

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA

RALPH BONANDI BARREIROS

**INTERENXERTIA DO TRIFOLIATEIRO 'FLYING DRAGON' NO CONTROLE DO
DESENVOLVIMENTO DE MUDAS DO TANGOREIRO 'MURCOTT'**

**VIÇOSA – MINAS GERAIS
2021**

RALPH BONANDI BARREIROS

**INTERENXERTIA DO TRIFOLIATEIRO ‘FLYING DRAGON’ NO CONTROLE DO
DESENVOLVIMENTO DE MUDAS DO TANGOREIRO ‘MURCOTT’**

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: Edgard A. de Toledo Picoli
Carlos Eduardo M. dos Santos

**VIÇOSA – MINAS GERAIS
2021**

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

T

Barreiros, Ralph Bonandi, 1983-

B271 Interenxertia do trifoliatoeiro 'Flying Dragon' no controle do
i2021 desenvolvimento de mudas do tangoreiro 'Murcott' / Ralph Bonandi
Barreiros. - Viçosa, MG, 2021.

55 f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador: Mateus Pereira Gonzatto.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 47-55.

1. *Citrus*. 2. *Poncirus trifoliata* . 3. Xilema - Anatomia. 4. Troca gasosa em plantas. I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Agronomia. Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia. II. Título.

CDD 22. ed.

RALPH BONANDI BARREIROS

**INTERENXERTIA DO TRIFOLIATEIRO 'FLYING DRAGON' NO CONTROLE DO
DESENVOLVIMENTO DE MUDAS DO TANGOREIRO 'MURCOTT'**

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*.

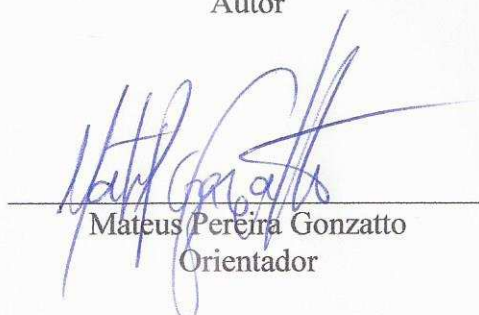
APROVADA: 05 de julho de 2021

Assentimento:



Ralph Bonandi Barreiros

Autor



Mateus Pereira Gonzatto
Orientador

**Dedico essa obra àqueles que desde do princípio acreditaram que ela seria possível,
minha mãe Marilza, minhas tias Maria da Penha e Marina, minha irmã Rayanne, meus
sobrinhos Mateus e Gabriel.**

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pelo dom da vida, por todas as graças concedidas e por ser o refúgio nas horas mais difíceis.

À Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade, todo apoio e suporte na realização do Mestrado.

Ao Professor Dr. Mateus Pereira Gonzatto, pela amizade, orientação, ensinamentos, dedicação, paciência e, principalmente, por me incentivar a buscar a fazer sempre o melhor, contribuindo para o meu crescimento pessoal e profissional.

Aos meus coorientadores Professor Dr. Carlos Eduardo Magalhães dos Santos e o Professor Dr. Edgard Augusto de Toledo Picoli pelas contribuições para o enriquecimento deste trabalho e por me acompanhar e incentivar a nesse trabalho mesmo nos momentos mais críticos.

A todos os professores pelo qual tive o prazer de conviver durante o mestrado, pelos ensinamentos que contribuíram para o meu crescimento pessoal e profissional.

À minha mãe, Marilza Bonandi e as minhas tias Maria da Penha Bonandi Cardoso, Marina Bonandi Andrade e Maria da Conceição Abreu pela paciência, amor, carinho, apoio, orações, conselhos e puxões de orelha, sem vocês eu não seria o homem que sou hoje.

Aos meus tios José Anchieta Cardoso (*in memoria*), José de Andrade e Dejour Abreu por sempre acreditar em mim, e nos momentos mais difíceis da minha vida nunca me abandonaram.

À minha irmã Rayanne e ao meu cunhado Marcos, pelo amparo e amizade incondicional, vocês são um exemplo em minha vida.

Aos meus sobrinhos Mateus e Gabriel, amor incondicional na minha vida, minha fonte de alegria diária, a quem terei muito orgulho de contribuir para sua formação.

A todos do Laboratório de Anatomia do Departamento de Biologia da UFV, em especial ao Josimar, Genaina e a técnica Aurora pelo companheirismo, aprendizado e momentos de descontração compartilhados, vocês tornaram os trabalhos e o ambiente do laboratório, muito mais prazeroso.

A todos do Laboratório de Análise de Frutas do setor de fruticultura da UFV, em especial ao técnico de laboratório Robson.

Ao meu amigo Osiel Silva Gonçalves, por todo ensinamento, atenção e dedicação e pela paciência.

A todos os amigos Wesley, Ruan, Fernando, Rodrigo, Carla, Gabriela, Elaine, Camila, Gerado e Everson que de alguma forma, sendo ela presencialmente ou de longe sempre me incentivaram a lutar pelos meus sonhos.

Aos amigos de mestrado, Alessandro, Guilherme, Luan, Beatriz, Welbeth, Maura, Nicolas, Vicente, obrigado pela amizade, companheirismo e o apoio incondicional durante toda a minha caminhada.

Ao programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, pela oportunidade de ter cursado o mestrado e as secretarias Lídia e Tatiani pelo carinho e atenção.

A todos os funcionários do Setor de Fruticultura da UFV e Unidade de Ensino Pesquisa e Extensão Pomar do Fundão (UEPE), em especial ao Hugo, Paulinho, Nadil, Carlos Alberto (Bebeto), João Braz, Arlindo, José Antônio, Jorge, João Paiva, Sávio e João Batista, pela ajuda e assistência durante a condução da pesquisa, principalmente durante o período da pandemia da COVID 19.

Às agências de fomentos de bolsa CAPES, FAPEMIG e principalmente CNPq pela concessão da bolsa.

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

Aos que não estão mais aqui, seja lá por qual motivo for, mas que em algum momento fizeram parte da minha história contribuindo para que eu chegasse onde hoje estou. Meu muito obrigado!

“Aqueles que se sentem satisfeitos sentam-se e nada fazem. Os insatisfeitos são os únicos benfeitores do mundo.” (Walter S. Landor)

RESUMO

BARREIROS, Ralph Bonandi, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2021. **Interenxertia do trifoliatoeiro 'Flying Dragon' no controle do desenvolvimento de mudas do tangoreiro 'Murcott'**. Orientador: Mateus Pereira Gonzatto. Coorientadores: Edgard Augusto de Toledo Picoli e Carlos Eduardo Magalhães dos Santos.

O uso de porta-enxertos ananizantes e semi-ananizantes tem permitido um maior adensamento de pomares cítricos. A interenxertia pode ser uma alternativa na busca por plantas de desenvolvimento intermediário, combinando características de porta-enxertos vigorosos e ananizantes. Nesse contexto, objetivou-se avaliar o uso de interenxerto do trifoliatoeiro 'Flying Dragon' sobre a desenvolvimento vegetativo e as características fisiológicas e anatômicas do tangoreiro 'Murcott' enxertado em porta-enxertos vigorosos. Para isso, realizou-se a enxertia por borbúlia da variedade-copa sobre os porta-enxertos limoeiro 'Cravo' (C), citrumeleiro 'Swingle' (S) e trifoliatoeiro 'Flying Dragon' (FD). Posteriormente, as plantas sobre o FD foram interenxertadas por garfagem nos porta-enxertos C e S, em diferentes comprimentos do interenxerto (5, 10 e 15 cm). O uso de interenxertos de FD reduziu o comprimento de brotação da copa; a massa seca de folhas, de raiz, e total da planta; o comprimento e o diâmetro de raízes em relação às plantas não interenxertadas, independentemente do porta-enxerto (C ou S). Plantas enxertadas sobre S tiveram sua área foliar reduzida pelo uso de interenxertos de FD, enquanto, nas enxertadas sobre C, a redução ocorreu apenas sobre interenxertos de 10 e 15 cm. A densidade de vasos no xilema do tangoreiro 'Murcott' enxertado sobre C, foi incrementada por interenxertos de 5 cm, onde também houve uma redução no diâmetro médio dos vasos. Isso resultou em redução na condutividade hidráulica do xilema sobre o porta-enxerto C, fato só observado sobre interenxertos de 15 cm, nas plantas enxertadas no porta-enxerto S. A interenxertia não afetou o teor de clorofila total das folhas, nem o rendimento quântico máximo do fotossistema II. Utilizando-se o porta-enxerto S, a assimilação líquida de CO₂ e a eficiência de carboxilação foram incrementadas nas plantas com interenxertos de 5 cm. Já a condutividade estomática foi aumentada nas plantas interenxertadas, independentemente do porta-enxerto. A análise conjunta das variáveis de crescimento, estruturais e fisiológicas dá suporte a respostas de adaptação, sem estresse, da variedade copa combinadas com as variedades enxerto e interenxerto na etapa de produção de mudas

Palavras-chave: *Citrus* spp. *Poncirus trifoliata*. Anatomia do xilema. Trocas gasosas.

ABSTRACT

BARREIROS, Ralph Bonandi, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2021. **‘Flying Dragon’ interstock in development control of ‘Murcott’ tangor nursery trees.** Adviser: Mateus Pereira Gonzatto. Co-advisers: Edgard Augusto de Toledo Picoli and Carlos Eduardo Magalhães dos Santos.

The use of dwarf and semi-dwarf rootstocks allow a higher tree number per area in citrus orchards. Intergrafting can be used as an alternative for the development of intermediate plants allowing the combination of vigorous and dwarfing rootstocks characteristics. In this context, the study has as objective to evaluate the use of 'Flying Dragon' trifoliolate intergraft on the vegetative development, physiological and anatomical of 'Murcott' tangor tree grafted under vigorous rootstocks. For this purpose, budding of the scion cultivar was performed on 'Rangpur' lime (C), 'Swingle' citrumelo (S), and 'Flying Dragon' trifoliolate orange (FD) rootstocks. Lately, the plants on the FD were grafted onto C and S rootstocks, at different interstock lengths (5, 10, and 15 cm). Regardless of rootstock (C or S), there was a scion length, root dry mass, leaves dry mass and plant dry mass, diameter and root length reduction in relation to non-interstocked plants. Plants grafted onto S had their leaf area reduced using FD interstocks, while for those grafted onto C, the reduction occurred only on 10 and 15 cm interstocks. The xylem vessel density of 'Murcott' tangor grafted onto C was increased by 5 cm length interstocks, where there was also a reduction in the vessel's average diameter. As a consequence, a reduction in the xylem hydraulic conductivity of scion on the rootstock C was observed, an effect only seen on 15 cm length interstock grafted on S rootstock. The intergrafting did not affect the leaves chlorophyll content, nor the maximum quantum yield of photosystem II. Plant with 5 cm length interstock increased the net CO₂ assimilation and carboxylation efficiency on S rootstock. Besides, the interstock improved stomatal conductivity regardless of the rootstock. The adaption responses, in the absence of stress, of the crown variety combined with the graft and intergraft varieties at the seedling production stage, were revealed by multivariate analysis of growth, structural, and physiological characteristics.

Keywords: *Citrus* spp. *Poncirus trifoliata*. Xylem anatomy. Gas analyzer.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	10
REVISÃO DE LITERATURA	12
Citricultura: Aspectos gerais	12
Tangoreiro ‘Murcott’	13
Uso de porta-enxertos na citricultura	14
Adensamento de pomares	16
Porta-enxertos ananizantes	17
Interenxertia em citros	18
MATERIAL E MÉTODOS	21
Genótipos utilizados, forma de propagação e local de execução dos experimentos	21
Avaliações Biométricas	22
Avaliações anatômicas	23
Avaliações fisiológicas	25
Análises estatísticas	27
RESULTADOS	28
Análises biométricas	28
a) Características biométricas da copa e dos porta-enxertos	28
b) Características morfométricas do sistema radicular	33
Análises anatômicas da Copa	35
Análise Fisiológicas	37
DISCUSSÃO	41
CONCLUSÕES	46
REFERÊNCIAS	47

INTRODUÇÃO

O Brasil é um grande produtor de citros, sendo o maior produtor de laranjas do mundo. As tangerineiras e híbridos compõem o segundo grupo de citros mais produzidos no mundo e terceiro no Brasil. A principal forma de utilização das tangerinas é o consumo in natura. O seu processamento industrial, apesar de pequeno, tem como produtos o suco, óleos essenciais, pectinas e resíduos para a alimentação animal (LORENZI et al., 2006; SEBRAE, 2016). Dentre as principais tangerineiras cultivadas no Brasil, destacam-se a tangerineira ‘Ponkan’ (*Citrus reticulata* Blanco) e o tangoereiro ‘Murcott’ (*Citrus reticulata* Blanco × *Citrus sinensis* (L.) Osbeck).

A citricultura é baseada na utilização de plantas enxertadas. Atualmente, os principais porta-enxertos utilizados na citricultura brasileira são o limoeiro ‘Cravo’ (*Citrus limonia* Osbeck) e o citrumelerio ‘Swingle’ (*Citrus paradisi* Macfad. × *Poncirus trifoliata* (L.) Raf.). Ambos propiciam um o desenvolvimento vigoroso às copas neles enxertadas. Além destes, há o uso expressivo de outros genótipos como porta-enxertos, a exemplo de tangerineiras ‘Sunki’ (*Citrus sunki* (Hayata) Hort. ex Tanaka) e ‘Cleópatra’ (*Citrus reshni* Hort.) e do trifoliateiro (*Poncirus trifoliata* (L.) Raf.), este último, principalmente na região sul do país. O trifoliateiro ananizante ‘Flying Dragon’ (*Poncirus trifoliata* var. *monstrosa* (T. Ito) Swing.) é a principal alternativa para o desenho de pomares adensados e ultra-adensados em citricultura utilizado no cultivo de limeira ácida ‘Tahiti’ (*Citrus latifolia* Tanaka). Em relação as novas cultivares, a principal aposta dos diferentes programas de melhoramento de porta-enxertos de citros é o desenvolvimento de citrandarins, híbridos de tangerineiras com trifoliateiros.

Alternativamente à enxertia tradicional, a interenxertia é uma técnica que permite interpor um terceiro genótipo entre o enxerto e o porta-enxerto. O resultado dessa técnica é uma planta com três partes geneticamente diferentes (porta-enxerto, interenxerto e enxerto) e dois locais de enxertia (FACHINELLO et al., 2005). Em citricultura, essa técnica é utilizada principalmente para superar a incompatibilidades entre porta-enxerto e copa. Em outras espécies, como a macieira, a interenxertia com porta-enxertos ananizantes possibilita a formação de plantas com menor tamanho, compatibilizando características do porta-enxerto e do interenxerto.

Plantas enxertadas sobre porta-enxertos ananizantes podem ser excessivamente pequenas, e com sistema radicular muito débil, apresentando menor rusticidade (STUCHI et al., 2012). Nesse sentido, o uso de interenxerto do trifoliateiro ‘Flying Dragon’ entre porta-enxertos vigorosos tradicionais, tais como limoeiro ‘Cravo’ e citrumeleiro ‘Swingle’, e copas com formato colunar como o tangoereiro ‘Murcott’, pode propiciar o desenvolvimento de plantas

de porte intermediário, compatibilizando características agronomicamente interessantes de genótipos contrastantes quanto ao crescimento vegetativo. A junção de características favoráveis de diferentes materiais, visa a obtenção de plantas com tamanho intermediário, mas com um sistema radicular vigoroso. Com este procedimento espera-se viabilizar maior adensamento dos pomares, em relação aos porta-enxertos tradicionais, reduzir a demanda de água e, ao mesmo tempo, possibilitar obter frutos de maior qualidade.

Nesse contexto, este trabalho teve como objetivo avaliar os desdobramentos no crescimento vegetativo, adaptações estruturais e fisiológicas do uso do trifoliateiro ‘Flying Dragon’ como interenxerto do tangoreiro ‘Murcott’, enxertado sobre porta-enxertos limoeiro ‘Cravo’ e citrumeleiro ‘Swingle’.

REVISÃO DE LITERATURA

Citricultura: Aspectos gerais

A citricultura é considerada uma atividade agrícola relevante no mundo, ocupando uma posição de destaque no cenário nacional, devido à sua contribuição tanto econômica quanto social (ZULIAN DÖRR, A.; ALMEIDA, 2013; IBGE, 2017; DE CARVALHO et al., 2019; JIA; WANG, 2020; FAO, 2021). Os cítricos, de acordo com Jia e Wang (2020), são as frutas mais produzidas no mundo, fornecendo nutrientes importantes ao ser humano, como a vitamina C, porém a sua produção em todo o mundo enfrenta muitos desafios, tanto bióticos quanto abióticos. No Brasil, seu papel está relacionado ao elevado volume e valor de produção no mercado interno de frutas frescas e à exportação de suco concentrado. A garantia da competitividade e eficiência da citricultura no Brasil, apesar das ameaças fitossanitárias, tem crescido devido aos avanços no sistema de produção de mudas, bem como no material básico de citros (DE CARVALHO et al., 2019). A importância da citricultura vai além da geração de divisas para a economia brasileira, pois o setor tem grandes impactos na criação de empregos, na formação de capital, na geração de renda, na agregação de valor e, também, no desenvolvimento regional (ZULIAN; DÖRR, A.; ALMEIDA, 2013).

O cultivo nacional abrange, principalmente, a produção de laranjas, tangerinas, limoeiros e limas ácidas (IBGE, 2021). O consumo *per capita* anual de tangerinas no Brasil foi de 1,069 kg ano⁻¹ entre 2017 e 2018, sendo a região Sul a maior consumidora com 3,98 kg ano⁻¹, enquanto as regiões Centro-oeste, Sudeste, Norte e Nordeste tiveram um consumo *per capita* de 0,77, 0,66, 0,58 e 0,37 kg ano⁻¹, respectivamente. O consumo ocorre principalmente dentro dos domicílios, sendo que o consumo per capita é o dobro no ambiente rural (IBGE, 2021).

O Brasil é o sétimo maior produtor mundial de tangerina, com produção de 984,9 mil toneladas em 2019 (IBGE, 2021). No mesmo ano, a área colhida de tangerinas foi de 52,8 mil hectares, sendo os estados de São Paulo, Minas Gerais, Rio Grande do Sul e Paraná os maiores produtores, responsáveis por 84,7% da produção (833,9 mil toneladas) e por 81,5% da área colhida (43,03 mil ha) nacional (IBGE, 2021).

As principais espécies de tangerinas são as tangerineiras Comuns (*Citrus reticulada* Blanco), Clementinas (*Citrus clementina* hort. ex Tanaka), Satsumas (*Citrus unshiu*, Marchovitch), Mexericas (*Citrus deliciosa*, Tenore) e híbridos. Esses híbridos podem ser entre diferentes espécies de tangerineiras como no caso da tangerineira ‘Fremont’ (*Citrus reticulata* × *Citrus clementina*); híbridos com laranjeiras doces (chamados tangoreiros), como no caso do tangoreiro ‘Murcott’ (*Citrus reticulata* × *Citrus sinensis*); com pomeleiros (tangeleiros), como no caso do tangeleiro ‘Minneola’ (*Citrus paradisi* × *Citrus tangerina* Tanaka); bem como

cruzamentos destes híbridos novamente com tangerineiras, como no caso das tangerineiras ‘Lee’ e ‘Nova’ (*Citrus paradisi* × *Citrus tangerina*) × *Citrus clementina*) (EFROM; SOUZA, 2018).

A tangerina é preferencialmente consumida *in natura*, em comparação com a laranja, para a qual o consumo na forma de suco é mais significativo. Isso se dá pelo baixo interesse do mercado mundial em processar de forma industrializada o suco de tangerinas puro, pois produzem pouco suco concentrado, de modo que o que se produz é misturado ao suco de laranja. Além disso, o gasto pós-colheita e transporte da tangerina inviabiliza a manutenção de aroma e qualidade (AMARO, 1999; AMARO; CASER, 2003). O seu processamento industrial, apesar de pequeno, permite a extração de produtos como óleos essenciais, sucos, pectinas e rações (LORENZI et al., 2006; SEBRAE, 2016). Existem plantios da variedade ‘Dekopon’, que vem se tornando importante no Brasil, representando um híbrido sem sementes, com grande quantidade de açúcares e alto valor agregado (VASCONCELOS et al., 2020). As cultivares ‘Ponkan’ e a ‘Murcott’ são as mais plantadas, em função da melhor adaptação à fatores edafoclimáticos (FIGUEIREDO, 1991; CAMARGO et al., 1999).

Tangoreiro ‘Murcott’

O tangoreio ‘Murcott’ é um híbrido de tangerineira (*Citrus reticulata* Blanco) com laranjeira doce (*Citrus sinensis* (L.) Osb.), desenvolvido no Departamento de Agricultura dos Estados Unidos por Charles Murcott Smith em 1920 (AZEVEDO; PIO, 2002 *apud* SAUNT, 1990). No Brasil, essa cultivar foi introduzido pelo Instituto Agrônômico (IAC) em 1948 (POMPEU JÚNIOR, 2001). Possui características como frutos de tamanho médio, de formato achatado, crescimento de porte ereto, e folhas lanceoladas (DAVIES; ALBRIGO, 1994). Além disso, possui uma casca de cor laranja, fina, aderente e com presença de vesículas de óleo, com 11 a 12 gomos por fruto e polpa de coloração laranja intensa. Possui bom rendimento de suco e atende às características organolépticas de sólidos solúveis e acidez titulável (FIGUEIREDO, 1991; AMARO; CASER, 2003). É uma planta mediantemente vigorosa, de porte ereto e tendência de desenvolvimento vertical nos ramos, com folhas lanceoladas, de tamanho pequeno à médio. Apresenta sacos embrionários e grãos de pólen férteis, frutos com grande número de sementes, formato achatado nos polos, típico das tangerinas, bem como tamanho de médio a grande (130 a 200 g). Os frutos geralmente são produzidos em aglomerados nas posições terminais dos ramos (FIGUEIREDO, 1991; AMARO; CASER, 2003; DE OLIVEIRA et al., 2017).

O tangoreiro ‘Murcott’ é a segunda mais plantada no Brasil, perdendo apenas para a tangerineira ‘Ponkan’ (AMARO; CASER, 2003; ESPINOZA NUÑEZ, 2006). Sua produção é

destinada aos mercados interno e externo, preferencialmente para consumo *in natura* (AMARO; CASER, 2003; BORGES; PIO, 2003). Por ser uma cultivar de colheita tardia, geralmente a partir do mês de agosto, consegue-se atingir preços favoráveis. Entretanto, devido às suas características de fruto como dificuldade de descascar e por possuir muitas sementes, não é muito competitiva em mercados exigentes (BORGES; PIO, 2003). Além disso, tratos culturais, como desbastes de fruto e adubação adequada, são necessários para incremento de qualidade e atenuação da alternância de produção (FIGUEIREDO, 1991).

As plantas tendem a ter uma produção excessiva de frutos devido à alternância anual de produção. Os frutos são sensíveis aos danos advindos do frio, vento e queimaduras do sol, em razão de serem produzidos na porção externa da copa. As árvores são mais sensíveis ao frio quando comparadas às outras tangerineiras. A cultivar é altamente suscetível à mancha-marrom-de-alternaria e à xiloporose. Também é moderadamente suscetível ao cancro cítrico. O colapso da Murcott ocorre quando há morte de árvores adultas após anos sucessivos de excessiva produção, devido ao esgotamento da reserva de carboidratos (DE OLIVEIRA et al., 2017).

Nesse cenário, alguns híbridos descendentes de 'Murcott' vêm sendo utilizado para contornar o problema acima citado, como por exemplo, a tangerineira 'W. Murcott' (também conhecida como 'Nadorcott' ou 'Afourer'), que pode produzir frutos sem sementes com adequada indução à partenocarpia e uso de telas antipolinização (OTERO; RIVAS, 2017) e a 'Murcott Olé'. Ambas têm maturação de meia-estação, maior facilidade de descasque sendo potenciais alternativas para o mercado interno e externo (CITROGRAF, 2021). Frutos da tangerineira 'Murcott' podem manter a casca esverdeada em regiões próximas ao pedúnculo, o que pode ser em função do clima das regiões produtoras. Esse fato, diminui sua aceitação por parte do produtor (JOMORI et al., 2010).

Uso de porta-enxertos na citricultura

Na citricultura mundial a propagação de plantas foi inicialmente baseada na utilização de sementes. No entanto, diversos problemas relacionados ao ataque de *Phytophthora* inviabilizaram seu uso na produção de mudas (CARLOS; STUCHI; DONADIO, 1997). A enxertia é a técnica de propagação de citrus mais utilizada para a produção de mudas. É uma técnica de junção de tecido vegetal de diferentes plantas que resulta em uma união do porta-enxerto com o enxerto, que contribui com o sistema radicular e a formação da copa e a frutificação, respectivamente (ANDRADE; MARTINS, 2003). Esses componentes asseguram a nutrição mineral e a fotossíntese essenciais à formação da planta. No entanto, esse processo é

passível de incompatibilidade entre copas e porta-enxertos, que conduz à formação inadequada da planta (FACHINELLO; HOFFMANN; NACHTIGAL, 2005).

A escolha do porta-enxerto varia de acordo com o objetivo do produtor. As características desejáveis de um porta-enxerto, responsável pelo sistema radicular, são raízes com resistência/tolerância às doenças e pragas, compatibilidade com variedades-copa, indução de alto rendimento e qualidade de frutos, adaptação a fatores edafoclimáticos, bem como eficácia na absorção de água e nutrientes do solo (SCARPARE FILHO et al., 2000; HARTMANN et al., 2011). Em conjunto, essas características influenciam no tamanho e produtividade da planta.

Em função de sua rusticidade, o porta-enxerto limoeiro ‘Cravo’ (*C. limonia* Osbeck) é utilizado na maioria dos pomares, porém na citricultura ainda há o uso de outros porta-enxertos tais como: citrumeleiro ‘Swingle’ (*Citrus paradisi* × *Poncirus trifoliata*), tangerineira ‘Cleópatra’ (*C. reshni* hort. ex Tanaka), tangerineira ‘Sunki’ (*C. sunki* (Hayata) hort. ex Tanaka), trifoliato (*Poncirus trifoliata*), trifoliato ‘Flying Dragon’ (*Poncirus trifoliata* L.), limoeiro ‘Volkameriano’ (*C. volkameriana*), e limoeiro ‘Rugoso’ (*Citrus jambhiri* Lush) (KOLLER, 1994; CARLOS; STUCHI; DONADIO, 1997; SCHÄFER; BASTIANEL; DORNELLES, A., L., 2001).

O citrumeleiro ‘Swingle’ é um porta-enxerto de vigor médio, com produção precoce, longevidade dos pomares e maturação de frutos tardia (OLIVEIRA; SOARES FILHO; PASSOS, 2008), tornando-se uma opção de porta-enxerto, após o surgimento da morte súbita dos citros (PASSOS et al., 2006; RAMOS et al., 2006). Este híbrido passou a ser testado como porta-enxerto na década de 1940 em variedades comerciais em alguns países. Foi introduzido no Brasil devido à sua resistência à tristeza dos citros, gomose, nematoide *Tylenchulus semipenetrans* e ao frio. No entanto, o uso deste porta-enxerto resulta em plantas com maior exigência nutricional (POMPEU JÚNIOR, 2005; BASTOS et al., 2014). Esse porta-enxerto é adaptado a solos arenosos e argilosos e possui tolerância à seca e geadas (POMPEU JUNIOR; BLUMER, 2014).

A produção de mudas com variedades copa enxertadas sobre o citrumeleiro ‘Swingle’ vem crescendo no Brasil, principalmente após o surgimento da morte súbita dos citros, doença à qual é tolerante. No entanto, há registros de incompatibilidade com o tangoreiro ‘Murcott’ e com alguns outros cítricos na região sudeste do país (POMPEU JUNIOR; BLUMER, 2014). O citrumeleiro ‘Swingle’ propicia às copas produção de frutos com boa qualidade, como altas quantidades de açúcares e de conteúdo de suco, sendo que suas matrizes têm número médio de

vinte sementes por fruto e período de maturação compreendido entre os meses de maio a julho (CARVALHO, 2001).

O Limoeiro ‘cravo’ é o porta-enxerto mais apreciado por viveiristas e produtores devido a algumas características, tais como: facilidade na obtenção de sementes, elevado vigor no viveiro, crescimento rápido, desempenho elevado no pegamento de mudas no processo de plantio, entrada em produção precoce, alta compatibilidade de enxertia, boa adaptação em solos arenosos, além de possuir tolerância ao estresse hídrico (POMPEU JÚNIOR, 2005; ALMEIDA et al., 2011). No entanto, o limoeiro ‘Cravo’ é responsável pela indução de qualidade mediana aos frutos da copa, sendo susceptível a várias doenças, como gomose, declínio, morte súbita e nematoides. Essas características fazem com que a diversificação dos porta-enxertos seja recomendável, reduzindo assim riscos fitossanitários.

Desde 2009 o limoeiro Cravo e o citrumeleiro ‘Swingle’ são os dois porta-enxertos mais utilizados na produção de mudas de citros nos viveiros do estado de São Paulo. Em 2016, cerca de 50% das mudas produzidas em São Paulo foram enxertadas em citrumeleiro ‘Swingle’, com apenas 33% enxertadas em limão ‘Cravo’. Além disso, 11,9% foram enxertadas em tangerineira ‘Sunki’, 1,2% em tangerineira ‘Cleópatra’ e 3,8% em *Poncirus trifoliata* (DE CARVALHO et al., 2019).

Adensamento de pomares

O adensamento das plantas tem como objetivo elevar o rendimento de frutos do pomar sem que ocorra redução na qualidade dos frutos. Além disso, visa facilitar tratamentos culturais e colheita, de modo a otimizar os custos com o manejo (POMPEU JUNIOR; BLUMER, 2009; DE LIMA et al., 2014). A produção em pomares adensados pode ser maior por unidade de área nos primeiros anos, mas, em contrapartida, os investimentos para implantação serão maiores (DONADIO; STUCHI, 2001). Na década de 1980, os pomares continham em média 337 plantas por hectare, número reduzido ao comparar com os anos 90 e 2000 que era de 362 e 373 plantas por hectare, respectivamente. Em 2019, os pomares tiveram uma densidade média de 616 plantas por hectare (FUNDECITRUS, 2020). São vários os fatores que devem ser considerados para escolha da densidade do plantio, entre eles as características das variedades copa e porta-enxerto, como porte e vigor. É importante conhecer os pomares adultos da combinação copa/porta-enxerto desejada para o plantio, de modo a escolher o espaçamento mais adequado (DONADIO; STUCHI, 2001; TEÓFILO SOBRINHO, 2012).

No Brasil, tem sido adotados espaçamentos variando de 4 a 6 m entre linha e de 2 a 3 m entre plantas, o que resulta em estandes de 600 a 1250 plantas ha⁻¹ (STUCHI; GIRARDI, 2011).

Para Murcott, devido ao porte médio das plantas, são recomendáveis espaçamentos variando de 5 a 6 m entre linhas e de 3 a 4 m entre plantas. Esse adensamento dos pomares vai depender do sistema de produção, do tipo de solo e do tipo de porta-enxerto utilizado (DE OLIVEIRA et al., 2017). Aumentar a densidade de plantio em citros tem como objetivo melhorar a eficiência no uso da área, tendo em vista incrementos da produtividade e produções mais precoces por unidade de área (TEÓFILO SOBRINHO, 2012). Na citricultura tem-se buscado utilizar porta-enxertos ananizantes visando reduzir o volume da copa, o que permite plantios mais adensados, porém sem perder a eficiência produtiva. Dentre os portas-enxertos com características ananizantes, o trifoliatoeiro ‘Flying Dragon’ tem sido utilizado por atribuir tamanho reduzido das árvores adultas, o que permite maior número de plantas por área sem afetar a produtividade (STUCHI et al., 2012).

Porta-enxertos ananizantes

A citricultura busca a diversificação de porta-enxertos não somente por questões fitossanitárias. A utilização de porta-enxertos ananizantes permite a obtenção de plantas compactas, porém com produtividade e vigor semelhante à planta convencional. Dessa forma é possível aumentar a produtividade em uma área menor (TOMAZ et al., 2010). O tamanho de copa da planta cítrica é diretamente proporcional à sua produção. Por outro lado, plantas com porte menor tendem a gerar frutos de alta qualidade, melhor aproveitamento da área de plantio e manejo fitossanitário facilitado (SAMPAIO, 1994; POMPEU JÚNIOR, 2001). Um dos métodos que permite a indução de menor crescimento da planta é a utilização de porta-enxertos ananizantes no processo de formação das mudas (CHENG; ROOSE, 1995; POMPEU JÚNIOR, 2005).

Dentre os porta-enxertos conhecidos atualmente na citricultura, o trifoliatoeiro ‘Flying Dragon’ (*Poncirus trifoliata* var. *monstrosa* (T. Ito) Swing.) é um dos principais porta-enxertos ananizantes (SAMPAIO, 1994; POMPEU JÚNIOR, 2001). O trifoliatoeiro ‘Flying Dragon’ diferencia-se dos outros trifoliatoeiros (*Poncirus trifoliata* (L.) Raf.) por possuir hastes e ramos tortuosos e espinhos curvos, características correlacionadas com seu efeito ananizante, por pleiotropia ou ligação gênica (CHENG; ROOSE, 1995).

O trifoliatoeiro ‘Flying Dragon’ possui característica de boa adaptação a solos argilosos. Em relação à qualidade dos frutos induz à copa frutos com alto teor de sólidos solúveis, mas geralmente pequenos, além de incrementar a eficiência produtiva (kg m^{-3}) (POMPEU JÚNIOR, 2005). Em relação às suas plantas matrizes, o ‘Flying Dragon’ distingue-se dos demais porta-

enxertos; seus frutos tendem a amadurecer entre os meses de março e maio, apresentam, em média, trinta e oito sementes, com folhas trifolioladas, caducas e de pecíolo alado (CHENG; ROOSE, 1995; GONZATTO et al., 2018).

A utilização do porta-enxerto ‘Flying Dragon’, como promotor da redução do tamanho da copa de citros, tem promovido uma maior produtividade por área plantada (ESPINOZA-NÚÑEZ et al., 2011). Ao atribuir tamanho reduzido de planta, o porta-enxerto ‘Flying Dragon’ reduz custo com os tratos culturais e de colheita, por se tratar de uma planta de porte pequeno atingindo cerca de 2,5m de altura. Além disso, é capaz de proporcionar redução de 75% do volume das copas sobre ele enxertadas ao serem comparadas com os porta-enxerto vigorosos (BITTERS; COLE; MCCARTY, 1979). As plantas enxertadas sobre ‘Flying Dragon’ produzem frutos de alta qualidade, apresentando resistência à tristeza dos citros, ao nematoide *Tylenchulus semipenetrans* e *Pratylenchus jaehni* e à gomose de *Phytophthora* spp., além de tolerância à morte súbita dos citros (CHENG; ROOSE, 1995; POMPEU JÚNIOR, 2005; CALZAVARA; SANTOS; FAVORETO, 2007). No entanto, há relatos de incompatibilidade de *Poncirus trifoliata* no estado de São Paulo, em copas como o limoeiro ‘Eureka’, a laranjeira ‘Pêra’ e com o tangoreiro ‘Murcott’ (POMPEU JÚNIOR, 2005).

O mecanismo que propicia o ananizamento das copas enxertadas sobre ‘Flying Dragon’ parece estar associado à redução do fluxo de seiva na copa (YONEMOTO et al., 2004), ou pela baixa condutividade hidráulica no porta-enxerto e na região de enxertia, propiciada pela menor densidade de vasos de xilema na região do porta-enxerto, bem como um menor fluxo de carboidratos através da região da enxertia (MARTÍNEZ-ALCÁNTARA et al., 2013).

Interenxertia em citros

A interenxertia é uma técnica que permite interpor duas plantas geneticamente incompatíveis, além de ter o potencial de reduzir o vigor da cultivar copa, dependendo do interenxerto utilizado. O resultado dessa técnica é uma planta com três genótipos diferentes (porta-enxerto, interenxerto e enxerto) e dois locais de enxertia. A presença do interenxerto pode afetar tanto o desenvolvimento da copa como do porta-enxerto (FACHINELLO; HOFFMANN; NACHTIGAL, 2005). Em citricultura, é uma técnica utilizada principalmente para permitir o uso de copas sobre porta-enxertos incompatíveis. Um exemplo é o uso de laranjeira ‘Valencia’ como interenxerto entre laranjeira ‘Pera’ e o citrumelerio ‘Swingle’ (DE CARVALHO et al., 2019).

Além do uso como porta-enxertos, também é possível incluir genótipos ananizantes como interenxertos, de modo a se obter o controle do desenvolvimento das árvores frutíferas. Esse caso é observado na produção comercial de macieiras em pomares adensados, em que o genótipo ananizante ‘M.9’ é usado como interenxerto sobre o porta-enxerto ‘Marubakaido’, de alto vigor e rusticidade. Não somente o uso em si, mas também o comprimento do interenxerto afeta as características da copa, tais como vigor e qualidade do fruto, absorção de água e nutrientes, e a translocação de carboidratos (MARCON FILHO et al., 2009; MARTÍNEZ-BALLESTA C.; B; MOTA-CADENASC & CARJAL M., 2010).

O uso de interenxertos de 20 cm de comprimento de *Poncirus trifoliata* reduziu em 31,7 % o volume da copa de laranjeiras ‘Valencia’ aos 8 anos de idade, utilizando-se como porta-enxerto o limoeiro ‘Cravo’ (SAMPAIO, V., 1993). De modo semelhante, o interenxerto de trifoliatoeiro ‘Flying Dragon’ promoveu a formação de copas de pomeleiro ‘Star Rubi’ com volume intermediário quando comparadas às copas de plantas sem interenxerto, ou seja, diretamente enxertadas sobre o trifoliatoeiro ‘Flying Dragon’ ou sobre o citrumeleiro ‘Swingle’ (ASHKENAZI; ASOR; ROSENBERG, 1992).

O crescimento intermediário em plantas interenxertadas com trifoliatoeiro parece estar associado à redução da condutividade hidráulica e fluxo de seiva no xilema. Tangerineiras com alta carga de frutos, com interenxerto de trifoliatoeiro ‘Flying Dragon’ e enxertadas sobre o trifoliatoeiro comum, apresentam fluxos de seiva intermediários em relação as mesmas plantas enxertadas sobre o trifoliatoeiro comum e o trifoliatoeiro ‘Flying Dragon’, sem interenxertia (YONEMOTO et al., 2004).

Além disso, os efeitos da interenxertia tem sido observados em diversos aspectos, incluindo taxas fotossintéticas (KAMILOGLU; YESILOGLU, 2014), qualidade da fruta e tamanho da árvore (YILMAZ et al., 2015), e no teor de nutrientes na árvore e folhas (YILMAZ et al., 2014). Recentemente, dados indicaram que *P. trifoliata* como porta-enxerto pode aumentar a demetilação do DNA da copa, além de reduzir a quantidade de RNAs pequenos de 24 nucleotídeos (24-nt small RNAs) em relação a copa enxertada sobre ela mesma. Tais evidências sobre possíveis modificações epigenéticas transmitidas pela enxertia podem estar associadas à mudanças funcionais (HUANG et al., 2021). Tais fenômenos, por analogia, poderiam ser determinantes também em plantas interenxertadas.

As observações morfológicas e fisiológicas entre uniões compatíveis e incompatíveis são bastantes estudadas. Durante a fusão do enxerto com o porta-enxerto ocorre a cicatrização em resposta à ferida. Nessa região inicia-se a proliferação de células parenquimáticas que originará uma massa de células diferenciadas conhecidas como calo. Essas células sofrem

diferenciação em novas células do tecido do xilema e floema, que permite a conexão vascular entre a copa e o porta-enxerto (ERMEL et al., 1995; PINA; ERREA; MARTENS, 2012; MELNYK, 2017). A falha dessa reconstrução impacta na anatomia e na fisiologia da planta enxertada, como inibição de crescimento e mortalidade conforme relatado por Kawaguchi et al., (2008). Além disso, Kawaguchi et al., (2008) analisaram a concentração de carboidratos e nutrientes minerais, o potencial de água nas mudas a condutividade hidráulica e a anatomia das uniões dos enxertos. Similarmente, um estudo indicou que os níveis de fluorescência da clorofila, diferenças nos níveis morfológicos, fisiológicos e celular governaram a incompatibilidade em mudas de pinos enxertadas (XU et al., 2015).

Em linhas gerais, compreender os genes fundamentais na respostas de cicatrização, caracterizar os sinais que ativam a indução da percepção do tecido e a formação vascular, bem como caracterizar a base transcricional para a compatibilidade e incompatibilidade de tecido de enxertos são informações importantes para melhorar a formação do enxerto e expandir a gama de espécies enxertadas (MELNYK, 2015).

MATERIAL E MÉTODOS

Genótipos utilizados, forma de propagação e local de execução dos experimentos

A variedade-copa utilizada no experimento foi o tangoreiro ‘Murcott’ (*Citrus reticulata* × *C. sinensis*). Em relação aos porta-enxertos, foram utilizadas duas variedades vigorosas e uma ananizante, sendo estas, respectivamente, o limoeiro ‘Cravo’ (*C. limonia*), o citrumeleiro ‘Swingle’ (*P. trifoliata* × *C. paradisi*) e o trifoliateiro ‘Flying Dragon’ (*P. trifoliata* var. *monstrosa*). O trifoliateiro ‘Flying Dragon’ também foi utilizado como interenxerto. Os porta-enxertos foram propagados via semente. A copa foi enxertada nos três porta-enxertos por borbulhia de “T” invertido. Já os as plantas interenxertadas foram formadas por meio de garfagem de fenda cheia, unindo o tangoreiro ‘Murcott’ previamente enxertado por borbulhia em ‘Flying Dragon’ sobre os porta-enxertos ‘Cravo’ e ‘Swingle’.

Os experimentos foram conduzidos em casas de vegetação do setor de Fruticultura do Departamento de Agronomia da Universidade Federal de Viçosa (UFV), situado na cidade de Viçosa, Minas Gerais. Todos os genótipos utilizados foram oriundos da Coleção de Citros do respectivo setor, localizada na Unidade de Ensino Pesquisa e Extensão (UEPE) Pomar do Fundão.

Os porta-enxertos ‘Cravo’, ‘Swingle’ e ‘Flying Dragon’ foram semeados em tubetes de 55 cm³ com substrato comercial Mec Plant® em 10/04/2019. Aproximadamente três meses após a germinação (21/08/2019), quando atingiram aproximadamente 15 cm de altura, foram repicados para sacos plásticos de 3 L de volume. 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.

As enxertias das copas sobre os porta-enxertos foram realizadas nas plantas ao atingirem um diâmetro de caule de aproximadamente 7 mm, em 17/02/2020, pela técnica de borbulhia de “T” invertido. Nos tratamentos controle (C, S e FD), a enxertia foi realizada aos 15 cm de altura do colo do porta-enxerto (Tabela 1). Adicionalmente, na mesma data, para preparo inicial dos tratamentos com interenxertia, o tangoreiro ‘Murcott’ foi enxertado por borbulhia, a uma altura de 20 cm, sobre o ‘Flying Dragon’. Posteriormente essas plantas foram cortadas ao nível de solo, e o conjunto (tangoreiro ‘Murcott’/trifoliateiro ‘Flying Dragon’) foi enxertado, por garfagem de fenda cheia, sobre os porta-enxertos limoeiro ‘Cravo’ e citrumeleiro ‘Swingle’ em 28/05/2020 (Tabela 1).

A partir deste procedimento foram produzidas mudas com diferentes comprimentos do interenxerto ‘Flying Dragon’: 5 cm (FD-05/C e FD-05/S), 10 cm (FD-10/C e FD-10/S) e 15 cm

(FD-15/C e FD-15/S) (Tabela 1). A enxertia de garfagem foi realizada à 10 cm de altura dos porta-enxertos, quando a copa contava com 6 folhas completamente desenvolvidas. Para tanto, utilizou-se o ensacamento para evitar a perda de água e permitir a adequada soldadura do ponto de enxertia. A partir da data da enxertia de garfagem (28/05/2020), as plantas interenxertadas foram mantidas por 91 dias fora do ambiente da casa de vegetação, para evitar possíveis estresses por altas radiações e temperaturas. O experimento foi composto por nove tratamentos, sendo três controles (sem interenxertia) e seis tratamentos contendo interenxertos em diferentes comprimentos (Tabela 1).

Tabela 1. Composição das plantas e tratamentos utilizados.

Tratamento	Copa	Interenxerto (comprimento)	Porta- enxerto
FD	‘Murcot’	-	‘Flying Dragon’
C	‘Murcot’	-	‘Cravo’
S	‘Murcot’	-	‘Swingle’
FD-05/C	‘Murcot’	‘Flying Dragon’ (05 cm)	‘Cravo’
FD-10/C	‘Murcot’	‘Flying Dragon’ (10 cm)	‘Cravo’
FD-15/C	‘Murcot’	‘Flying Dragon’ (15 cm)	‘Cravo’
FD-05/S	‘Murcot’	‘Flying Dragon’ (05 cm)	‘Swingle’
FD-10/S	‘Murcot’	‘Flying Dragon’ (10 cm)	‘Swingle’
FD-15/S	‘Murcot’	‘Flying Dragon’ (15 cm)	‘Swingle’

As plantas foram irrigadas e monitoradas em casa de vegetação e os tratamentos culturais e o manejo fitossanitário foram efetuados quando necessário. Os dados de temperatura e umidade relativa do ar foram monitorados com auxílio do Data Logger (Akso®). Após estarem bem estabelecidas do dia 27/08/2020, as plantas interenxertadas foram reintroduzidas na casa de vegetação. Nesse momento estabeleceu-se experimento em delineamento em blocos casualizados, com nove tratamentos e quatro blocos contendo quatro plantas por unidade experimental.

Avaliações Biométricas

Em 16 de março de 2021, aos 706 dias após a semeadura (DAS) e 393 dias após a enxertia de borbulhia (DAE), foram mensuradas as seguintes variáveis:

a) comprimento de brotação da copa, a partir da enxertia de borbulhia (Henx, cm); número de folhas (NFt, planta⁻¹); e área foliar total (AFt, cm² planta⁻¹), utilizando Scanner Delta-T, software Windias 2.0;

b) massa seca de folhas (MSF, g planta⁻¹), de parte aérea (MSPA, g planta⁻¹), de raiz (MSR, g planta⁻¹) e total (MST, g planta⁻¹), essa última pela soma da MSPA com a MSR. Além

disso, calculou-se a razão entre MSPA/MSR. A massa seca de diferente de estrutura vegetativa das plantas foram obtidas por secagem em estufa à 65 °C até massa constante.

c) área foliar (AFi, cm² folha⁻¹) e massa fresca foliar (MFFi, g folha⁻¹) média de cada folha, obtidas pela divisão entre a área foliar total (AFt) e a massa fresca de folhas (MFF) pelo número de folhas, respectivamente. Além disso, calculou-se a área foliar específica (AF_e, cm² g⁻¹) pela divisão entre a AFt e a MSF.

d) Características morfométricas do sistema radicular por meio do scanner de mesa EPSON EU88, com uma cuba de 30x40 cm e volume de 800ml, posterior analisadas com o software WinRhizo®: comprimento de raízes, total (CR, cm) e de raízes com diâmetro menor que 0,5 cm (CR<0,5, cm); diâmetro médio de raízes (DMR, mm); área superficial de raízes (ASR, cm²); volume de raízes (VR, cm³); e número de pontas de raízes (PontR, planta⁻¹).

Para as avaliações biométricas foram utilizadas uma planta por unidade experimental.

Avaliações anatômicas

As análises anatômicas foram conduzidas nos Laboratórios de Anatomia Vegetal do Departamento de Biologia da Universidade Federal de Viçosa (UFV), e Morfogênese da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). Em 10 de dezembro de 2020, aos 610 dias após a semeadura (DAS) e 297 dias após a enxertia de borbulhia (DAE), foram avaliadas características anatômicas do xilema da copa (Tangoreiro ‘Murcott’) dos diferentes tratamentos (Tabela 1), com o objetivo de observar possíveis alterações na histologia do xilema atribuídos à interenxertia (Figura 2). As amostras da copa foram retiradas 20 cm acima da enxertia de borbulhia, ou seja, ponto de ligação entre o Tangoreiro ‘Murcott’ e os porta-enxertos nos tratamentos controle (C, S e FD) e entre o Tangoreiro ‘Murcott’ e o interenxerto nos demais (Figura 1).

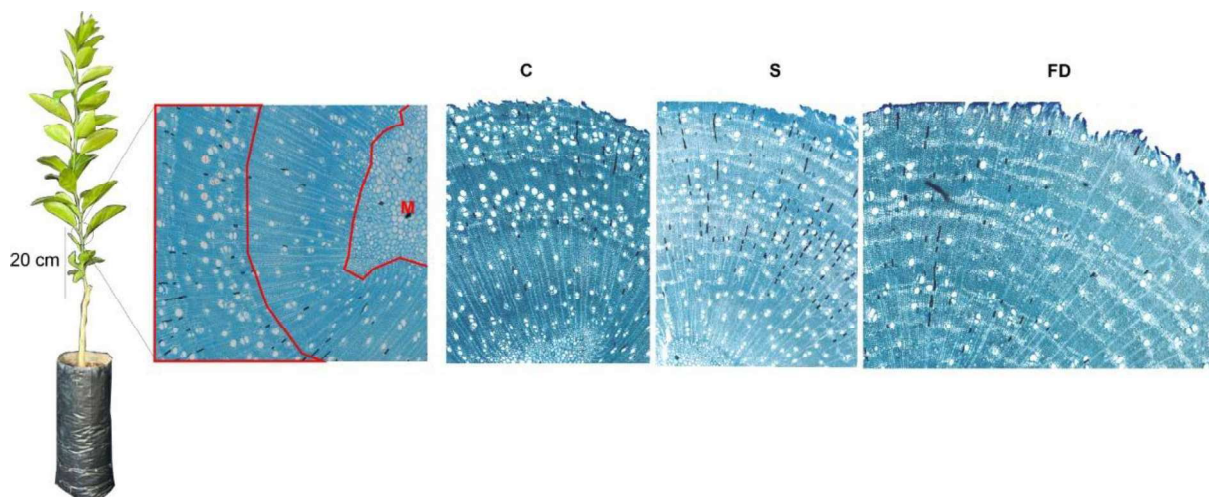


Figura 1. Sequência dos procedimentos anatômicos da copa das mudas do tangoreiro ‘Murcott’. Ilustração do ponto de coleta da amostra anatômica acima da enxertia de borbullia e indicação da área de xilema diferenciado (em vermelho), definida pela diferença do diâmetro no momento da enxertia e no dia da coleta e quantificados os elementos de vasos, a área marcada e indicada pela letra M indica a área da medula. Além, da sequência anatômica da copa de ‘Murcott’ enxertada sobre o C, S e FD, aos 610 DAS e 297 DAE. Viçosa, MG, 2021.

Para as amostras de caule de ‘Murcott’ foram considerados material vegetal fresco em seções transversais com espessura de 18 μm , para o diâmetro de até 7mm e acima de 8mm a 20 μm . Os cortes foram feitos no micrótomo de deslize (RM2155, *Leica Microsystems Inc.*, EUA), no Laboratório de Morfogênese da UFES. Além disso, estes foram armazenados em lâminas com uma gota de glicerina a 5% envolvidas com papel alumínio para evitar o ressecamento dos tecidos, levados ao Laboratório de Anatomia Vegetal da UFV. Em seguida foram retiradas das embalagens contendo glicerina a 5%, lavadas com água para retirar o excesso de sacarose, em seguida foram coradas com azul de toluidina 0,05%, pH 6,5, por um período de dois minutos, após esses cortes foram colocados em uma placa de petri contendo álcool 70%, onde permaneceram por dois minutos para que o excesso de corante sobre o material vegetal fosse reduzido. Posteriormente esse material foi aderido às lâminas e secas ao ar livre. Quando todo o excesso de álcool aderido ao tecido vegetal foi retirado, montaram-se lâminas histológicas temporárias em resina sintética (Permount, Fisher Scientific, EUA). Os tecidos foram registrados pela câmera fotográfica digital (AxioCam HRc, Zeiss, Alemanha) acoplada a um microscópio de luz (AX-70 TRF, Olympus Optical, Japão) com objetivas de ‘5x’ (Figura 1B). As fotos foram analisadas no software *Image Pro Plus* (MediaCybernetics®), calibrado com a escala para a objetiva utilizada, com medição de três cortes por planta e quatro partes por corte, totalizando 12 áreas amostrais de cada unidade amostral.

Em cada um dos campos analisados, constando somente de região de xilema diferenciada após a enxertia (Figura 1A), foram contados o número total de vasos, além da mensuração de dois diâmetros perpendiculares entre si. Com essas características foram calculados: a densidade de vasos do xilema (DVX , mm^{-2}), pela divisão entre o número de vasos e a área do xilema; diâmetro médio dos vasos do xilema (dm , μm); razão entre a área de vasos e de xilema (AVt/Ax , %), pela divisão percentual entre o somatório das áreas dos vasos e a área de xilema; além da condutividade hidráulica teórica por unidade de área de xilema (KHT_{AX} , $\text{kg m}^{-1} \text{MPa}^{-1} \text{s}^{-1}$), calculada pela equação (FICHOT et al., 2010):

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

onde: ρ é a densidade da água, assumida como 1000 kg m^{-3} ; η é a viscosidade da água, assumida como $1 \times 10^9 \text{ MPa s}^{-1}$; Ax , a área de xilema avaliada, em m^2 ; e d é o diâmetro de cada vaso do xilema medido, em metros.

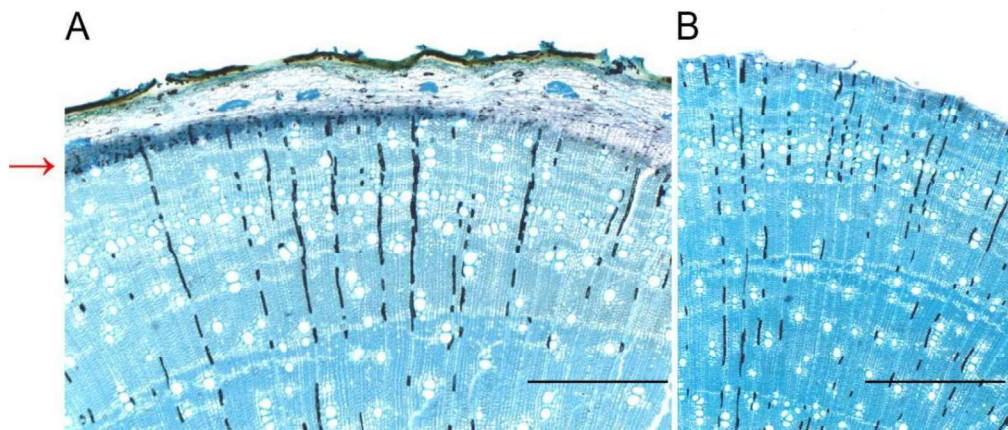


Figura 2. Seções transversais observadas em microscópio de luz do caule de citrus utilizados para a enxertia. As lâminas foram coradas com azul de toluidina, escala de $500\mu\text{m}$. A= ramo “porta borbulhas” das plantas matrizes de ‘Murcott’, B= copa de ‘Murcott’ sobre o porta-enxerto limoeiro ‘Cravo’ após a enxertia (297 DAE). Seta vermelha indica a diferenciação do câmbio antes da enxertia. Viçosa, MG, 2021.

Para as avaliações anatômicas foi utilizada uma planta por unidade experimental.

Avaliações fisiológicas

Em 26 de janeiro de 2021, transferiu-se uma planta por unidade experimental para vasos de 21 L, com a finalidade de permitir maior crescimento às mudas. Posteriormente, foi realizada

a poda de formação. Estas plantas foram avaliadas quanto ao seu desempenho em relação às trocas gasosas, à fluorescência da clorofila *a* e teores de clorofila em nível de folhas.

Para avaliação de trocas gasosas, selecionou-se uma folha completamente desenvolvida no terço médio da copa de cada planta. Nessa folha, foram realizadas duas leituras consecutivas com o analisador de fotossíntese IRGA (Infrared Gas Analyzer) LCpro-SD (ADC BiScientific Ltda.®). Uma curva de luz foi realizada para determinar a densidade de fluxo ideal para a ‘Murcotte’. Com base nessa análise, foi determinado a luz artificial na intensidade de 1000 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ de densidade de fluxo de fótons. As avaliações foram realizadas no período de 8:00 horas a 10:00 h da manhã (FARIA-SILVA; GALLON; MOURA SILVA, 2020), nas datas 12/04/2021, 19/04/2021 e 26/04/2021. As plantas avaliadas, seguindo a ordem das datas anteriormente mencionadas, tinham respectivamente, 733, 740 e 747 dias após a semeadura (DAS), e 420, 427 e 434 dias após a enxertia (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 , $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). A eficiência instantânea do uso da água (A/E , $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$), a eficiência intrínseca do 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 , $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1} (\mu\text{mol mol}^{-1})^{-1}$) foram calculadas a partir dos dados obtidos. Os dados apresentados foram as médias das três datas avaliadas.

Em relação à fluorescência da clorofila *a*, selecionou-se e marcou-se uma folha completamente desenvolvida no terço médio da copa sendo realizada uma leitura por folha, sendo feita no limbo foliar com o fluorômetro portátil Fim 1500 ADC (Analytical Development Company Ltda.®). A condição de escuro foi simulada por meio do uso de pinças metálicas aderidas às folhas durante 30 minutos, impedindo que as mesmas ficassem expostas à luz. 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 FSII (F_v/F_m) (KHALIDA et al., 2012; YUSUF et al., 2010). As plantas avaliadas, seguindo a ordem das datas 16/05/2021, 18/05/2021; 20/05/2021, 22/05/2021 e 24/05/2021, tinham respectivamente 767, 769, 771, 773 e 775 dias após a semeadura (DAS), e, 454, 456, 458, 460 e 462 dias após a enxertia (DAE). Os dados apresentados foram as médias das cinco datas avaliadas.

Além disso, foi realizada a extração de clorofilas através de 3 discos de $20,1 \text{cm}^2$ coletados por folha, em 3 folhas do terço médio da copa de cada unidade experimental. Para tanto foi determinada a massa das amostras que posteriormente foram submetidas a extração com acetona aquosa a 80%, conforme proposto por Lichtenthaler (1987). A partir do extrato obtido, foram realizadas leituras em espectrofotômetro (inserir descrição) nos comprimentos de

onda de... Com as absorvâncias obtidas foram calculados os teores de clorofila *a*, clorofila *b* e clorofila total, expressos em mg g⁻¹, bem como a razão entre as clorofilas *a* e *b*. A equação utilizada para a determinação dos pigmentos é demonstrada a seguir (LICHTENTHALER, 1987):

$$Ca = 12,25 A_{663,2} - 2,79 A_{646,8}$$

$$Cb = 21,50 A_{646,8} - 5,10 A_{663,2}$$

$$C_{a+b} = 7,15 A_{663,2} + 18,71 A_{646,8}$$

onde: *Ca* é a clorofila *a*, *Cb* é a clorofila *b* e *Ca+b* são clorofilas totais, todas expressas em mg g⁻¹ e sendo *A* referente a absorvância obtida nos comprimentos de onda específico no solvente utilizado.

Análises estatísticas

As análises de variâncias foram realizadas em dois momentos, posteriormente à verificação das pressuposições (YASSIN et al., 2002):

Análise conjunta, com a fonte de variação “tratamentos”, sendo complementada, quando significativa, pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade, comparando os diferentes tratamentos em relação ao tratamento adicional FD.

Análise fatorial, antes de serem submetidas a análise de variância os comprimentos de interenxerto a efeito de comparações estatísticas foram consideradas categorias: porta-enxerto (PE) e comprimentos de interenxerto (INT), organizada nas causas de variação “PE”, “INT” e “PE × INT”. Quando o teste F foi significativo para determinado fator, considerando o nível mínimo de significância $\alpha = 0,05$, procedeu-se a complementação pelo teste Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Os dados foram analisados pelo programa estatístico SAS (*Statistical Analysis System*), versão 9.4®.

RESULTADOS

Análises biométricas

a) Características biométricas da copa e dos porta-enxertos

Mudas do tangoreiro ‘Murcott’ sobre os diferentes porta-enxertos e comprimentos dos interenxertos, 227 dias após a enxertia da copa, podem ser observadas na Figura 1.



Figura 3. Mudanças de tangoreiro ‘Murcott’ enxertadas sobre limoeiro ‘Cravo’ e citrumeleiro ‘Swingle’ com diferentes comprimentos de interenxertia do trifoliatoeiro ‘Flying Dragon’, 540 dias após a sementeira e 227 dias após a enxertia da copa. Viçosa, MG, 2021.

Aos 393 dias após a enxertia da copa, mudas do tangoreiro ‘Murcott’ enxertadas sobre o limoeiro ‘Cravo’ (C) apresentaram crescimento maior que as enxertadas sobre o trifoliatoeiro ‘Flying Dragon’ (FD), em relação ao comprimento da brotação (Henx) da copa (Figura 4A). Já as plantas submetidas à interenxertia, independentemente do porta-enxerto e do comprimento do interenxerto desenvolveram um comprimento de brotação inferior àquelas enxertadas sobre FD (Figura 4A). A presença de interenxertos de ‘Flying Dragon’ nos diferentes tamanhos (5, 10 e 15 cm) reduziu o comprimento da brotação da copa, independentemente do porta-enxerto utilizado (Figura 4A), em comparação às plantas enxertadas em C e ‘Swingle’ (S) sem interenxertos.

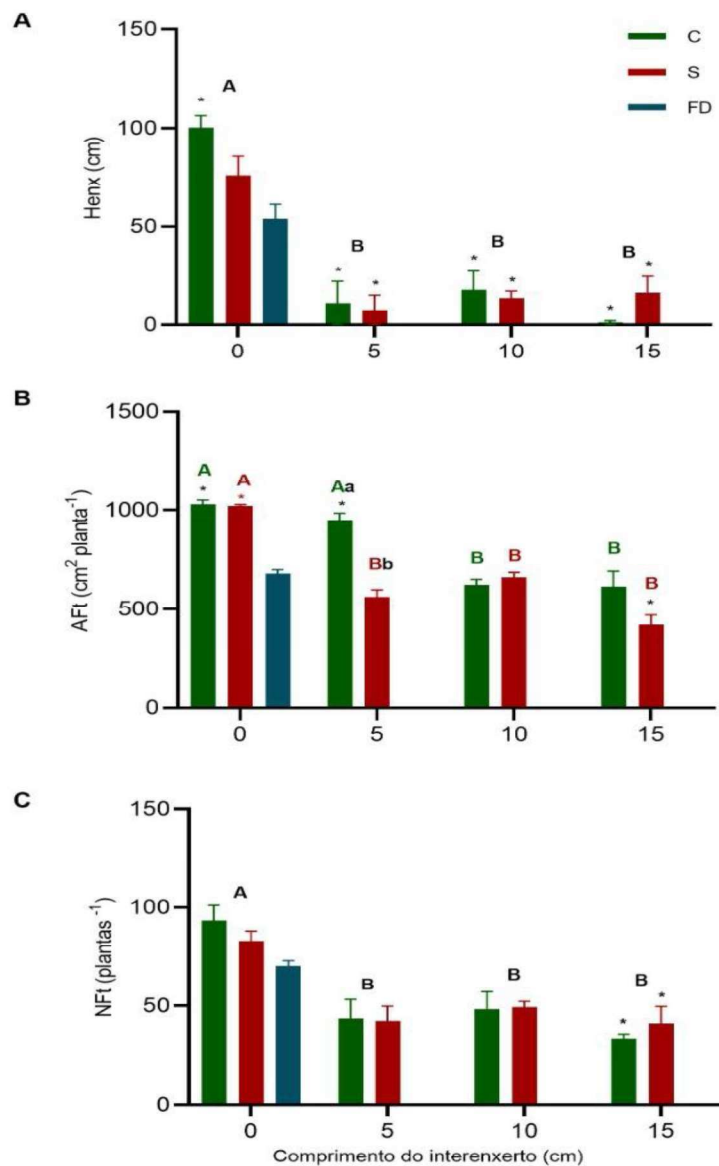


Figura 4. Altura planta (Henx) (A), área foliar total (área foliar total dividida pelo número de folhas) (AFt) (B) e número de folhas total (NFt) (C) em tangoreiro ‘Murcott’ enxertado sobre limoeiro ‘Cravo’ e citrumeleiro ‘Swingle’ com diferentes comprimentos de interenxertia do trifoliateiro ‘Flying Dragon’, aos 706 DAS e 393 DAE, Viçosa, MG, 2021. (*), difere pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$) em relação ao tratamento FD; letras maiúsculas negras 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 vermelhas 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 ($p < 0,05$). Viçosa, MG, 2021.

As plantas enxertadas sobre C e S, bem como aquelas sobre C mais interenxerto de 5 cm de FD (FD-05/C), apresentaram maior área foliar (AFt) em relação às plantas enxertadas sobre FD. Já, as plantas enxertadas sobre S, com interenxerto de 15 cm de FD (FD-15/S) apresentaram área foliar reduzida, em relação às plantas enxertadas sobre FD (Figura 4B). Houve interação significativa entre porta-enxerto e comprimento de interenxerto em relação à variável AFt. Sobre o porta-enxerto C, a área foliar foi reduzida quando utilizados interenxertos de 10 e 15 cm (FD-10/C e FD-15/C). Já em relação ao porta-enxerto S, o uso de interenxertos

reduziu a área foliar em todos os comprimentos testados. Apenas com a presença de interenxertos de FD de 5 cm houve redução da Aft sobre o porta-enxerto S em comparação ao C (Figura 4B).

Quando avaliado o número de folhas (Nft), observou-se redução, em relação às plantas enxertadas sobre FD, nos tratamentos com interenxertos de 15 cm (FD-15/C e FD-15/S). Quando avaliados os porta-enxertos C e S, observou-se que a presença de interenxertos reduziu o Nft das mudas do tangoreiro ‘Murcott’, independentemente do porta-enxerto utilizado (Figura 4C).

O tangoreiro ‘Murcott’, somente quando enxertado sobre o limoeiro C, apresentou massa seca de folhas (MSF) maior que as plantas enxertadas sobre FD (Figura 5A).

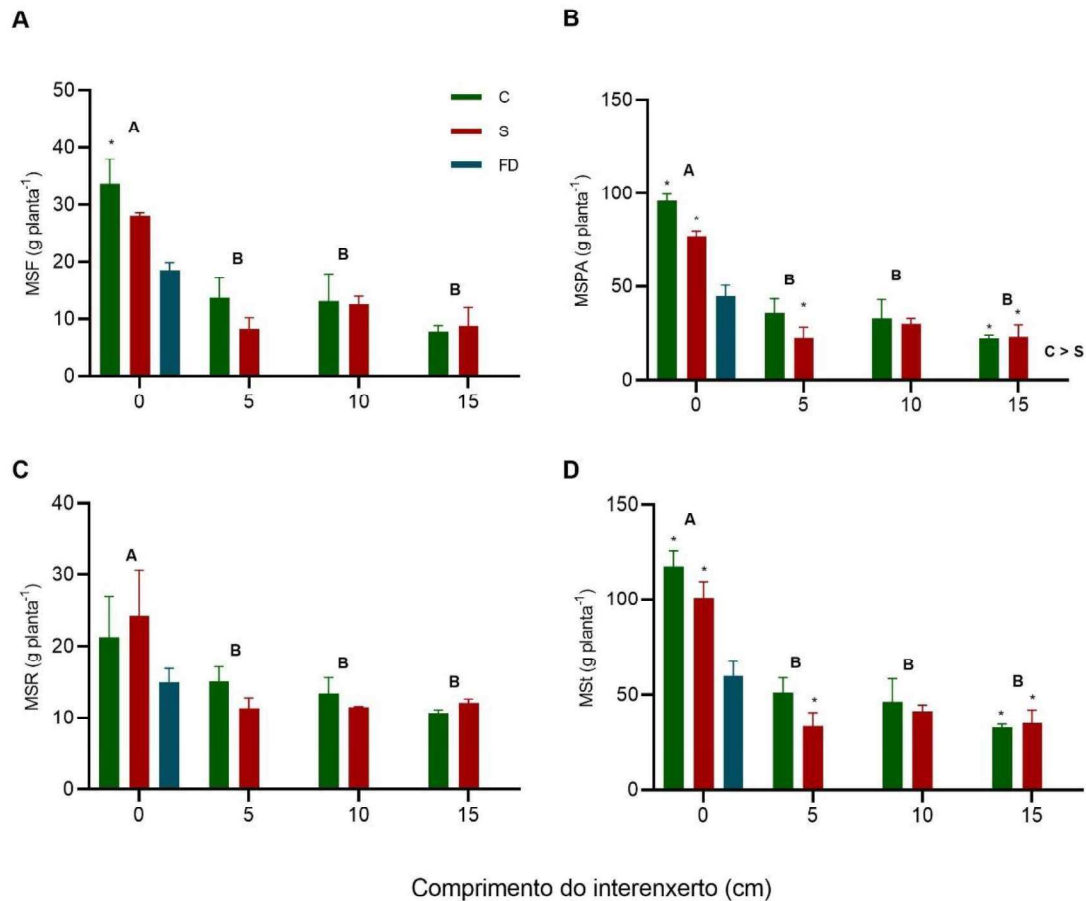


Figura 5. Massa seca de folha (MSF) (A), massa seca de parte aérea (MSPA) (B), massa seca de raiz (MSR) (C) e massa seca total (MST) (D) em tangoreiro ‘Murcott’ enxertado sobre limoeiro ‘Cravo’ e citrumeleiro ‘Swingle’ com diferentes comprimentos de interenxertia do trifoliatoeiro ‘Flying Dragon’, aos 706 DAS e 393 DAE, Viçosa, MG, 2021. (*), 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 porta-enxerto ‘Cravo’ são superiores aos com porta-enxerto ‘Swingle’, pelo teste F ($p < 0,05$). Viçosa, MG, 2021.

A massa seca de parte aérea (MSPA) e total de planta (MSt), em relação as plantas enxertadas sobre ‘Flying Dragon’, foi incrementada nos tangoreiro ‘Murcott’ enxertados sobre

C e S, enquanto nas plantas enxertadas sobre C, com interenxerto de 5 e 15 cm, e sobre S, com interenxertos de 15 cm, estas características foram reduzidas (Figura 5B e 5D).

Já, a presença de interenxertos de FD nos diferentes comprimentos (5, 10 e 15 cm) promoveu redução da MSF, da massa seca de raízes (MSR), da MSPA e da MSt, independentemente do porta-enxerto utilizado (Figura 5A, 5B, 5C e 5D). Quando avaliadas de modo geral, independentemente do comprimento do interenxerto, as plantas enxertadas sobre limoeiro C desenvolveram maior MSPA que as enxertadas sobre o citrumeleiro S (Figura 5B)

A razão entre a parte aérea e a raiz, em massa seca (MSPA/MSR) dos diferentes tratamentos, não diferiu em relação às plantas enxertadas sobre FD. A presença de interenxertos de FD, em comprimentos de 5 e 15 cm, reduziu a razão MSPA/MSR independentemente do porta-enxertos utilizado, neste caso C ou S (Figura 6).

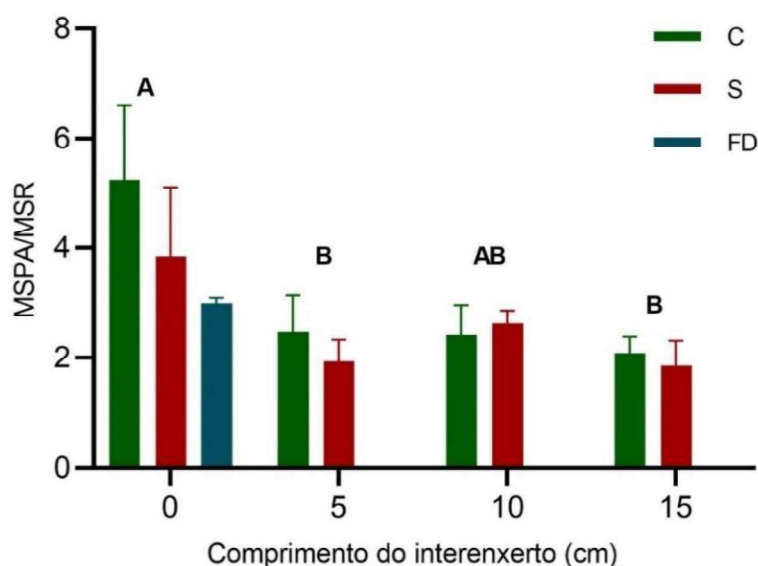


Figura 6. Relação massa seca de parte aérea por massa seca de raiz (MSPA/MSR) em tangoreiro ‘Murcott’ enxertado sobre limoeiro ‘Cravo’ e citrumeleiro ‘Swingle’ com diferentes comprimentos de interenxertia do trifoliateiro ‘Flying Dragon’, aos 706 DAS e 393 DAE, Viçosa, MG, 2021. (*), difere pelo teste 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 porta-enxerto ‘Cravo’ são superiores aos com porta-enxerto ‘Swingle’, pelo teste F ($p < 0,05$). Viçosa, MG, 2021.

A combinação FD-05/C permitiu a obtenção de maior área foliar média de cada folha (AFi) em comparação ao FD. Por outro lado, não houve efeito significativo entre os porta-enxertos (C e S) e os comprimentos de interenxertia (0, 5, 10 e 15 cm) para essa característica (Figura 7A).

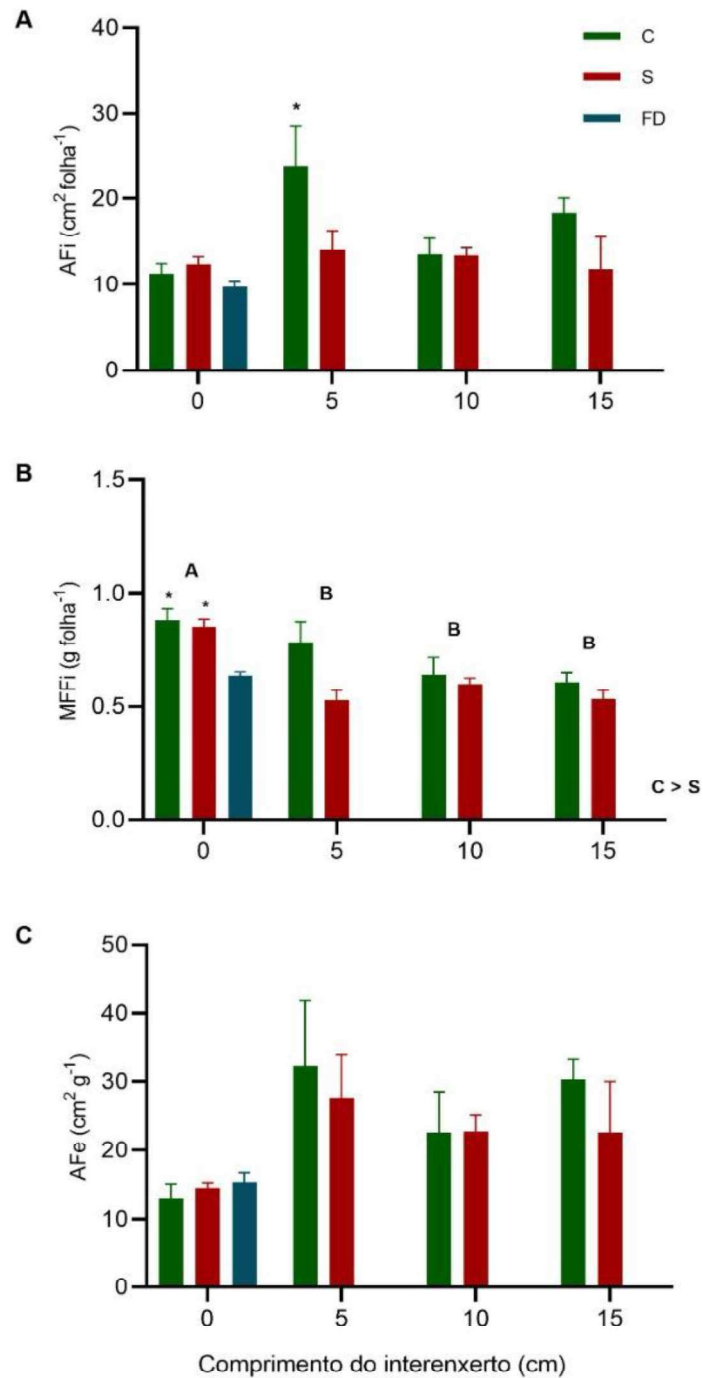


Figura 7. Relação área foliar por número de folha (AFi) (A), massa fresca de folha individual (MFFi) (B) e área foliar específica (AFe) (C) em tangoreiro ‘Murcott’ enxertado sobre limoeiro ‘Cravo’ e citrumeleiro ‘Swingle’ com diferentes comprimentos de interenxertia do trifoliatoeiro ‘Flying Dragon’, aos 706 DAS e 393 DAE, Viçosa, MG, 2021. (*), 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 porta-enxerto ‘Cravo’ são superiores aos com porta-enxerto ‘Swingle’, pelo teste F ($p < 0,05$). Viçosa, MG, 2021.

Quando avaliadas isoladamente, as plantas enxertadas sobre C e S apresentaram maiores valores de massa fresca de folha (MFFi) em relação as plantas enxertadas sobre FD. De outro modo, quando avaliados porta-enxertos e comprimentos de interenxertos, verifica-se que a

presença de interenxertos de FD nos diferentes comprimentos (5, 10 e 15 cm) reduziu a MFFi, sobre ambos os porta-enxertos C e S. Plantas enxertadas sobre o limoeiro C apresentaram massa média de folha maior que as enxertadas sobre S (Figura 7B). Os diferentes tratamentos não afetaram a área específica de folha (AF_e, cm² g⁻¹) (Figura 7C).

b) Características morfométricas do sistema radicular

Para as análises morfométricas do sistema radicular foram considerados o comprimento total de raízes (CR, cm), o comprimento de raízes com diâmetro menor que 0,5 mm (CR<0,5, cm), o diâmetro médio radicular (DMR, mm), a área superficial radicular (ASR, cm²), o volume radicular (VR, cm³) e o número de pontas radiculares (PontR, planta⁻¹). Imagens das raízes dos diferentes tratamentos podem ser observadas corroborando com os resultados das variáveis mensuradas (Figura 8).



Figura 8. Sistema radicular dos porta-enxertos limoeiro ‘Cravo’, citrumeleiro ‘Swingle’ e trifoliatoeiros ‘Flying Dragon’ enxertados com borbulha do tangoreiro ‘Murcott’ aos 706 DAS e 393 DAE. Nas combinações (C, S e FD) e das plantas interenxertadas com o FD por enxertia de garfagem nos porta-enxertos C e S nas combinações (FD-05/C, FD-10/C e FD-15/C) e (FD-05/S, FD-10/S e FD-15/S). Viçosa, MG, 2021.

Os tangoreiros ‘Murcott’ enxertados nos porta-enxertos ‘Cravo’ (C) e ‘Swingle’ (S), sem interenxertos, apresentaram sistemas radiculares superiores em comprimento (CR), área superficial (ASR) e volume (VR) de raízes em comparação aos de plantas enxertadas sobre o porta-enxerto ‘Flying Dragon’ (Figura 9A, 9D e 9E).

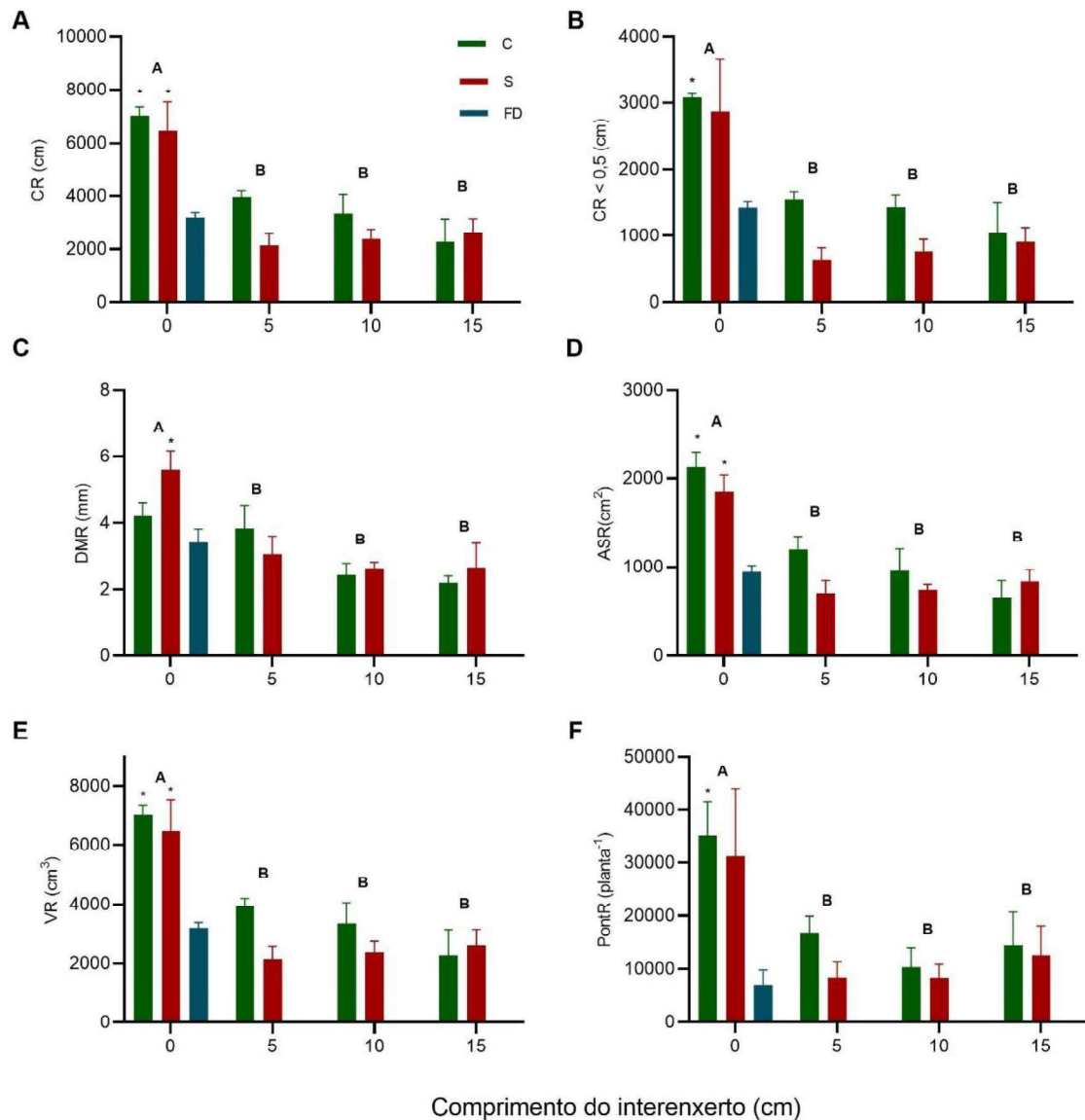


Figura 9. Comprimento radicular (CR) (A), comprimento radicular fina menores que 0,5cm (CR<0,5) (B), diâmetro médio radicular (DMR) (C), área superficial de radicular (ASR) (D), volume radicular (VR) (E) e pontas radiculares (PontR) (F) em tangoreiro 'Murcott' enxertado sobre limoeiro 'Cravo' e citrumeleiro 'Swingle' com diferentes comprimentos de interenxertia do trifoliatoeiro 'Flying Dragon', aos 706 DAS e 393 DAE, Viçosa, MG, 2021. (*), 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 porta-enxerto 'Cravo' são superiores aos com porta-enxerto 'Swingle', pelo teste F ($p < 0,05$). Viçosa, MG, 2021.

Para todas as características avaliadas, as plantas interenxertadas apresentaram valores similares aos das plantas enxertadas sobre FD (Figura 9). Em comparação direta ao porta-enxerto FD, o sistema radicular do porta-enxerto S desenvolveu raízes com maior diâmetro, enquanto o limoeiro C promoveu maior número de pontas, ambos quando não interenxertados. O uso de interenxertos (5, 10 e 15 cm), independentemente do porta-enxerto, promoveu redução de todas as características morfométricas do sistema radicular avaliadas em relação a plantas não interenxertadas (C e S) (Figura 9).

Análises anatômicas da Copa

Para as análises anatômicas da copa, avaliadas aos 610 dias após a semeadura e 297 dias após a enxertia da copa, foram avaliados a densidade de elementos de vasos por área de xilema (DV_x), o diâmetro médio dos elementos de vasos (dm), a razão entre a área de elementos de vasos por área de xilema (AV_t/A_x) e condutividade hidráulica teórica por área do xilema (KHTA_x) (Figura 10) (Figura 11).

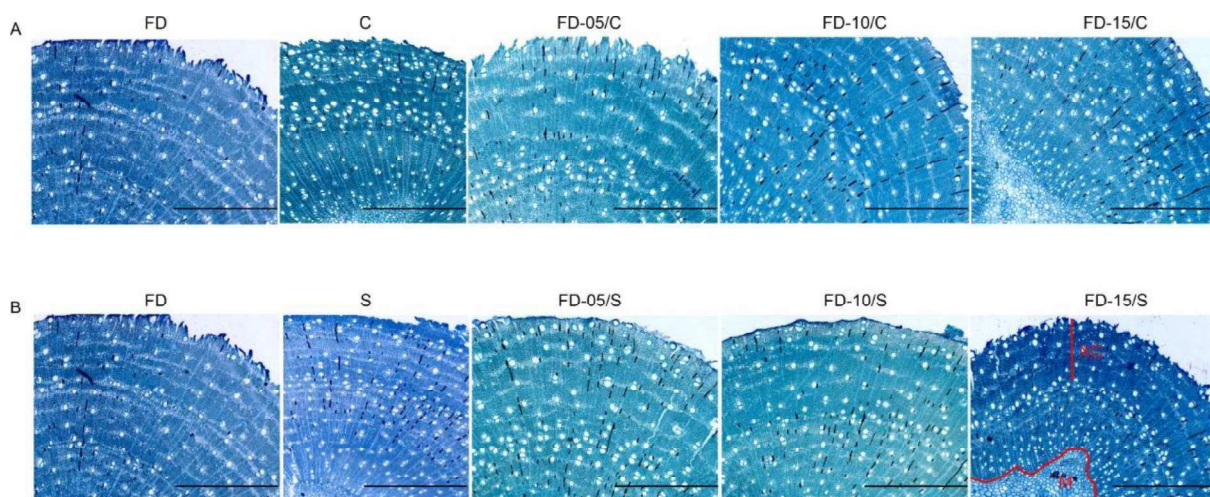


Figura 10. Anatomia da copa do tangoreiro ‘Murcott’ 20 cm acima da enxertia, em corte transversal coradas com azul de toluidina em uma escala de 500 μ m (barra nas fotos), ilustrando a diferença no comportamento da área do xilema diferenciado após a enxertia e a área da medula marcada e indicada pela letra ‘M’ (em vermelho destacado na imagem FD-10/S), e no bem como os elementos de vasos por cada tratamento comparado com o ‘Flying Dragon’ aos 610 DAS e 297 DAE. A= FD; C, FD-05/C, FD-10/C, FD-15/C. B= FD; S, FD-05/S, FD-10/S, FD-15/S. Viçosa, MG, 2021.

As plantas enxertadas sobre C e S apresentaram maiores DV_x quando comparada àquelas enxertadas sobre o FD. O mesmo efeito foi observado nas plantas interenxertadas com 5 cm de FD sobre o C e com 15 cm de interenxerto para ambos os porta-enxertos. Sobre o porta-enxerto C, o tangoreiro ‘Murcott’ interenxertado com 5 cm de FD apresentou densidade de elementos de vaso superiores aos demais. Já para as plantas enxertadas sobre ‘Swingle’, maiores densidades de elementos de vaso foram obtidas com interenxertos de 15 cm, não diferenciando-se, no entanto, em relação as plantas não interenxertadas (Figura 11A).

O diâmetro médio dos elementos de vaso das plantas com interenxerto de FD de 5 cm sobre o limoeiro C e as de 15cm para ambos os porta enxertos, foi reduzido em relação as plantas enxertadas sobre o FD. O efeito do interenxerto foi dependente de cada porta-enxerto. No porta-enxerto C, houve redução significativa do diâmetro médio de vaso apenas quando utilizado interenxerto FD de 5cm. Já sobre o citrumeleiro S, essa redução só ocorreu com 15cm de interenxerto FD (Figura 11B).

Para AVt/Ax, apenas as plantas enxertadas sobre os porta-enxertos C e S foram maiores que as plantas enxertadas sobre o FD. Não houve efeito da interenxertia sobre essa característica quando se utilizou o porta-enxerto S. Sobre o C, as plantas interenxertadas apresentaram menores AVt/Ax em relação as não interenxertadas, sendo a maior redução observada com 5 cm de interenxerto. Em mudas com interenxerto de 5 cm, o uso do C reduziu o AVt/Ax em relação ao porta-enxerto S (Figura 11C).

Apenas as plantas enxertadas sobre o C tiveram condutividade hidráulica teórica maior que as enxertadas sobre o FD. No entanto, nas interenxertadas com 5 cm de FD sobre o porta-enxerto C condutividade foi menor. Para os demais tratamentos o comportamento foi similar às plantas enxertadas sobre FD. A presença de interenxertia sobre o C reduziu a condutividade hidráulica do tangoreiro ‘Murcott’ em todos os comprimentos avaliados. Por outro lado, as plantas enxertadas sobre o S tiveram redução no comprimento de 15 cm de interenxerto. Comparando ambos os porta-enxertos, quando utilizado interenxerto de 5 cm, a condutividade hidráulica teórica de plantas enxertadas sobre S é maior que as enxertadas em C (Figura 11D).

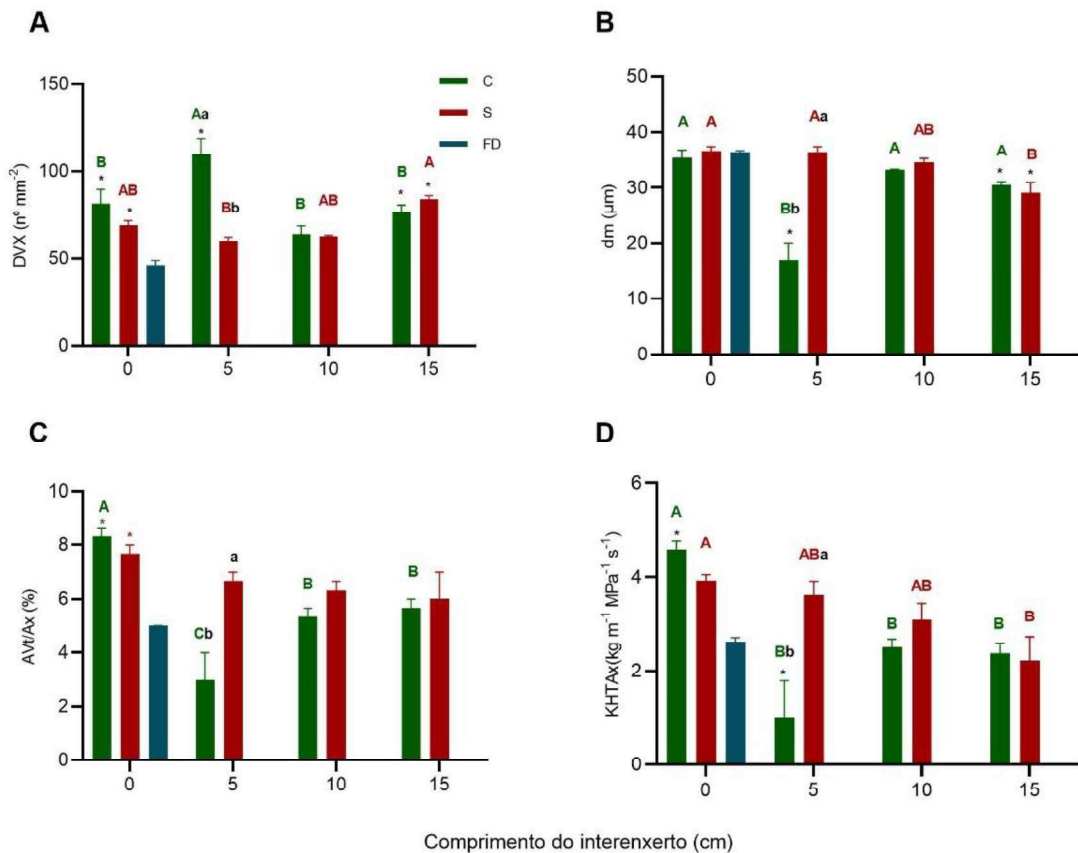


Figura 11. Densidade de vasos por área de xilema (DVx) (A), diâmetro médio dos elementos de vasos (dm) (B), área de elementos de vasos total por área de xilema (AVt/Ax) (C) e condutividade hidráulica teórica da área do xilema (KHTAx) (D) em tangoreiro ‘Murcott’ enxertado sobre limoeiro ‘Cravo’ e citrumeleiro ‘Swingle’ com diferentes comprimentos de interenxertia do trifoliatoeiro ‘Flying Dragon’, aos 610 DAS e 297 DAE, Viçosa, MG, 2021. (*), 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 vermelhas 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 ($p < 0,05$). Viçosa, MG, 2021.

Análise Fisiológicas

A taxa fotossintética, ou assimilação líquida de CO_2 (A), das plantas enxertadas sobre o S com interenxerto de 5 cm de FD foi maior em relação às plantas enxertadas sobre FD. A assimilação líquida de CO_2 foi afetada pela interenxertia apenas sobre o porta-enxerto S, onde as plantas interenxertadas com 5 cm de FD obtiveram comportamento superior. Nos comprimentos de interenxertia de 5 e de 15 cm os portas-enxertos apresentaram comportamento contrastante (Figura 12A).

Considerando a condutância estomática (g_s), nenhum tratamento se diferenciou individualmente das plantas enxertadas sobre o FD. Sendo que a presença de interenxerto incrementou a condutividade estomática, independentemente de seu comprimento e do porta-enxerto utilizado (Figura 12B).

Percebe-se que as plantas enxertas sobre o S desenvolveram taxa de transpiração inferior às de plantas enxertadas sobre o FD. Já plantas enxertadas sobre S, com interenxertos de 5 cm, apresentaram transpiração superior às plantas enxertadas sobre FD. Em relação ao comprimento de interenxertia, só houve efeito em plantas sobre S, em que a presença de interenxertia incrementou a transpiração (Figura 12C).

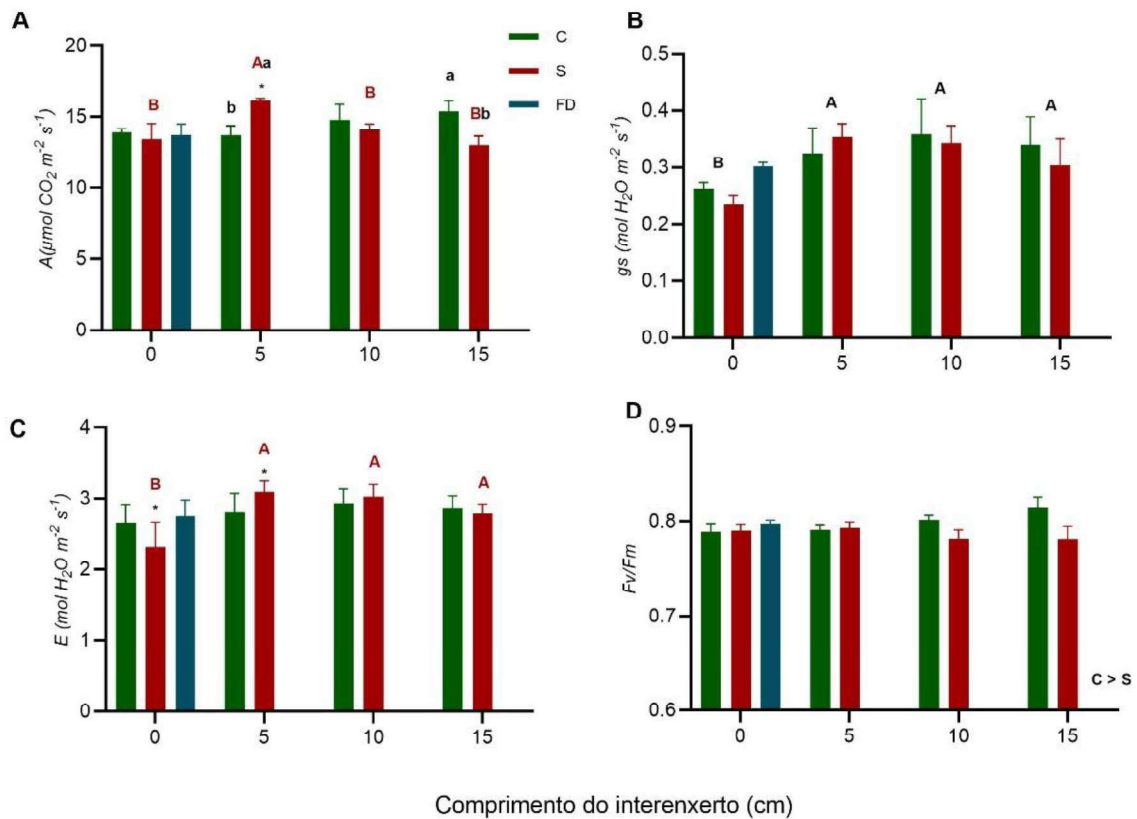


Figura 12. Fotossíntese líquida/taxa assimilatória de CO_2 (A) (A), condutância estomática (g_s) (B), taxa transpiratória (E) (C) e rendimento máximo quântico do fotossistema II (F_v/F_m) (D) em tangoreiro ‘Murcott’ enxertado sobre limoeiro ‘Cravo’ e citrumeleiro ‘Swingle’ com diferentes comprimentos de interenxertia do trifoliatoeiro ‘Flying Dragon’, aos 733 DAS e 420 DAE, Viçosa, MG, 2021. (*), 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 vermelhas 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 ($p < 0,05$). Viçosa, MG, 2021.

Em relação ao rendimento quântico máximo do PSII (F_v/F_m), todos os tratamentos foram similares às plantas enxertadas sobre FD, não havendo efeito de interenxertia. As plantas enxertadas sobre C apresentaram valores superiores àquelas enxertadas sobre S, independentemente da presença de interenxertos. Valores de F_v/F_m acima da faixa de 0,75 indica a ausência de estresse sobre as plantas (BJÖRKMAN; DEMMIG, 1987; BOLHAR-NORDENKAMPF et al., 1989) (Figura 12D).

A concentração de CO_2 na câmara subestomática (C_i) das plantas enxertadas sobre o C e o S foi inferior à de plantas enxertadas sobre o FD. Sobre o porta-enxerto C, incremento de C_i foram observados na presença de interenxertos de 5 e 10 cm, enquanto sobre S o mesmo ocorreu nos comprimentos de 10 cm e 15 cm. Dentre os comprimentos avaliados, incremento de C_i sobre o porta-enxerto C em relação ao S foi observado apenas nas plantas com interenxertos de 5 cm (Figura 13A).

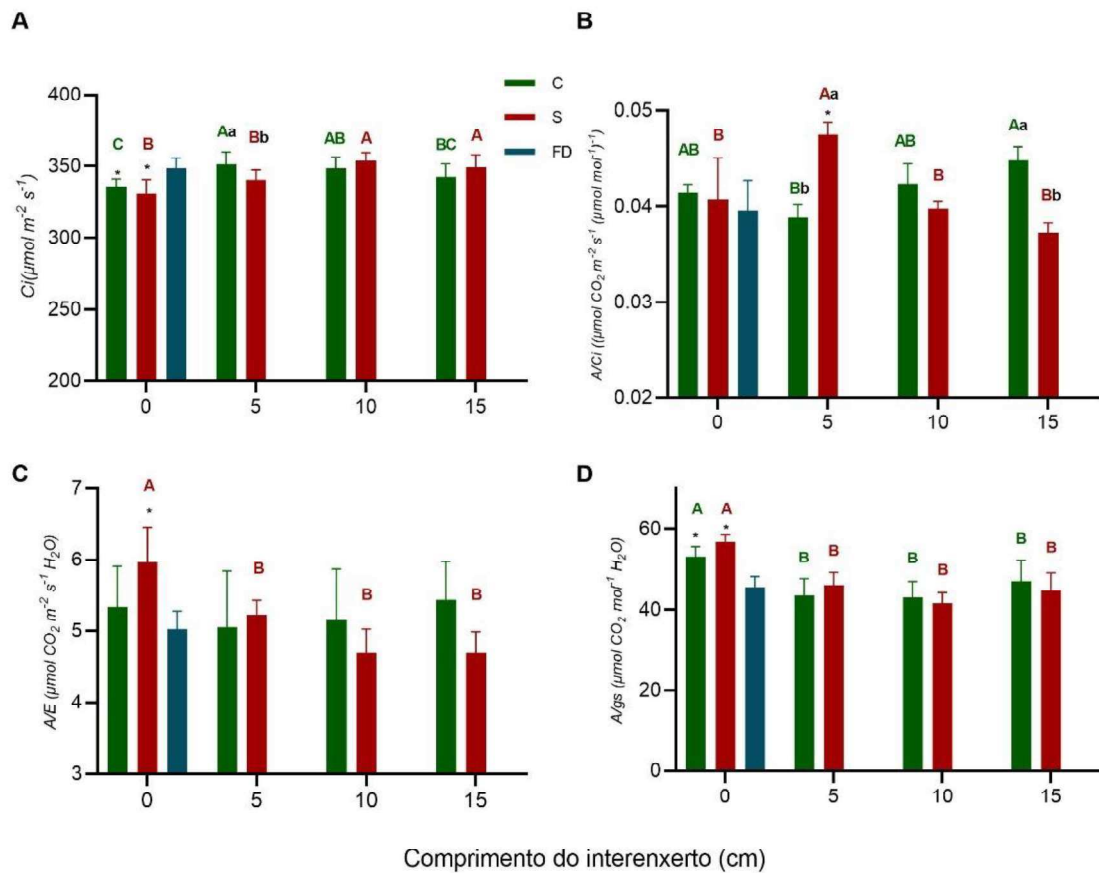


Figura 13. Concentração de CO_2 na câmara subestomáticas = CO_2 interno (C_i) (A), eficiência da carboxilação (A/C_i) (B), eficiência do uso da água (A/E) (C) e eficiência intrínseca do uso da água (A/g_s) (D) em tangoreiro ‘Murcott’ enxertado sobre limoeiro ‘Cravo’ e citrumeleiro ‘Swingle’ com diferentes comprimentos de interenxertia do trifoliatoeiro ‘Flying Dragon’, aos 733 DAS e 420 DAE, Viçosa, MG, 2021. (*), 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 vermelhas 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 ($p < 0,05$). Viçosa, MG, 2021.

Para a eficiência da carboxilação (A/C_i), apenas plantas com interenxertos de 5 cm sobre o S tiveram valores maiores que os de plantas enxertadas sobre FD. Houve incremento da A/C_i em plantas enxertadas sobre citrumeleiro S com 5cm de interenxerto. Já para as plantas sobre o C, os maiores valores de A/C_i foram observados em plantas com interenxertos de 15 cm, contudo estatisticamente semelhantes às plantas não interenxertadas (Figura 13B).

A maior eficiência do uso da água (A/E) foi observada em plantas enxertadas sobre o citrumeleiro S, diferenciando-se das plantas enxertadas sobre FD. Nas plantas enxertadas sobre o Porta-enxerto S, observou-se que a presença de interenxertos de FD, independentemente do comprimento, reduziu os valores de A/E (Figura 13C).

As plantas enxertadas sobre o limoeiro C e o citrumeleiro S obtiveram maiores valores de eficiência intrínseca do uso da água (A/g_s) em relação às enxertadas sobre o FD. A presença

de interenxertos, independentemente do comprimento destes, reduziu a A/g_s sobre ambos os porta-enxertos (Figura 13D).

O porta-enxerto S apresentou maiores concentrações de clorofila *a* quando comparada com as plantas enxertadas sobre o trifoliato FD (Figura 14A), o comportamento foi similar para clorofila *b* (Figura 14B) e clorofila total (Figura 14C). A interenxertia em plantas enxertadas sobre o S, independentemente do comprimento do interenxerto, reduziu a concentração de clorofila *a* das folhas (Figura 14A). As plantas enxertadas sobre o S apresentaram maiores teores foliares de clorofila *b* e total ($a + b$) em relação as enxertadas sobre limoeiro C, independentemente do uso de interenxertia. (Figuras 14B, C). Em relação à razão entre as clorofilas *a* e *b* (Figura 14D), não houve efeito dos tratamentos.

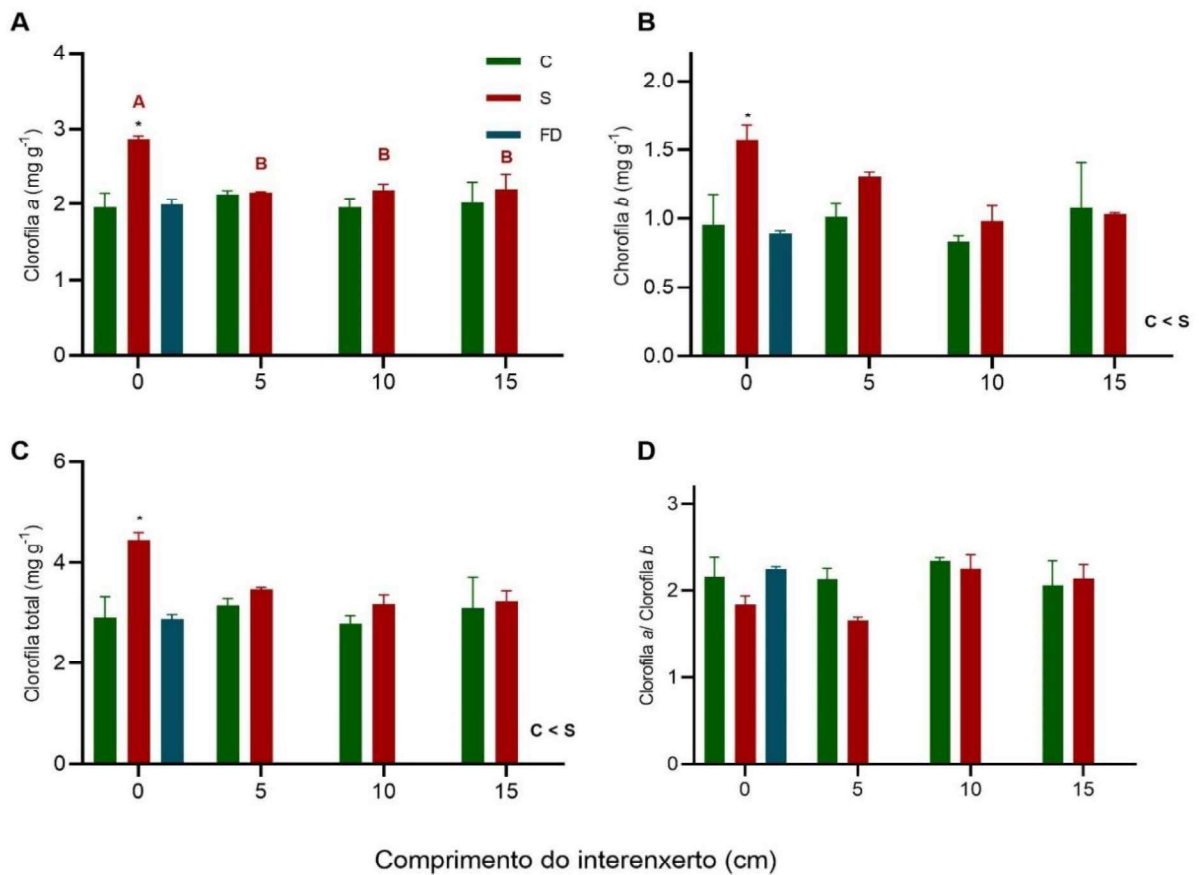


Figura 14 Clorofila *a* (A), clorofila *b* (B), clorofila total ($a+b$) (C) relação clorofila *a*/ clorofila *b* (D) em tangareiro 'Murcott' enxertado sobre limoeiro 'Cravo' e citrumeleiro 'Swingle' com diferentes comprimentos de interenxertia do trifoliato 'Flying Dragon' aos 706 DAS e 393 DAE, Viçosa, MG, 2021. (*), 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 porta-enxerto 'Cravo' são superiores aos com porta-enxerto 'Swingle', pelo teste F ($p < 0,05$). Viçosa, MG, 2021.

DISCUSSÃO

As caracterizações biométricas indicaram que o uso de interenxertos promove redução dos comprimentos das plantas. Esse resultado é esperado, considerando que a planta foi submetida a diferentes secções para gerar o interenxerto e o sucesso de seu desenvolvimento estar associado a diferentes fatores, incluindo genéticos e bioquímicos e de regeneração de tecido (MELNYK, 2017; MELNYK; MEYEROWITZ, 2015; WANG et al., 2016). Mesmo o efeito da presença do interenxerto em si, bem como o seu comprimento, sobre o crescimento do tangoreiro ‘Murcott’. A redução no crescimento se dar pelo atraso no desenvolvimento, oriundo da aplicação da técnica, mas também por fatores mecânicos e fisiológicos advindos da presença do interenxerto. Percebeu-se reduções no crescimento e acúmulo de matéria seca das diversas partes do vegetal provocadas pelo uso da interenxertia (Figura 5), apresentando de modo geral comportamentos similares as plantas somente enxertadas sobre ‘Flying Dragon’.

A redução provocada pela presença da interenxertos de ‘Flying Dragon’ foi em MSF de 64,7%, em MSPA de 65,7%, em MSR de 45,7% e em MST de 63,3% em relação as plantas não interenxertadas. Reduções de 41,1% e de 22,5% nos comprimentos das plantas foram observadas em laranja ‘Navelina’ e de limoeiro ‘Küttdiken’ em porta-enxertos de laranja ‘Azeda’ quando utilizados interenxertos de ‘Flying Dragon’ (KAMILOGLU; YESILOGLU, 2014), apresentando, no entanto, valores similares em relação à matéria seca de parte aérea, folhas e raízes. Para laranja ‘Valencia’ enxertada sobre limoeiro ‘Cravo’, o uso de interenxertos de 20 cm de *P. trifoliata* reduziu o volume da copa em 31,7% aos 8 anos de idade. Plantas de limeira ácida ‘Tahiti’ interenxertadas com ‘Flying Dragon’ sobre o citrumeleiro ‘Swingle’ apresentaram menor volume de copa aos 6 anos de idade (ESPINOZA-NÚÑEZ et al., 2011).

A relação parte aérea/raiz (MSPA/MSR) foi reduzida quando utilizados interenxertos de 5 ou de 15 cm de ‘Flying Dragon’ em torno de 54% em relação às plantas não interenxertadas, contudo sem diferenciarem-se das plantas enxertadas sobre ‘Flying Dragon’. Maiores valores de MSPA/MSR podem estar associados a um suprimento mais adequado de nutrientes, e especialmente em sistemas radiculares menores pode indicar uma maior eficiência destes. Contudo, como essas diferenças de massa seca de parte aérea e de raiz possam a vir se expressam em plantas adultas ainda é uma incógnita, podendo persistir nos primeiros anos do pomar (ALBRECHT et al., 2017). Além disso, pode-se supor um comportamento similar das plantas interenxertadas com ‘Flying Dragon’, já que há similaridade em relação a todas as variáveis morfométricas do sistema radicular (Figura 8 e 9).

. O uso de interenxertos também parecem ter efeito similares na redução do crescimento em outras espécies frutíferas. Scarpore Filho et al., (2000), citam que a interenxertia com a ameixeira ‘Januária’ (*Prunus salicina* L.) afeta o desenvolvimento da copa de pessegueiro ‘Tropical’ e ‘Ouromel-2’, (*Prunus persica* L.) sobre porta-enxerto ‘Okinawa’, reduzindo o crescimento e incrementando o florescimento e a frutificação. Em plantas de mangueira ‘Ataulfo’ (*Mangifera indica* L.) houve redução no volume de copa com o uso do interenxertos de mangueira Esmeralda, sendo essa redução mais intensa com comprimentos de interenxerto entre 31 e 50 cm, possibilitando o uso de maiores adensamentos em pomares e incrementando o rendimento de frutos por unidade de área (VAZQUEZ-VALDIVIA; SALAZAR-GARCÍA; PEREZ-BARRAZA, 1999). Em manga ‘Irwin’ e ‘Keitt’, o uso de interenxertos de 30 cm de mangueira ‘Khom’ reduziu o crescimento e a área foliar das copas, sem afetar a transpiração (YONEMOTO et al., 2007). Em caquizeiros ‘Fuyu’ (*Diospyrus kaki* Thunb.), o uso de interenxertos de 10 cm do caquizeiro potencialmente ananizante Ac-1 reduziu o crescimento das plantas, independentemente do uso de poda, sem afetar o rendimento de frutos (KOSHITA et al., 2007).

Em relação às variáveis anatômicas, em geral, caracterizações de anatomia do xilema são direcionadas aos porta-enxertos e não às copas (RODRÍGUEZ-GAMIR; PRIMO-MILLO; FORNER-GINER, 2016; GAONA-PONCE et al., 2018) havendo poucos trabalhos que comparem o efeito dos porta-enxertos ou interenxertos sobre a anatomia da copa em citrus (VASCONCELLOS; CASTLE, 1994; MARTÍNEZ-ALCÁNTARA et al., 2013) e escassos em outras frutíferas (JUPA; MÉSZÁROS; PLAVCOVÁ, 2021; XU et al., 2021). Pode-se perceber que, de forma geral, a interenxertia de ‘Flying Dragon’ propiciou maior efeito sobre características anatômicas do tangoreiro ‘Murcott’ sobre o limoeiro ‘Cravo’ do que sobre o citrumeleiro ‘Swingle’. Tal fato se deve, provavelmente, a maior distância genética entre ‘Flying Dragon’ e o limoeiro ‘Cravo’ do que em relação ao citrumeleiro ‘Swingle’, o qual é um híbrido de *Poncirus trifoliata* (SCHÄFER; BASTIANEL; DORNELLES, 2004).

Interenxertos de Flying Dragon com 5 cm sobre o limoeiro ‘Cravo’ (FD-05/C) induziram ao tangoreiro ‘Murcott’ alta densidade de elementos de vasos (DVX) no xilema (109,9 vasos mm⁻²). Todavia, quando enxertadas diretamente sobre o ‘limoeiro Cravo’, a densidade foi de 81,5 vasos mm⁻². Já sobre o porta-enxerto ‘Flying Dragon’, a densidade foi de 46,2 vasos mm⁻² (Figura 11A). Porta-enxertos com genética de *Poncirus trifoliata* parecem incrementar a densidade de vasos de pomeleiros sobre eles enxertados (VASCONCELLOS; CASTLE, 1994), em relação a porta-enxertos do gênero *Citrus*. No presente trabalho as plantas enxertadas sobre limoeiro ‘Cravo’ apresentaram maior densidade de vasos do xilema em

relação às enxertadas sobre ‘Flying Dragon’ (Figura 11A). Contudo, ao se comparar ‘Flying Dragon’ com o trifoliato ‘Rubidoux’ não parece haver diferenças em relação à densidade de elementos de vaso nas laranjeiras ‘Valencia’ enxertada sobre esses porta-enxertos (MARTÍNEZ-ALCÁNTARA et al., 2013).

No tratamento FD-05/C também houve uma drástica redução no diâmetro dos elementos de vaso ($16,9 \mu\text{m}$) em relação às plantas não interenxertadas ($> 35 \mu\text{m}$) (Figura 11B). Tal redução não foi compensada pela maior DVX, mostrando também uma redução no percentual de área do xilema ocupada com vasos (AVt/Ax) em relação às plantas enxertadas sobre limoeiro ‘Cravo’ e resultando em reduzida condutividade hidráulica teórica (KHTAX), inferior até em relação às plantas enxertadas sobre ‘Flying Dragon’.

Quanto às trocas gasosas, o uso de interenxertos parece ter influenciado mais as plantas de tangoreiro ‘Murcott’ enxertadas sobre citrumeleiro ‘Swingle’, para a qual o uso de 5 cm de interenxertos de ‘Flying Dragon’ (FD-05/S) incrementou a assimilação líquida de CO_2 (Figura 12A). Incrementos em fotossíntese foram observados em laranjeiras ‘Navelina’ interenxertadas sobre ‘Flying Dragon’ em porta-enxertos de laranjeira ‘Azeda’ (KAMILOGLU; YESILOGLU, 2014), no final do inverno e na primavera, na Turquia. O mesmo comportamento observado na assimilação líquida de CO_2 e observado em relação a eficiência de carboxilação (A/C_i), sobre o citrumeleiro ‘Swingle’ (Figura 13B). Diferentes comprimentos do interenxerto tangeleiro ‘Minneola’ não afetaram a assimilação líquida de CO_2 em pomeleiros ‘Star Rubi’, entre o outono e a primavera (YILMAZ et al., 2014), de forma similar ao que ocorreu em relação ao porta-enxerto limoeiro ‘Cravo’, onde não se observou efeito dos diferentes comprimentos sobre a assimilação líquida de CO_2 (Figura 12A). Tal resultado evidencia um comportamento dependente de uma complexa interação entre os genótipos combinados, em relação atividade fotossintética. Os altos valores de assimilação líquida de CO_2 em todos os tratamentos ($> 13 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) podem estar associados ao cultivo em casa de vegetação, sem restrições hídricas e com altos níveis de CO_2 atmosférico, e ao uso de uma densidade de fluxo de fótons fotossinteticamente ativa alta ($1000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$).

A condutância estomática (g_s) das folhas do tangoreiro ‘Murcott’ foi incrementada com o uso de diferentes comprimentos de interenxertos de ‘Flying Dragon’, independentemente do porta-enxerto utilizado (Figura 12B), enquanto em relação à transpiração (E), foi incrementada pela interenxertia apenas sobre o citrumeleiro ‘Swingle’ (Figura 12C). Já, a condutividade hidráulica calculada (KHTAx) da copa foi reduzida por todos os comprimentos de interenxertos para o limoeiro ‘Cravo’ (FD-05/C, FD-10/C e FD-15/C) e por 15 cm de interenxerto sobre o citrumeleiro ‘Swingle’ (FD-15/S) (Figura 12D) como uma consequência das alterações em

DVX e dm (Figura 11A, B). Já foi observado aumento de transpiração em laranjeiras ‘Navelina’ sobre interenxertos de ‘Flying Dragon’, principalmente no período de inverno e primavera, contudo sobre o limoeiro ‘Kütdiken’ não foi observado o mesmo efeito (KAMILOGLU; YESILOGLU, 2014). Para o pomeleiro ‘Star Rubi’, não houve efeito de diferentes comprimentos de interenxerto de tangeleiro ‘Minneola’ nos meses de verão, ao passo que no inverno a interenxertia reduziu a transpiração e a condutância estomática (YILMAZ et al., 2014).

O descompasso entre uma maior condutância estomática e uma menor condutividade hidráulica do xilema pode ser um risco em plantas interenxertadas com ‘Flying Dragon’, principalmente em ambientes com alta demanda evaporativa pela atmosfera, podendo gerar quadros de déficit hídrico. O uso do porta-enxerto ‘Flying Dragon’ é recomendado para regiões sem déficit hídrico ou com uso de irrigação (STUCHI et al., 2012). Essa preocupação pode ser evidenciada, ainda, pela menor eficiência do uso da água aparente (A/E) e intrínseca (A/g_s) apresentada pelas plantas interenxertadas em relação às não interenxertadas (Figura 13C, D). No entanto, devido ao presente estudo ser realizado em casa de vegetação e as plantas ainda serem jovens, tais suposições necessitam ser testadas em condições de cultivo a campo.

Além disso o tangoreiro ‘Murcott’ parece desenvolver maiores condutâncias estomáticas que outras copas cítricas como a laranjeira ‘Valencia’ e a limeira ácida ‘Tahiti’ e menores relações A/E que a laranjeira ‘Valencia’ (MACHADO et al., 2005). Ademais, há registros de incompatibilidade de enxertia do tangoreiro ‘Murcott’ com *Poncirus trifoliata* e híbridos na região sudeste do Brasil (OLIVEIRA; SOARES FILHO; PASSOS, 2008; POMPEU, 1972; POMPEU JUNIOR; BLUMER, 2014), que, contudo, não ocorrem necessariamente em todas as regiões do país.

Em relação aos teores de clorofila *a*, clorofila *b* e clorofila total, as plantas sobre o citrumeleiro ‘Swingle’ sem interenxertia apresentaram teores superiores às plantas enxertadas sobre ‘Flying Dragon’. Plantas enxertadas sobre citrumeleiro ‘Swingle’ desenvolveram maiores valores de clorofila total em relação às enxertadas sobre limoeiro ‘Cravo’, independentemente da presença de interenxertos. Já em pomeleiros ‘Star Rubi’, com interenxertos de 40 cm de tangeleiro ‘Mineola’ incrementaram os teores de clorofila (unidades SPAD) em relação às plantas não interenxertadas, entre o inverno o verão (YILMAZ et al., 2014). Essa diferença na concentração de clorofila pode estar ligada à genética de cada material utilizado como porta-enxerto e condições ambientais (STOFFELLA et al., 1995; PESTANA et al., 2005).

A maior eficiência fotoquímica máxima do fotossistema II (F_v/F_m) em plantas enxertadas e interenxertadas sobre o porta-enxerto ‘Swingle’ em relação àquelas enxertadas

sobre o limoeiro 'Cravo' já foi reportada por outros autores. Araújo et al., (2004) verificaram maiores valores de F_v/F_m em plantas enxertadas sobre 'Cleópatra e 'Rangpur' x 'Swingle' que em citradia, limoeiro 'Cravo' e tangerineira 'Sunki'.

Segundo Hartmann et al., (1990), os efeitos do interenxerto podem ser considerados indiretos, uma vez que fatores internos, como circulação de água, nutrientes e reguladores vegetais são os que realmente são afetados pela presença do interenxerto, provocando respostas sobre o crescimento da planta, florescimento e frutificação.

CONCLUSÕES

O uso de interenxerto de trifoliatoeiro 'Flying Dragon', nos comprimentos de 5, 10 e 15 cm de comprimento, promove a redução do crescimento inicial da tangoreiro 'Murcott' sobre os porta-enxertos limoeiro 'Cravo' e citrumeleiro 'Swingle'

O uso de diferentes comprimentos de interenxerto do trifoliatoeiro 'Flying Dragon' afeta a anatomia vascular de mudas do tangoreiro 'Murcott' e tais efeitos são dependentes do porta-enxerto utilizado. Sobre o limoeiro 'Cravo' o uso de 5 cm propicia a diminuição do diâmetro de vasos do xilema e reduz a condutividade hidráulica do xilema. Já sobre o citrumeleiro 'Swingle' são necessários 15 cm de comprimento para efeito similar.

Resultados como maior condutância estomática e menores eficiência do uso de água (efetiva e intrínseca) ajudam a explicar de forma mais eficiente o que levou as plantas interenxertadas a apresentarem desenvolvimento reduzido.

REFERÊNCIAS

- ALBRECHT, Ute et al. Influence of Propagation Method on Root Architecture and Other Traits of Young Citrus Rootstock Plants. **HortScience Horts**, v. 52, n. 11, p. 1569–1576, 2017. Disponível em: <<https://journals.ashs.org/hortsci/view/journals/hortsci/52/11/article-p1569.xml>>.
- ALMEIDA, C O de et al. Citricultura brasileira: em busca de novos rumos desafios e oportunidades na região Nordeste. **Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura**, p. 60–145, 2011.
- AMARO, A. A. **O agronegócio da tangerina**. . São Paulo: [s.n.], 1999.
- AMARO, A A; CASER, Denise. Diversidade do mercado de tangerinas. **Informações Econômicas**, v. 33, p. 51–67, 2003.
- ANDRADE, Renata Aparecida de; MARTINS, Antonio Baldo Geraldo. Propagação vegetativa de porta-enxertos para citros. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 25, n. 1, p. 134–136, 2003.
- ASHKENAZI, S; ASOR, Z; ROSENBERG, O. **High density citrus plantation-the use of 'Flying Dragon' trifoliolate as an interstock**. 1992, [S.l: s.n.], 1992. p. 203–204.
- AZEVEDO, FERNANDO ALVES D E; PIO, ROSE. Influência da polinização sobre o número de sementes do tangor-'Murcote'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, n. 2, p. 468–471, 2002.
- BASTOS, D C et al. Cultivares copa e porta-enxertos para a citricultura brasileira. **Embrapa Semiárido-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2014.
- BITTERS, W P; COLE, D A; MCCARTY, C D. Facts about dwarf citrus trees. **Citrograph**, 1979.
- BJÖRKMAN, Olle; DEMMIG, Barbara. Photon yield of O₂ evolution and chlorophyll fluorescence characteristics at 77 K among vascular plants of diverse origins. **Planta**, v. 170, n. 4, p. 489–504, 1987.
- BOLHAR-NORDENKAMPF, H R et al. Chlorophyll fluorescence as a probe of the photosynthetic competence of leaves in the field: a review of current instrumentation. **Functional Ecology**, p. 497–514, 1989.

- BORGES, Rogério de Sá; PIO, Rose Mary. Comparative study of the mandarin hybrid fruit characteristics: Nova, 'Murcott' and 'Ortanique' in Capão Bonito SP, Brazil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 25, n. 3, p. 448–452, 2003.
- CALZAVARA, Sérgio A; SANTOS, Jaime M; FAVORETO, Luciany. Resistência de porta-enxertos cítricos a *Pratylenchus jaehni* (Nematoda: Pratylenchidae). **Nematol Bras**, v. 31, p. 7–11, 2007.
- CAMARGO, MARCELO BENTO PAES D E et al. Modelo agrometeorológico de estimativa de produtividade para o cultivar de laranja Valência. **Bragantia**, v. 58, n. 1, p. 171–178, 1999.
- CARLOS, Eduardo Fermino; STUCHI, Eduardo Sanches; DONADIO, Luiz Carlos. Porta-enxertos para a citricultura paulista. **Jaboticabal: Funep**, v. 1, p. 47, 1997.
- CARVALHO, S A de. Propagação dos citros. **Informe Agropecuário, Belo Horizonte**, v. 22, n. 209, p. 21–25, 2001.
- CHENG, Frank Suozhan; ROOSE, Mikeal L. Origin and inheritance of dwarfing by the citrus rootstock *Poncirus trifoliata* 'Flying dragon'. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 120, n. 2, p. 286–291, 1995.
- CITROGRAF. **Variedade e características 7 Lagoas**. . São Paulo: [s.n.], 2021. Disponível em: <file:///C:/Users/Usuario/OneDrive/Área de Trabalho/referencia/7lagoas_2018.pdf>.
- DAVIES, F. S.; ALBRIGO, L. C. Citrus. **Crop Production Science in Horticulture**, 2, p. 272, 1994.
- DE ARAÚJO, R., A. et al. Fluorescência em citrus.pdf. **Revista Ceres**, v. 51, p. 179–189, 2004. Disponível em: <<https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/20343/3/artigo.pdf>>.
- DE CARVALHO, Sérgio Alves et al. **Advances in citrus propagation in Brazil**. [S.l: s.n.], 2019. v. 41.
- DE LIMA, Cristiano F et al. 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.
- DE OLIVEIRA, R P et al. Murcott: opção de tangoreiro tardio para produtores da Campanha e Fronteira Oeste do Rio Grande do Sul. Embrapa Clima Temperado-Fôlder/Folheto/Cartilha (INFOTECA-E), 2017.

- DONADIO, Luiz Carlos; STUCHI, Eduardo Sanches. Adensamento de plantio e anançamento de citros. **Jaboticabal: FUNEP**, 2001.
- EFROM, Caio Fábio Stoffel; SOUZA, Paulo Vitor Dutra de. **Citric. do Rio Gd. do Sul**. [S.l: s.n.], 2018. v. 1.
- ERMEL, F. F., CATESSON, A. M., e POËSSEL, J. L. (1995). EARLY HISTOLOGICAL DIAGNOSIS OF APRICOT/PEACH X ALMOND GRAFT INCOMPATIBILITY: STATISTICAL ANALYSIS OF DATA FROM 5-MONTH-OLD GRAFTS. **Acta Horticulturae**, (384), 497–504. doi:10.17660/actahortic.1995.384.79
- ESPINOZA-NÚÑEZ, Erick et al. Performance of ‘Tahiti’lime on twelve rootstocks under irrigated and non-irrigated conditions. **Scientia Horticulturae**, v. 129, n. 2, p. 227–231, 2011.
- ESPINOZA NUÑEZ, Erick. **Desenvolvimento e produtividade de oito cultivares e híbridos de tangerinas sobre quatro porta-enxertos**. . [S.l.]: Universidade de São Paulo. , 2006
- FACHINELLO, José Carlos; HOFFMANN, Alexandre; NACHTIGAL, Jair Costa. **Propagação de Plantas Frutíferas**. 1ª ed. Brasília: [s.n.], 2005.
- FAO. **Food and Agriculture Organization of the United Nations**. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>>. Acesso em: 2 fev. 2021.
- FARIA-SILVA, Leonardo; GALLON, Camilla Zanotti; MOURA SILVA, Diolina. Photosynthetic performance is determined by scion/rootstock combination in mango seedling propagation. **Scientia Horticulturae**, v. 265, n. November 2019, p. 109247, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109247>>.
- FICHOT, Régis et al. Common trade-offs between xylem resistance to cavitation and other physiological traits do not hold among unrelated *Populus deltoides* × *Populus nigra* hybrids. **Plant, Cell and Environment**, v. 33, n. 9, p. 1553–1568, 2010.
- FIGUEIREDO, J O de. Variedades copa de valor comercial. **Citricultura brasileira**, v. 1, p. 228–264, 1991.
- 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>.

GAONA-PONCE, Martín et al. 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.

GONZATTO, Mateus Pereira et al. Porta-enxertos. **Citric. do Rio Gd. do Sul**. [S.l: s.n.], 2018. . Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/176323/1/Roberto-Pedroso-1Citricultura-do-Rio-Grande-do-Sul.pdf>>.

HARTMANN, H T. Anatomical and physiological basis of propagation by cuttings. **Plant Propagation, Principles and Practices**, p. 199–255, 1990.

HARTMANN, Hudson T. et al. Hartmann & Kester’s plant propagation: **principles and practices**. 2011.

HUANG, Yue et al. Genome of a citrus rootstock and global DNA demethylation caused by heterografting. **Horticulture Research**, v. 8, n. 1, p. 69, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1038/s41438-021-00505-2>>.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Levantamento sistemático da produção agrícola. Rio de Janeiro 2017**. [S.l: s.n.], 2017. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/home/ipca15/brasil>>. Acesso em: 10 maio 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: 24 jan. 2021.

JIA, Hongge; WANG, Nian. Generation of Homozygous Canker-Resistant Citrus in the T0 Generation Using CRISPR-SpCas9p. **Plant Biotechnology Journal**, v. 18, n. 10, p. 1990–1992, mar. 2020.

JOMORI, Maria Luiza Lye et al. Degreening of ‘Murcott’ Tangor with Ethephon Treatments. **Acta horticulturae**, n. 877, p. 815, 2010.

JUNIOR, Pompeu; JORGINO BLUMER, Silvia. Híbridos de trifoliata como porta-enxertos para laranja Pêra. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 44, n. 1, p. 9–14, 2014.

JUPA, R; MÉSZÁROS, M; PLAVCOVÁ, L. Linking Wood Anatomy with Growth Vigour and Susceptibility to Alternate Bearing in Composite Apple and Pear Trees. **Plant Biology (Stuttgart, Germany)**, v. 23, n. 1, p. 172–183, jan. 2021.

- KAMILOGLU, Muge U; YESILOGLU, Turgut. Effect of Interstocks In Photosynthesis and Growth Rates for ‘Navelina’ Orange And ‘Kütdiken’ Lemon. **Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi**, v. 1, n. Özel Sayı-1, p. 939–946, 2014.
- KAWAGUCHI, M. et al. Anatomy and physiology of graft incompatibility in solanaceous plants. **Journal of Horticulture Science and Biotechnology**, v.83, p.581-588, 2008.
- KHALIDA, Zemri et al. Use of Chlorophyll Fluorescence To Evaluate the Effect of Chromium on Activity Photosystem Ii At the Alga Scenedesmus Obliquus. **Ijrras**, v. 12, n. 2, p. 304–314, 2012.
- KOLLER, O.C. **Citricultura: Laranja, limao e tangerina**. Editora Ri ed. Porto Alegre: [s.n.], 1994.
- KOSHITA, Yoshiko et al. Selection of interstocks for dwarfing Japanese persimmon (*Diospyros kaki* Thunb.) trees. **Journal of the Japanese Society for Horticultural Science**, v. 76, n. 4, p. 288–293, 2007.
- LICHTENTHALER, Hartmut K B T - Methods in Enzymology. [34] Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes. **Plant Cell Membr.** [S.l.]: Academic Press, 1987. v. 148. p. 350–382. Disponível em:
<<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0076687987480361>>.
- LORENZI, H. et al. **Frutas brasileiras e exóticas cultivadas (de consumo in natura)**. São Paulo: Embrapa Florestas, 2006.
- MACHADO, Eduardo Caruso et al. Respostas da fotossíntese de três espécies de citros a fatores ambientais. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 40, n. 12, p. 1161–1170, 2005.
- MARCON FILHO, José Luiz et al. 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.
- MARTÍNEZ-ALCÁNTARA, Belén et al. Relationship between hydraulic conductance and citrus dwarfing by the Flying Dragon rootstock (*Poncirus trifoliata* L. Raft var. monstruosa). **Trees**, v. 27, n. 3, p. 629–638, 2013.
- MARTÍNEZ-BALLESTA C., M. Alcaraz-López C.; B, Muries; MOTA-CADENASC & CARJAL M. Aspectos fisiológicos do porta-enxerto - copai nterações. **Scientia Horticulturae**, v. 127, p. 112–118, 2010.

MELNYK, Charles W. Plant grafting: insights into tissue regeneration. **Regeneration**, v. 4, n. 1, p. 3–14, 1 fev. 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1002/reg2.71>>.

MELNYK, Charles W; MEYEROWITZ, Elliot M. Plant Grafting. **Current Biology : CB**, v. 25, n. 5, p. R183-8, mar. 2015.

OLIVEIRA, R. P.; SOARES FILHO, W.; PASSOS, O. **Porta-enxertos para citros**.

Embrapa, v. 22, n. 1, p. 1–5, 2008. Disponível em:

<<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/744475/1/documento226.pdf>>.

OTERO, A.; RIVAS, F. Field spatial pattern of seedy fruit and techniques to improve yield on ‘Afourer’ mandarin. **Scientia Horticulturae**, v. 225, p. 264–270, 1 nov. 2017.

PASSOS, Orlando Sampaio et al. Caracterização de híbridos de *Poncirus trifoliata* e de outros porta-enxertos de citros no Estado da Bahia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 28, n. 3, p. 410–413, 2006.

PESTANA, Maribela et al. Differential tolerance to iron deficiency of citrus rootstocks grown in nutrient solution. **Scientia Horticulturae**, v. 104, n. 1, p. 25–36, 2005.

PINA, Ana; ERREA, Pilar; MARTENS, Helle Juel. Graft union formation and cell-to-cell communication via plasmodesmata in compatible and incompatible stem unions of *Prunus* spp. **Scientia Horticulturae**, v. 143, p. 144–150, 2012.

POMPEU, J. **Incompatibilidade entre tangor Murcote e trifoliata**. [S.l: s.n.], 1972.

POMPEU JÚNIOR, J. Rootstocks and scions in the citriculture of the São Paulo State. **INTERNATIONAL CONGRESS OF CITRUS NURSERYMEN**, 2001. , v. 6, p. 75–82.

POMPEU JUNIOR, J.; BLUMER, S. Trifoliolate hybrids as rootstocks for Pêra sweet orange tree. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 44, n. 1, p. 9–14, 2014.

POMPEU JÚNIOR, J. Porta-enxertos. **Citros**. Campinas: IAC: FUNDAG, 2005. p. 63–104.

POMPEU JUNIOR, Jorgino; BLUMER, Silvia. Híbridos de trifoliata como porta-enxertos para a laranjeira ‘Valência’. **Pesquisa agropecuaria brasileira**, v. 44, n. 7, p. 701–705, 2009.

RAMOS, José Darlan et al. Poliembriomonia e caracterização de frutos de citrumelo ‘Swingle’ e de *Poncirus trifoliata*. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, n. 1, p. 88–91, 2006.

RODRÍGUEZ-GAMIR, Juan; PRIMO-MILLO, Eduardo; FORNER-GINER, María Ángeles.

An integrated view of whole-tree hydraulic architecture. Does stomatal or hydraulic conductance determine whole tree transpiration? **PLoS ONE**, v. 11, n. 5, p. 1–19, 2016.

SAMPAIO, V. R. Efeitos de filtros de *Poncirus trifoliata* e de alturas de enxertia na laranjeira valencia enxertada em limão-cravo. **Scientia Agricola**, v. 50, n. 3, p. 360–364, 1993.

SAMPAIO, V. R. Comportamento da laranjeira Piralima sobre *Poncirus trifoliata* com variações na altura de enxertia. **Scientia Agricola**, v. 51, n. 1, p. 69–74, 1994.

SAUNT, James. **Citrus varieties of the world. An illustrated guide**. [S.l.]: Sinclair International Ltd., 1990.

SCARPARE FILHO, JOÃO ALEXIO et al. Comportamento de duas cultivares de pessegueiro com interenxerto da ameixeira 'Januária'. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 4, p. 757–765, 2000.

SCHÄFER, G.; BASTIANEL, M.; DORNELLES, A., L., C. **Porta-enxertos utilizados na citricultura**. [S.l.]: SciELO Brasil, 2001. v. 31.

SCHÄFER, G.; BASTIANEL, M.; DORNELLES, Ana Lúcia Cunha. Diversidade genética de porta-enxertos cítricos baseada em marcadores moleculares RAPD. **Ciência Rural**, v. 34, n. 5, p. 1437–1442, 2004.

SEBRAE. **O cultivo e o mercado da tangerina**. Disponível em:

<<https://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/o-cultivo-e-o-mercado-da-tangerina,aefda5d3902e2410VgnVCM100000b272010aRCRD>>.

STOFFELLA, Peter J et al. Citrus rootstock and carbon dioxide enriched irrigation influence on seedling emergence, growth, and nutrient content. **Journal of Plant Nutrition**, v. 18, n. 7, p. 1439–1448, 1 jul. 1995. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/01904169509364993>>.

STUCHI, E. S.; GIRARDI, E. A. Adensamento de plantio deve ser o quarto elemento no manejo do HLB. **INFOTECA-E**, v. 14, n. 81, p. 12–16, 2011.

STUCHI, Eduardo Sanches et al. 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.

TEÓFILO SOBRINHO, J. POMPEU JUNIOR, J.; FIGUEIREDO, JO **Adensamento de**

plantio da laranjeira ‘Valência’sobre trifoliata. . [S.l.]: Laranja. , 2012

TOMAZ, Zeni Fonseca Pinto et al. Crescimento vegetativo, floração e frutificação efetiva do pessegueiro ‘Jubileu’ submetido a diferentes comprimentos de interenxertos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 9, p. 973–979, 2010.

VASCONCELLOS, Luiz A B C; CASTLE, William S. Trunk Xylem Anatomy of Mature Healthy and Blighted Grapefruit Trees on Several Rootstocks. **Journal of the American Society for Horticultural Science Jashs**, v. 119, n. 2, p. 185–194, 1994. Disponível em: <<https://journals.ashs.org/jashs/view/journals/jashs/119/2/article-p185.xml>>.

VASCONCELOS, Luis Henrique Costa et al. Post-harvest assessment of tangerina ‘Dekopon’ fruits submitted to ultraviolet radiation C, passive modified atmosphere and benefit. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 6 SE-, p. e200963678, 24 abr. 2020. Disponível em: <<https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/3678>>.

VAZQUEZ-VALDIVIA, V; SALAZAR-GARCÍA, S; PEREZ-BARRAZA, M H. ‘Esmeralda’ Interstocks Reduce ‘Ataulfo’ Mango Tree Size With no Reduction in Yield: Results of The First Five Years. 1999, [S.l: s.n.], 1999. p. 291–296.

WANG, Xiling et al. Breeding triploid plants: A review. **Czech Journal of Genetics and Plant Breeding**, v. 52, n. 2, p. 41–54, 2016.

XU, Q., GUO, S., Li, He, Du, N., SHU, S., e Sun, J. (2015). Physiological Aspects of Compatibility and Incompatibility in Grafted Cucumber Seedlings, **Journal of the American Society for Horticultural Science J. Amer. Soc. Hort. Sci.**, 140(4), 299-307.

XU, Hao et al. Rootstock–scion hydraulic balance influenced scion vigor and yield efficiency of malus domestica cv. Honeycrisp on eight rootstocks. **Horticulturae**, v. 7, n. 5, 2021.

YASSIN, N.; MORAIS, A. R.; MUNIZ, J. A. Analise de variancia em um experimento fatorial de dois fatores com tratamentos adicionais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, Edição especial, p.1541-1547, 2002

YILMAZ, B. et al. Different Interstock Lengths Effects on ‘Star Ruby’ Grapefruit and ‘Kütdiken’ Lemon for Some Plant Nutrient Elements. **Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi**, v. 1, n. Özel Sayı-2, p. 1460–1463, 2014.

YILMAZ, B. et al. Effects of different interstock lengths on the yield, fruit quality and tree size of Kütdiken lemon trees in Turkey. **Journal of Global Agriculture and Ecology**, v. 3, n.

2, p. 91–96, 2015.

YONEMOTO, Y. et al. Effects of rootstock and crop load on sap flow rate in branches of “Shirakawa Satsuma” mandarin (*Citrus unshiu* Marc.). **Scientia Horticulturae**, v. 102, n. 3, p. 295–300, 2004.

YONEMOTO, Yoshimi et al. Potential of ‘Khom’ for use as an interstock for compact tree size in mango. **Japanese Journal of Tropical Agriculture**, v. 51, n. 2, p. 66–69, 2007.

YUSUF, Mohd Aslam et al. Overexpression of γ -tocopherol methyl transferase gene in transgenic *Brassica juncea* plants alleviates abiotic stress: Physiological and chlorophyll a fluorescence measurements. **Biochimica et Biophysica Acta - Bioenergetics**, v. 1797, n. 8, p. 1428–1438, 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.bbabi.2010.02.002>>.

ZULIAN, Al.; DÖRR, A., C.; ALMEIDA, S. C. Citricultura e Agronegócio Cooperativo no Brasil. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**; REGET, V. 11, N. 11, JUN., 2013, Edição especial, 3 jun. 2013. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/reget/article/view/8700>>.