.; PRIMO-MILLO E.; FORNER-GINER, M. A. Relationship between hydraulic conductance and citrus dwarfing by the Flying Dragon rootstock (*Poncirus trifoliata* L. Raft var. monstrosa). **Trees - Structure and Function**, v. 27, n. 3, p. 629-638, 2013.
- MARTÍNEZ-CUENCA, M. R.; PRIMO-CAPELLA, A.; FORNER-GINER, M. A. Influence of rootstock on Citrus tree growth: Effects on photosynthesis and carbohydrate distribution, plant size, yield, fruit quality and dwarfing genotypes. **Plant Growth**, v. 16, p.107, 2016.
- MAXWELL, K.; JOHNSON, G. N. Chlorophyll fluorescence - a practical guide. **Journal of Experimental Botany**, v. 51, n. 345, p. 659-668, 2000.
- MEDEIROS, E. C. de. **Ecofisiologia de duas espécies lenhosas da Caatinga ocorrentes em inselbergs**. 2019. 42 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas). Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Areia, PB, 2019.
- MORINAGA, K; IKEDA, F. The effects photosynthetic of several rootstocks product, and growth on photosynthesis, of young satsuma distribution of mandarin trees. **Journal of the Japanese Society for Horticultural Science**, v. 59, n. 1, p. 29-34. 1990.
- O'BRIEN, T. P.; MCCULLY, M. E. The study of plant structure principles and select methods. **Melbourne, Termarcarphi, Pty**, 1981.
- OGATA, T.; TAKAHARA, T.; FUJIWAWA, H. Bark grafting is useful to evaluate the size controlling effect of citrus rootstocks at the young seedling stage. **Journal of the Japanese Society for Horticultural Science**, v. 68, n. 2, p. 216, 1999.
- OLIEN, W.; LAKSO, A. N. Effect of rootstock on apple (*Malus domestica*) tree water relations. **Physiology Plant**, v. 67, n. 3, p. 421-430, 1986.

OLMSTEAD, M. A.; LANG, N. S.; EWERS, F. W.; OWENS, S. A. Xylem vessel anatomy of sweet cherries grafted on dwarfing rootstocks. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 131, n. 5, p. 577-585, 2006.

PASA, M. S. KATSURAYAMA, J. M.; BRIGHENTI, A. F.; ARAÚJO, J. V. D.; BONETI, J. I. D. S. Desempenho de macieiras ‘Imperial Gala’ e ‘Mishima Fuji’ em diferentes porta-enxertos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 1, p. 17-26, 2016.

PASSOS, O. P.; BOSWELL, S. B. A review of citrus tree spacing. **Citrograph**, v. 64, n. 9, p. 211-218, 1979.

PIO, R. M.; FIGUEIREDO, J. O.; STUCHI, E. S.; CARDOSO, S. A. B. Variedades Copas. In: MATTOS JUNIOR, D.; NEGRI, J. D.; PIO, R. M.; POMPEU JÚNIOR, J. **Citros**. Campinas: Instituto Agrônômico e Fundag, p. 429-447, 2005.

POMPEU JÚNIOR, J. **Citros**. Campinas: FUNDAG, 2005, 63-104 p.

POMPEU JÚNIOR, J. **Rootstocks and scions in the citriculture of de São Paulo State**. In: Proceedings. 6. ed. International Congress of Citrus Nurserymen. Ribeirão Preto: EECB/Fundecitrus, 2001, 75-82 p.

POMPEU JÚNIOR, J.; BLUMER, S. Híbridos de trifoliata como porta-enxertos para a laranja Valência. **Revista Brasileira de Pesquisa Agropecuária**, v. 44, n. 7, p. 701-705, 2009.

RAO, M. J.; ZUO, H.; XU, Q. Genomic insights into citrus domestication and its important agronomic traits. **Plant Communications**, v. 2, p. 100138, 2021.

REUTHER, W.; BATCHELOR, L. D.; WEBBER, H. J. History and development of the Citrus industry, In: WEBBER, H. J.; REUTHER, W.; BATCHELOR, L. D. **The Citrus Industry**. Berkeley: University of California, 1967, 1-37 p.

RICHARDS, D.; THOMPSON, W. K.; PHARIS, R. P. The influence of dwarfing interstocks on the distribution and metabolism of xylem-Applied [³H]Gibberellin A₄ in Apple. **Plant Physiology**, v. 82, n. 4, p. 1090-1095, 1986.

ROBERTO, S. R.; DONADIO, L. C.; SEMPIONATO, O.; CABRITA, J. R. M.; DE NEGRI, J. D. Tree growth in high densities and costs for citrus planting in Brazil. **Proceedings of International Society of Citricultura**, v. 20, n. 7, p. 721-722, 1992.

ROBINSON, T.; FAZIO, G.; HOYING, S.; MIRANDA, M.; IUNGERMAN, K. Geneva®rootstocks for weak growing scion cultivars like ‘Honeycrisp’. **New York Fruit Quarterly**, v. 19, n. 2, p. 10-16, 2011.

RODRIGUES, F. A.; FREITAS, G. D. F.; MOREIRA, R. A.; PASQUAL, M. (2010). Caracterização dos frutos e germinação de sementes dos porta-enxertos trifoliata ‘Flying Dragon’ e ‘citrumelo Swingle’. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 4, p. 1180-1188, 2010.

- RODRIGUES, M. J. da S.; OLIVEIRA, E. R. M. de; GIRARDI, A. E.; LEDO, C. A. da S.; FILHO, W. dos S. S. Produção de mudas de citros com diferentes combinações copa e porta-enxerto em viveiro protegido. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 38, n.1, p. 187-201, 2016.
- RODRÍGUEZ-GAMIR, J.; INTRIGLIOLO, D. S.; PRIMO-MILLO, E.; FORNER-GINER, M. A. Relationships between xylem anatomy, root hydraulic conductivity, leaf/root ratio and transpiration in citrus trees on different rootstocks. **Physiologia plantarum**, v. 139, n. 2, p. 159-169., 2010.
- SAMPAIO, V. R. Efeitos de filtros de *Poncirus trifoliata* e de alturas de enxertia na laranjeira ‘Valência’ enxertada em limão ‘Cravo’. **Scientia Agricola**, v. 50, n. 3, p. 360-364, 1993.
- SCARPARE FILHO, J. A.; KLUGE, R. A.; VICTÓRIA FILHO, R.; TESSARIOLI NETO, J.; JACOMINO, A. P. Comportamento de duas Cultivares de pessegueiro com interenxerto da ameixeira ‘Januária’. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 4, p. 757-765, 2000.
- SCHWARZ, S. F.; SOUZA, E. L. de S.; OLIVEIRA, R. P de. Características das variedades-copa. In: EFROM, C. F. S.; SOUZA, P. V. D. de. **Citricultura do Rio Grande do Sul: indicações técnicas**. 1. ed. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, Pecuária e Irrigação - SEAPI; DDPA, 2018.
- SELEZNYOVA, A. N.; TUSTIN, D. S.; THORP, T. G. Apple dwarfing rootstocks and interstocks affect the type of growth units produced during the annual growth cycle: precocious transition to flowering affects the composition and vigour of annual shoots. **Annals of Botany**, v. 101, n. 5, p. 679-687, 2008.
- SERRA, S.; LEISSO, R.; GIORDANI, L.; KALCSITS, L.; MUSACCHI, S. Crop load influences fruit quality, nutritional balance, and return bloom in ‘Honeycrisp’ apple. **HortScience**, v. 51, n. 3, p. 236-244, 2016.
- SETIN, D. Atual banco de sementes e sistema de produção de mudas de citros no estado de São Paulo. **11º Dia do Porta-enxerto**. Centro de Citricultura, Cordeirópolis, março de 2017. Disponível em: <<https://ccsm.br/eventos/dia-porta-enxerto>>. Acesso em: 20 de setembro de 2020.
- SILVA, M. M. P.; VASQUEZ, H. M.; BRESSAN-SMITH, R.; da SILVA, J. F. C.; ERBESDOBLER, E. D.; ANDRADE JUNIOR, P. S. C. Eficiência fotoquímica de gramíneas forrageiras tropicais submetidas à deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, p. 67-74, 2006.
- SILVA, S. R. D., STUCHI, E. S., GIRARDI, E. A., CANTUARIAS-AVILÉS, T.; BASSAN, M. M. Desempenho da tangerineira ‘Span Americana’ em diferentes porta-enxertos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, p. 1052-1058, 2013.
- SPERRY, J. S.; ALDER, N. N.; EASTLACK, S. E. The effect of reduced hydraulic conductance on stomatal conductance and xylem cavitation. **Journal of Experimental Botany**, v. 44, n. 6, p. 1075-1082, 1993.

STUCHI, E. S. Adensamento de plantio: Estratégia para a produtividade e lucratividade na citricultura. **Revista Ciência e Prática**, v. 16, p. 5-6, 2005.

STUCHI, E. S.; GIRARDI, E. A. **Use of horticultural practices in citriculture to survive Huanglongbing**. Embrapa Mandioca e Fruticultura-Documentos (INFOTECA-E), 2010, 68 p. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/25498/1/documentos-189i.pdf>>. Acesso em: 8 de outubro de 2020.

STUCHI, E. S.; GIRARDI, E. A.; SEMPIONATO, O. R.; REIFF, E. T.; da SILVA, S. R.; PAROLIN, L. G. Trifoliata flying dragon: porta-enxerto para plantios adensados e irrigados de laranjeiras doces de alta produtividade e sustentabilidade. **Embrapa Mandioca e Fruticultura-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 2012.

SYVERTSEN, J. P.; GRAHAM, J. H. Hydraulic conductivity of roots, mineral nutrition, and leaf gas exchange of Citrus rootstocks. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 110, p. 865-869, 1985.

TOMBESI, S.; JOHNSON, R. S.; DAY, K. R., DEJONG, T. M. Relationships between xylem vessel characteristics, calculated axial hydraulic conductance and size-controlling capacity of peach rootstocks. **Annals of Botany**, v. 105, n. 2, p. 327-331, 2010

TOMBESI, S.; JOHNSON, R. S.; DAY, K. R.; DEJONG, T. M. Relationships between xylem vessel characteristics, calculated axial hydraulic conductance and size controlling capacity of peach rootstocks. **Annals of Botany**, v. 105, n. 2, p. 327-331, 2009.

TSUNETA, M.; HAUAGGE, R. Cultivares e porta-enxertos. In: IAPAR. **A cultura da macieira no Paraná**. Londrina: Circular Técnica, v. 50, 1988, 22-33 p.

VASCONCELLOS, L. A. B. C.; CASTLE, W. S. Trunk xylem anatomy of mature healthy and blighted grapefruit trees on several rootstocks **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 119, n. 2, 185-194, 1994.

WANG, T.; XIONG, B.; TAN, L.; YANG, Y.; ZHANG, Y.; MA, M.; WANG, J. Effects of interstocks on growth and photosynthetic characteristics in ‘Yuanxiaochun’ *Citrus* seedlings. **Functional Plant Biology**, v. 47, n. 11, p.977-987, 2020.

WEBSTER, A. D. Rootstock and interstock effects on deciduous fruit tree vigour, precocity and yield productivity. **New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science**, v. 23, n. 4, p. 373-382, 1995.

WUTSCHER, H. K. Uso apropiado de las combinaciones injerto/patron en citricos en el tropico. **Proceedings of the Interamerican Society of Tropical Horticulture**, v. 42, p. 166-172, 1998.

XU, H.; EDIGER, D.; SINGH, A.; PAGLIOCCHINI, C. Rootstock–scion hydraulic balance influenced scion vigor and yield efficiency of *Malus domestica* cv. Honeycrisp on eight rootstocks. **Horticulturae**, v. 7, n. 5, p. 99, 2021.

YONEMOTO, Y.; MATSUMOTO, K.; KURUKAWA, T.; ASAKAWA, M.; OKUDA, H.; TAKAHARA, T. Effects of rootstock and crop load on sap flow rate in branches of

'Shirakawa Satsuma' mandarin (*Citrus inshiu* Marc.). **Scientia Horticulturae**, v. 102, n. 3, p. 295-300, 2004.

ZHOU, W.; SUI, Z.; WANG, J.; HU, Y.; KANG, K. H.; HONG, H. R.; NIAZ, Z.; WEI, H.; DU, Q.; PENG, C.; MI, P.; QUE, Z. Effects of sodium bicarbonate concentration on growth, photosynthesis, and carbonic anhydrase activity of macroalgae *Gracilariopsis lemaneiformis*, *Gracilaria vermiculophylla*, and *Gracilaria chouae* (Gracilariales, Rhodophyta). **Photosynthesis Research**, v. 128, n. 3, p. 259-270, 2016.

ZIMMERMANN, M. H. Xylem structure and the ascent of sap. **Springer-Verlag**, 1983.