

**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Técnicas de pré-germinação e adubação na produção de mudas de
abacateiro**

Lígia Broglio Micheletti

Tese apresentada para obtenção do título de
Doutora em Ciências. Área de concentração:
Fitotecnia

**Piracicaba
2023**

**Lígia Broglio Micheletti
Engenheira Agrônoma**

Técnicas de pré-germinação e adubação na produção de mudas de abacateiro

versão revisada de acordo com a Resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientadora:
Profa. Dra. **SIMONE RODRIGUES DA SILVA**

Tese apresentada para obtenção do título de
Doutora em Ciências. Área de concentração:
Fitotecnia

**Piracicaba
2023**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

DIVISÃO DE BIBLIOTECA – DIBD/ESALQ/USP

Micheletti, Ligia Broglio

Técnicas de pré-germinação e adubação na produção de mudas de abacateiro / Ligia Broglio Micheletti. - - versão revisada de acordo com a Resolução CoPGr 6018 de 2011. Piracicaba, 2023.

77 p.

Tese (Doutorado) - - USP / Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

1. *Persea americana* Mill. 2. Cultivar Fortuna 3. Cultivar Hass 4. Substrato 5. Enxertia 6. Adubo de liberação lenta 7. Solução nutritiva I.
Título

AGRADECIMENTOS

Inicialmente, expresso minha gratidão a Deus por me proporcionar saúde, uma energia vital para seguir adiante em minha jornada. Além disso, não posso deixar de reconhecer o papel fundamental da minha família, que sempre esteve presente e me apoiou incondicionalmente em todas as fases da minha vida. Gostaria de destacar em especial minha mãe, Sônia Maria Forti Broglio, uma figura materna e profissional inspiradora, cujo afeto, conselhos e incentivo sempre me fortalecem. Também expresso meu carinho e gratidão a minha avó Anna, meu irmão Bruno e toda a minha família.

Ao meu namorado Guilherme Torrezan, que tem sido uma presença amorosa e encorajadora em minha vida. Seu apoio, compreensão e incentivo são inestimáveis e me ajudam a enfrentar os desafios do dia a dia com mais confiança e determinação.

Minha profunda admiração e gratidão à minha orientadora, Professora Simone Rodrigues da Silva. Sua acolhida, compreensão e disponibilidade para compartilhar sua vasta experiência foram fundamentais para o meu desenvolvimento acadêmico e profissional. Sou imensamente grata pelas oportunidades que me concedeu e por acreditar no meu potencial.

Meu reconhecimento e gratidão à pesquisadora Tatiana Cantuarias-Avilés, que foi uma guia ao longo da minha jornada. Sua ajuda e sabedoria inestimáveis foram fundamentais para o meu crescimento acadêmico e profissional, sou muito grata por sua constante e valiosa contribuição ao longo dessa trajetória.

A toda a equipe de alunos da graduação e pós-graduação, cuja ajuda foi fundamental para a realização da pesquisa, especialmente nas inúmeras avaliações realizadas. Reconheço e aprecio toda a dedicação e disposição da equipe.

Ao corpo docente do Departamento de Produção Vegetal da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, especialmente à Professora Simone Mello, que muito me auxiliou na concepção da pesquisa, bem como a toda equipe técnica do Departamento de Produção Vegetal, em especial aos Técnicos em Agropecuária Éder de Araújo Cintra e Antonio Carlos Fernandes e aos Técnicos em Manutenção Mário Natal Tadão Neposiano e Aparecido Donizete Serrano.

À Equipe do Centro de Energia Nuclear na Agricultura e do Laboratório de Melhoramento de Plantas Alógamas, que gentilmente cederam seus espaços para que eu pudesse executar as etapas da minha pesquisa. Ao engenheiro agrônomo Luís Milner, que muito me auxiliou na fase de idealização, montagem e automatização do sistema de irrigação. Todos me proporcionaram orientação e suporte essenciais durante o curso, tornando a experiência ainda mais acolhedora.

A todos os meus amigos pelo apoio incondicional e pelos momentos inesquecíveis de descontração que partilhamos durante todo o período de doutorado, dentro e fora da ESALQ. Foram momentos memoráveis.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de estudos concedida.

Por último, desejo que todas as pessoas que, direta ou indiretamente, contribuíram para minha formação sejam recompensadas da melhor forma possível.

Obrigada!

SUMÁRIO

RESUMO.....	7
ABSTRACT	8
1. INTRODUÇÃO	9
Referências	13
2 TÉCNICAS DE PRÉ-GERMINAÇÃO PARA A PRODUÇÃO DE PORTA-ENXERTOS DE ABACATEIROS	19
Resumo	19
Abstract	19
2.1 Introdução	20
2.2 Material e Métodos	21
2.3 Resultados	24
2.4 Discussão	27
2.5 Conclusão	30
Referências	31
3 PRODUÇÃO DE MUDAS DE ABACATEIROS EM SUBSTRATO ADUBADO E FERTIRRIGADO COM SOLUÇÃO NUTRITIVA.....	31
Resumo	35
Abstract	35
3.1 Introdução	36
3.2 Material e Métodos	38
3.3 Resultados	44
3.4 Discussão	53
3.5 Conclusão	58
Referências	59
4 PRODUÇÃO DE PORTA-ENXERTOS DE ABACATEIROS PELA TÉCNICA AIR PRUNING.....	61
Resumo	65
Abstract	65
4.1 Introdução	66
4.2 Material e Métodos	67

4.3 Resultados e Discussão	70
4.4 Conclusão	75
Referências.....	75

RESUMO

Técnicas de pré-germinação e adubação na produção de mudas de abacateiro

No capítulo 1, foram avaliados substratos (casca de pinus, fibra de côco e areia), desinfestações (Orthocide®, Álcool 70% diluído e associado a Hipoclorito de sódio diluído em água destilada e água corrente), escarificações mecânicas (lateral, basal e não lesionada) e retirada do tegumento (ausência e presença) na germinação das sementes de abacateiros 'Margarida' e 'Fortuna'. Apenas a escarificação mecânica (basal ou lateral) resultou em maior Índice de Velocidade de Germinação para ambas as cultivares. No capítulo 2, o objetivo foi investigar se a aplicação de adubação e solução nutritiva via fertirrigação em substrato comercial, reduz o período para a produção de mudas de abacateiros 'Hass' sobre o porta-enxerto 'Fortuna'. No 1º ciclo, foram testadas soluções nutritivas em 3 concentrações (T1, T2 e T3), adubo de liberação lenta Osmocote® 15-9-12 (T4) e água destilada (T5). No 2º ciclo, foram selecionados os tratamentos que proporcionaram a formação dos porta-enxertos em menor tempo no 1º ciclo, acrescidos de 2 formulações de fertilizantes foliares: Crop+® e Supla Sílica®, ambos com 4 aplicações quinzenais. Foram avaliados diâmetro, altura, índice de clorofila foliar, número de folhas, área foliar, área superficial e volume das raízes dos porta-enxertos no 1º ciclo, e das mudas no 2º ciclo. Também foram analisadas a massa fresca e seca da parte aérea e do sistema radicular, a fixação do enxerto e a análise foliar (apenas no 2º ciclo). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com 14 repetições (análises não destrutivas), 12 repetições (destrutivas) no 1º ciclo, e 26 repetições (não destrutivas), 12 (destrutivas) sendo 3 para análises foliares no 2º ciclo. O Osmocote® resultou em porta-enxertos aptos para enxertia em menor tempo, com maior fixação do enxerto, assim como a solução mais concentrada. Os resultados apontam que soluções ainda mais concentradas podem antecipar o desenvolvimento das mudas, mas, ainda assim, é possível produzir porta-enxertos sem o aporte de nutrientes, porém em maior tempo. A aplicação de fertilizantes foliares interferiu apenas na composição de macro e micronutrientes das mudas. No 3º capítulo, o objetivo foi comparar o desenvolvimento de porta-enxertos de abacateiros produzidos em saquinhos plásticos (T1) e pela técnica air pruning (T2), ambos em casca de pinus (4,5L). O delineamento foi inteiramente casualizado com 30 repetições, sendo avaliados a altura, diâmetro, número de folhas e índice de clorofila foliar a cada 10 dias por 60 dias. As análises destrutivas (12 plantas/tratamento) envolveram a mensuração da área foliar, massa fresca e seca da parte aérea e sistema radicular, volume, área superficial, comprimento e diâmetro das raízes. A técnica de air pruning favoreceu a produção dos porta-enxertos de abacateiro cv. Fortuna, por apresentarem maior massa fresca e seca da parte aérea, com 10,7% a mais de folhas e sistema radicular mais fino e ramificado, com comprimento total de 4193,94 cm e diâmetro médio inferior de 1,09 mm quando comparado às plantas dos saquinhos em que o comprimento total observado foi de 3160,86 cm e diâmetro de 1,27 mm.

Palavras-chave: *Persea americana* Mill., Cultivar Fortuna, Cultivar Hass, Substrato, Enxertia, Adubo de liberação lenta, Solução nutritiva

ABSTRACT

Pre-germination and fertilization techniques in avocado seedling production

In chapter 1, substrates (pine bark, coconut fiber and sand), disinfestations (Orthocide®, 70% alcohol associated with sodium hypochlorite diluted in distilled water and tap water), mechanical scarification (lateral, basal, and uninjured) and tegument removal (absence and presence) were evaluated concerning the 'Margarida' and 'Fortuna' avocado seed germination. Only mechanical scarification (basal or lateral) resulted in higher Germination Speed Indices in both cultivars. In chapter 2, the aim was to investigate if fertilizer and nutrient solution applications via fertigation employing a commercial substrate would reduce 'Hass' avocado seedling production periods concerning the 'Fortuna' rootstock. In the first cycle, nutrient solutions (three concentrations, T1, T2 and T3), slow release fertilizer Osmocote® 15-9-12 (T4) and distilled water (T5) were evaluated. For the second cycle, the treatments that resulted in rootstock development in less time than the first cycle were selected plus two foliar fertilizer formulations, namely Crop+® and Supla Silica®, both applied four times every two weeks. Rootstock root diameter, height, leaf chlorophyll index, number of leaves, leaf area, surface area and volume were determined in the first cycle and those of seedlings were evaluated in the second cycle. The fresh and dry masses of both the aerial portions and root systems and scion attachment were determined, while leaf analyses were carried out in the second cycle only. The experimental design was entirely randomized, comprising 14 and 12 repetitions for the non-destructive and destructive analyses in the first cycle, respectively, and 26 and 12 repetitions for the non-destructive and destructive analyses, respectively, in the second cycle, with three of these employed for the leaf analyses. The application of Osmocote® and the more concentrated solution resulted in rootstocks suitable for grafting in less time, with greater scion attachment. The findings indicate that even more concentrated solutions can anticipate seedling development, although rootstocks can still be produced without nutrient contributions, albeit in longer periods of time. Foliar fertilizer application interfered only in macro and micronutrient seedling compositions. The third chapter aimed to compare the development of avocado rootstocks produced in plastic bags (T1) and by air pruning (T2), both employing pine bark (4.5 L). The applied design was entirely randomized consisting in 30 repetitions, with height, diameter, number of leaves and leaf chlorophyll index determined every 10 days for 60 days. The destructive analyses (12 plants/treatment) involved determining leaf area, fresh and dry aerial portion and root system masses and volume, surface area, length and diameter. The air pruning technique favored the production of avocado rootstocks (cv. Fortuna), with greater fresh and dry aerial portion masses, 10.7 % more leaves and finer and more branched root systems, presenting a total length of 4193.94 cm and a smaller average diameter of 1.09 mm compared to plants produced in bags, which presented 3160.86 cm in total length and 1.27 mm in diameter.

Keywords: *Persea americana* Mill., Fortuna Cultivar, Hass Cultivar, Substrate, Grafting, Slow release fertilizer, Nutrient solution

1 INTRODUÇÃO

No Brasil e no mundo, o consumo de abacates cresce devido às suas propriedades nutricionais (KOLLER, 2002; DONADIO, 1995), funcionais (SANTOS; GUIMARÃES; DIAMENT, 1999; DUARTE et al., 2016; MASSAFERA; BRAGA COSTA; DUTRA-DE-OLIVEIRA, 2010) e por apresentar diversas formas de utilização (DAIUTO et al., 2010; SALGADO et al., 2008; TANGO; CARVALHO; SOARES, 2004).

No ano de 2020, foram produzidas 8,1 milhões de toneladas do fruto em todo o mundo, com destaque para países como o México, Colômbia, República Dominicana, Peru, Indonésia, Quênia e Brasil. Em contraste, na década anterior, produziram-se 3,8 milhões, valor cerca de 53% inferior, o que denota a tendência de aumento do consumo em nível mundial (FAO, 2022).

O panorama não foi diferente no Brasil. Em 2020, produziu-se cerca de 74% a mais que na década anterior, acréscimo superior ao encontrado para a área colhida, que foi de aproximadamente 46% (Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, 2022). Esses números sugerem que, nos últimos anos, o mercado passou a ser abastecido com frutos resultantes do aumento considerável da área plantada e de informações técnicas disponibilizadas ao produtor. Ainda assim, faltam manejos agronômicos que sejam adequados à produção, colheita e pós-colheita dos frutos (CANTUARIAS-AVILÉS; SILVA, 2011).

No mercado interno brasileiro, as cultivares mais difundidas são híbridos das raças Antilhana e Guatemalense (NOGUEIRA-DE-ALMEIDA et al., 2018), caracterizadas pelo menor teor de óleo na polpa e tamanho superior dos frutos quando comparados aos de ‘Hass’ (FISCHER et al., 2011), a cultivar mais importante em nível mundial (CRANE et al., 2015). Conhecido como “avocado” no comércio brasileiro, ‘Hass’ é resultante de um cruzamento entre as raças Guatemalense e Mexicana (CRANE et al., 2015) e tem a maior parte de sua produção nacional voltada para o mercado externo (DAIUTO; TREMOCOLDI; VIEITES, 2010), sobretudo em períodos de alta demanda, como no início da temporada, o que fortalece as exportações brasileiras (SHEZI et al., 2020).

Entre os entraves encontrados para o cultivo do abacateiro, a podridão radicular, doença causada por *Phytophthora cinnamomi* assume um papel de relevância mundial (DANN et al., 2015). Tem a ocorrência favorecida em solos mal drenados combinados com altas temperaturas (WOLSTENHOLME, 2015), com o

sintoma de escurecimento das raízes novas que pode culminar em um processo de decomposição, atingindo até as raízes mais velhas (BEDENDO, 2011). Como efeito, a parte aérea definha, apresentando-se murcha, clorótica, com desfolhamento acentuado, dotada de ramos secos, frutos de tamanho reduzido e ponteiros mortos, resultando, com seu avanço, na morte da planta (BEZUIDENHOUT; DARVAS; TOERIEN, 1987; PICCININ; PASCHOLATI; DI PIERO, 2005).

Com a descoberta da podridão radicular na década de 40, o Programa de Melhoramento Genético da Califórnia passou ter como foco principal a seleção de porta-enxertos resistentes à doença, e, no final da década de 70, com a introdução comercial do método de produção de porta-enxertos clonais (CRANE et al., 2015), foi possível multiplicar vegetativamente esses materiais de interesse com a garantia da perpetuação de suas características vantajosas. Com o tempo, a seleção passou a considerar outros critérios, como a indução a uma melhor produção e qualidade dos frutos, à redução do porte das plantas e tolerância a solos salinos e condições de estresse hídrico (CRANE et al., 2015; ARPAIA; MENGE, 2004). Ainda que a técnica tenha sido aprimorada ao longo dos anos, em razão da alta porcentagem de perda de material inerente ao processo de clonagem (ESTAY et al., 2016), da demanda por estruturas especiais, como câmara de estiolamento, e por mão-de-obra treinada, as mudas sobre porta-enxertos clonais assumem preços mais altos (CASTRO; FASSIO, 2013).

Diferente de países como Estados Unidos, África do Sul e Chile (ERNST, WHILEY, BENDER, 2015; CASTRO; FASSIO, 2013), que adotam a técnica da propagação clonal do porta-enxerto, no Brasil, o processo tem início com a obtenção de porta-enxertos oriundos de sementes, que são enxertados pelo método da garfagem em fenda cheia ou inglês simples com a cultivar-copa de interesse (LEONEL; SAMPAIO, 2008; ALBERTI et al., 2018). Os porta-enxertos obtidos por sementes são desvantajosos, pois acarretam em grande variabilidade genética, o que dificulta a perpetuação de características desejáveis, tais como a adaptação às condições do solo, indução ao nanismo e tolerância a doenças, em especial à podridão radicular (KOLLER, 2002; ALBERTI et al., 2018).

Arelado a isso, no Brasil, ainda é comum o uso de solo não desinfestado como substrato na produção de mudas de abacate, o que evidencia o contexto rudimentar deficiente de tecnologias e medidas de controle sanitário, dado que o solo pode atuar como um veículo na disseminação de patógenos, inclusive, *P.*

cinnamomi, acarretando na produção de mudas de baixa qualidade, com reduzida taxa de sobrevivência em campo (SILVA, 2015).

Os substratos utilizados na produção de mudas de abacateiro variam conforme a região de cultivo. Na Califórnia, utiliza-se a mistura de areia, turfa e composto nitrogenado na proporção de 2:1:1 (WHITSELL et al., 1989). Na Austrália, adota-se areia grossa lavada e turfa na proporção de 1:1 ou areia grossa lavada e composto à base de casca de pinus nas mesmas proporções (ANDERSON, 1977). Na África do Sul, é comum a utilização de uma mistura 1:1:1 de composto de casca de pinus, areia grossa lavada e torta de filtro, subproduto de ampla disponibilidade na região oriundo da indústria da cana de-açúcar (ERNST; WHILEY; BENDER, 2015). No Brasil, embora exista uma ampla gama de substratos produzidos a partir de diversas matérias-primas, ainda se utiliza solo não desifestado ou uma mistura de solo e alguma fonte de matéria orgânica, como esterco bovino curtido (KOLLER, 1992; SILVA, 2015).

O tempo para a produção das mudas de abacateiros é outro fator limitante, uma vez que, atualmente, são requeridos de 10 a 12 meses para que as mesmas se encontrem aptas para o plantio em campo (ALBERTI et al., 2018). Nesse sentido, é importante testar tecnologias que antecipem o processo de obtenção, como a adoção de medidas que favoreçam a germinação das sementes (WHILEY; WHILEY, 2005), o uso de soluções nutritivas aplicadas em substrato via fertirrigação (SOUSA et al., 2011) e de técnicas que favoreçam o desenvolvimento da muda.

A escarificação (WHILEY; WHILEY, 2005), a remoção do tegumento (EGGERS, 1942), o tratamento com reguladores de crescimento (LEAL; KREZDORN; MARTE, 1976), o uso de substrato na pré-germinação (CASTRO; FASSIO, 2013), a seleção com base no tamanho da semente (ADJEI; BANFUL; IDUN, 2011) e no grau de maturação do fruto para sua retirada (TRAUB; AUCHTER, 1933) são medidas que podem ser adotadas visando uma maior uniformidade na germinação das sementes de abacateiro, o que garante um melhor aproveitamento do espaço e dos tratos culturais realizados no viveiro.

O uso da fertirrigação na agricultura cresce continuamente, sobretudo com o intuito de promover melhores condições para o desenvolvimento da planta por meio do aumento da eficiência da absorção de nutrientes e da minimização da percolação de água e fertilizantes para baixo da zona radicular (LANDGRAF, 2015; LAHAV; WHILEY; TURNER, 2015). A aplicação de fertilizantes via água de irrigação forma

uma solução que infiltra no solo uniformemente e garante máxima interceptação ao contemplar toda a zona radicular (BORGES; COELHO, 2009).

Nesse sistema, a absorção de nutrientes pode ser melhorada por meio de dois mecanismos principais: o reabastecimento contínuo de nutrientes na zona de extração da interface raiz-solo e o transporte aprimorado de nutrientes dissolvidos, devido ao aumento do teor de água no meio (SILBER, 2005). Com base nisso, espera-se que o manejo de fertirrigação proporcione o uso racional de água (BORGES; COELHO, 2009), considerando que, a aplicação de fertilizantes, o manejo do solo e a irrigação sejam bem dimensionados de modo a evitar o processo de salinização (SILVA; DUARTE; COELHO, 1999).

A fertirrigação é amplamente difundida na produção brasileira de mudas cítricas. Com o uso da técnica, Girardi et al. (2005) verificaram um melhor crescimento do sistema radicular de mudas de laranja 'Valencia' enxertadas sobre limoeiro 'Cravo' em substrato a base de casca de pinus incrementado com adubo de liberação lenta. Para Zambrosi et al. (2012) e Mattos Jr et al. (2010), a composição das soluções nutritivas aplicadas via fertirrigação durante o desenvolvimento de porta-enxertos cítricos propiciou diferentes respostas em seu crescimento, sugerindo que o ajuste da solução nutritiva pode proporcionar a redução do período de produção das mudas.

Embora diversos estudos abordem que a nutrição mineral em abacateiros via fertirrigação seja uma técnica precisa e eficiente para suprir as necessidades hídrica e nutricional (LAHAV, 1995; MALO, 1976; WHILEY, 2000), fundamentada a partir dos teores de nutrientes extraídos pelas plantas e mensurados por meio de análises foliares (LAHAV, WHILEY, TURNER, 2015; LAHAV; AYCICEGI-LOWENGART, 2003; MATTAR, PIZZARRO, 2007), não há informações sobre os efeitos do seu uso na produção de mudas. Conforme as análises foliares de plantas maduras, para os macronutrientes, são considerados teores adequados valores de 1,6 a 2,8% de nitrogênio, de 0,14 a 0,25% de fósforo, de 0,9 a 2,0% de potássio, de 1,0 a 3,0% de cálcio, de 0,25 a 0,80% de magnésio, de 0,20 a 0,60% de enxofre, e para os micronutrientes (mg kg^{-1}), manganês de 30 a 500, ferro de 50 a 200, zinco e boro de 40 a 60, cobre de 5 a 15 e molibdênio de 0,05 a 1,0 (LAHAV, WHILEY, TURNER, 2015).

Adicionalmente, a adubação foliar é uma técnica de manejo utilizada para disponibilizar nutrientes às plantas através das folhas, não sendo considerada

substituta da adubação via solo, uma vez que as quantidades de nutrientes necessárias para um cultivo são muito mais elevadas quando comparadas às quantidades de nutrientes que podem ser absorvidas pelas folhas (NACHTIGAL; NAVA, 2010). A técnica visa um rápido aporte de nutrientes à planta, sobretudo os micronutrientes, que são requeridos em menores quantidades (LAHAV, WHILEY, TURNER, 2015).

Em viveiros, a malformação do sistema radicular das mudas tem como causa mais comum o uso de recipientes inapropriados, que acarretam na distribuição anormal de raízes laterais e superficiais, afetando a arquitetura do sistema radicular e interferindo no êxito do plantio definitivo no campo, uma vez que, enovelamentos, dobras e estrangulamentos das raízes implicam em desuniformidade no talhão (MAFIA et al., 2005).

Nesse contexto, a técnica *air pruning* tem sido muito utilizada para melhorar a arquitetura da raiz, reduzindo seu enovelamento. Consiste na exposição do substrato ao ar, forçando a dessecação da ponta da raiz, o que culmina no aumento de ramificações e diminuição das deformidades radiculares (MUNROE; MCGRATH; HENRY, 2018, ORLANDER, 1982).

Conforme Ortega et al. (2006), os recipientes com furos nas paredes produziram um sistema radicular bem equilibrado, com número e comprimento das raízes secundárias bem distribuídos ao longo do torrão, consequência da poda aérea natural promovida nas raízes laterais. Conforme Fachinello, Hoffmann e Nachtigal (2005), dentre os padrões morfológicos que devem ser considerados para produção de mudas de espécies frutíferas, inclui-se o sistema radicular bem desenvolvido, com raiz principal de, pelo menos, 20 cm, e raízes secundárias abundantes, não enoveladas ou retorcidas.

Nesse contexto, a adoção de técnicas que favoreçam a produção de mudas de abacateiro de qualidade, livres de patógenos e em período reduzido, pode acarretar em um grande avanço para o quadro produtivo da cultura no Brasil.

Referências

ADJEI, P.Y.; BANFUL, B.K.; IDUN, I.A. Seed size and seed cut-length's effect on germination behaviour and seedling growth of avocado (*Persea americana* Mill.). **International Journal of Agricultural Research**, v. 6, n. 3, p. 299-305, 2011.

ALBERTI, M.F.; BROGIO, B.A.; SILVA, S.R.; CANTUARIAS-AVILÉS, T.; FASSIO, C. Avances en la propagación del aguacate. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 40, 2018. DOI: 10.1590/0100-29452018782.

ANDERSON, G. Nursery programs and techniques. In: AUSTRALIAN AVOCADO RESEARCH WORKSHOP, 1977, Woolongbar. **Proceedings ...** Woolongbar: New South Wales, Department Agriculture, 1977, p. 26-30.

ARPAIA, M.L.; MENGE, J.A. Variedades y portainjertos en California: mejoramiento de la productividad del palto. Mejoramiento de plantas: selección y evaluación de variedades y portainjertos mejorados. In: SEMINARIO INTERNACIONAL DE PALTOS, 2., 2004, Santiago. **Anales...** Santiago: Sociedad Gardiazabal y Magdahl, 2004. p. 1-8.

BEDENDO, I.P. Podridões de raiz e colo. In: AMORIN, L.; REZENDE, J.A.M.; BERGAMIN-FILHO, A. (Eds.). **Manual de Fitopatologia**. Piracicaba: Agronômica Ceres, 2011. cap. 23, p.443-449.

BEZUIDENHOUT, J.J.; DARVAS, J.M.; TOERIEN, J.C. Chemical control of *Phytophthora cinnamomi*. **South African Avocado Grower's Association Yearbook**, v. 10, p.106-108, 1987.

BORGES, A.L.; COELHO, E.F. **Fertirrigação em fruteiras tropicais**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2009. 179 p.

CANTUARIAS-AVILÉS, T.; SILVA, S.R. La industria del aguacate en el Estado de São Paulo, Brasil: actualidad y perspectivas futuras. In: CONGRESO MUNDIAL DEL AGUACATE, 7., 2011, Cairns. **Resúmenes...** Cairns: WAC, 2011. Disponible em: <<http://www.worldavocadocongress2011.com/userfiles/file/Tatiana%20Canturias-Aviles%201440-500.pdf>>. Acceso em: 17 jan. 2023.

CASTRO, M.; FASSIO, C. **Evaluación agronômica de nuevos portainjertos de palto em distintas zonas agroclimáticas de Chile**. Valparaíso: Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, 2013. 23 p. (Manual Técnico, 2).

CRANE, J.H.; DOUHAN, G.; FABER, M.L.; ARPAIA, G.S.; BENDER, G.S.; BALERDI, C.F.; BARRIENTOS-PRIEGO, A.F. Cultivares y Portainjertos. In: SCHAFFER, B.; WOLSTENHOLME, B.N.; WHILEY, A.W. (Eds.). **El Aguacate: Botánica, Producción y Usos**. Valparaíso: Ediciones Universitarias de Valparaíso, 2015. p. 243-282.

DAIUTO, E.R.; TREMOCOLDI, M.A.; VIEITES, R.L. Conservação pós-colheita de abacate 'Hass' irradiado. **Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha**, v. 10, n. 2, p. 94-100, 2010.

DAIUTO, E.R.; VIEITES, R.L.; RUSSO, V.C.; FUMES, J.; SIMON, J.W. Manutenção da qualidade do guacamole elaborado com abacate 'Hass' submetido a hidrotermia. **Revista Iberoamericana de Tecnología de Postcosecha**, v. 11, n. 1, p. 28-36, 2010.

DANN, E.K.; PLOETZ, R.C.; COATES, L.M.; PEGG, K.G. Enfermedades foliares, del fruto y del suelo. In: SCHAFFER, B.; WOLSTENHOLME, B.N.; WHILEY, A.W. (Eds). **El Aguacate**: Botánica, Producción y Usos. Valparaíso: Ediciones Universitarias de Valparaíso, 2015. p. 449-496.

DONADIO, L.C. **Abacate para exportação**: aspectos técnicos da produção. Brasília: EMBRAPA, 1995, 53p. (Publicações Técnicas FRUPEX, 2).

DUARTE, P.F.; CHAVES, M.A.; BORGES, C.D.; MENDONÇA, C.R.B. Avocado: characteristics, health benefits and uses. **Ciência Rural**, v. 46, n. 4, p. 747-754, 2016.

EGGERS, E.R. Effect of the removal of the seed coats on avocado seed germination. **Yearbook of the California Avocado Society**, v. 27, p. 41-43, 1942. Disponível em: <http://www.avocadosource.com/CAS_Yearbooks/CAS_27_1942/CAS_1942_PG_041-043.pdf>. Acesso em: 18 fev. 2023.

ERNST, A.A.; WHILEY A.W.; BENDER, G.S. Propagación. In: WHILEY, A.W.; SCHAFFER, B.; WOLSTENHOLME, B.N. (Eds.). **El Aguacate**: Botánica, Producción y Usos. Valparaíso: Ediciones Universitarias de Valparaíso, 2015. p. 283-320.

ESTAY, C.; CAUTÍN, R.; NEAMAN, A.; CASTRO, M. Clonal propagation of the avocado: effects of the rooting step on graft union formation and development. **Ciência e Investigação Agrária**, v. 43, n. 2. p. 233-241, 2016.

FACHINELLO, J.C.; HOFFMANN, A.; NACHTIGAL, J.C. (ed.). **Propagação de plantas frutíferas**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica (Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho), 2005. 221 p.

FAO. **FAOSTAT**: Food and agricultural commodities production. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#home> >. Acesso em: 17 jan. 2023.

FISCHER, I.H.; TOZZE JÚNIOR, H.J.; ARRUDA, M.C.; MASSOLA JÚNIOR, N.S. Pós-colheita de abacates 'Fuerte' e 'Hass': características físicas químicas, danos e controle de doenças. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 32, n. 1, p. 209-220, 2011.

FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção agrícola municipal**: Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1613> >. Acesso em: 20 jan. 2022.

GIRARDI, E.A.; MOURÃO FILHO, F.A.A.; GRAF, C.C.D.; OLIC, F.B. Influence of soluble and slow-release fertilizers on vegetative growth of containerized citrus nursery trees. **Journal of Plant Nutrition**, Philadelphia, v. 28, n. 9, p. 1465-1480, 2005.

KOLLER, O.C. **Abacate**: produção de mudas, instalação e manejo de pomares, colheita e pós-colheita. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2002. 145p.

KOLLER, O.C. **Abacaticultura**. Porto Alegre: Ed. Da Universidade UFRGS, 1992. 138p.

LAHAV, E. Avocado nutrition - A review. In: WORLD AVOCADO CONGRESS, 3., Tel Aviv. **Proceedings...** Tel Aviv: ISHS, 1995. p. 143-159.

LAHAV, E.; AYCICEGI-LOWENGART, A. Avocado mineral nutrition the water-nutrients relationship. In: CONGRESO MUNDIAL DEL AGUACATE, 5., 2003, Málaga. **Actas...** Málaga: WAC, 2003. p.349-357.

LAHAV, E.; WHILEY, A.W.; TURNER, D.W. Riego y Nutrición mineral. In: SCHAFFER, B.; WOLSTENHOLME, B. N.; WHILEY, A. W. (Eds). **El Aguacate: Botánica, Producción y Usos**. Valparaíso: Ediciones Universitarias de Valparaíso, 2015. p.357-404.

LANDGRAF, M.D. Fertirrigação. In: NUNES, R. R.; REZENDE, M. O. (Eds). **Recurso solo: propriedades e usos**. São Carlos: Editora Cubo, 2015. p.719-750.

LEAL, F.J.; KREZDORN, A.H.; MARTE, R.J. The influence of gibberellic acid on germination of avocado seeds. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**, v. 89, p. 258-261, 1976.

LEONEL, S.; SAMPAIO, A.C. **Abacate: aspectos técnicos da produção**. São Paulo: Universidade Estadual Paulista, Cultura Acadêmica Editora, 2008. 239p.

MAFIA, R.G.; ALFENAS, A.C.; SIQUEIRA, L. de; FERREIRA, E.M.; LEITE, H.G.; CAVALLAZZI, J.R.P. Critério técnico para determinação da idade ótima de mudas de eucalipto para plantio. **Revista Árvore**, v.29, n.6, p. 947-953, 2005.

MALO, S.E. Mineral nutrition of avocados. In: SAULS, J.W.; PHILLIPS, R.L.; JACKSON, L. K. (eds.). **The Avocado**. Gainesville: Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida, 1976. p. 42-46.

MASSAFERA, G.; BRAGA COSTA, T.M.; DUTRA DE OLIVERIA, J.E. Composição de ácidos graxos do óleo do mesocarpo e da semente de cultivares de abacate (*Persea americana* Mill.) da região de Ribeirão Preto, SP. **Alimentos e Nutrição**, v. 21, n. 2, p. 325-331, 2010.

MATTAR, M.; PIZARRO, C. Determinación de la curva de absorción de nutrientes, mediante sondas extractómetras y análisis foliares em palto (*Persea americana* mill) cv hass. WORLD AVOCADO CONGRESS, 6.. 2007, Chile. **Proceedings..** Chile: WAC, 2007. Disponível em: <<http://www.avocadosource.com/WAC6/en/Exteo/1b-36.pdf>>. Acesso em: 15 jan. 2023.

MATTOS JÚNIOR, D.; RAMOS, U.M.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, P.R. Nitrogênio e cobre na produção de mudas de citros em diferentes porta-enxertos. **Bragantia**, v.69, n.1, p.135-147, 2010.

MUNROE, R.; MCGRATH, D.; HENRY, J. Increasing amounts of coir dust in substrates do not improve physical properties or growth of tree seedlings in a novel air pruning propagation tray. **Journal of Environmental Horticulture**, v. 36, n. 3, p. 92–103, 2018.

NACHTIGALL, G.R.; NAVA, G. Adubação foliar: fatos e mitos. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 23, n. 2, p. 87-97, 2010.

NOGUEIRA-DE-ALMEIDA, C.A.; UED, F. da V.; ALMEIDA, C.C.J.N. de; ALMEIDA, A.C.F.; CIAMPO, L.A.D.; FERRAZ, I.S.; SILVA, L.F. de O. da; ZAMBOM, C.R.; OLIVEIRA, A.F. de. Perfil nutricional e benefícios do azeite de abacate (*Persea americana*): uma revisão integrativa. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 21, e2017214, 2018. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.21417>

ORLANDER, G. The air-pruned seedling - a solution to the root-deformation problem? In: HULTEN, H. (Ed.). **Root deformation of forest tree seedlings**. Garpenberg: Proceedings of a nordic symposium, Swedish University at Agricultural Sciences, 1982, n. 11, p. 91–94.

ORTEGA, U.; MAJADA, J.; MENA-PETITE, A.; SANCHEZ-ZABALA, J.; RODRIGUEZ-ITURRIZAR, N.; TXARTERINA, K.; AZPITARTE, J.; DUÑABEITIA, M. Field performance of *Pinus radiata* D. Don produced in nursery with different types of containers. **New Forests**, v. 31, p. 31:97–112, 2006.

PICCININ, E.; PASCHOLATTI, S.F.; DI PIERO, R.M. Doenças do abacateiro. In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; REZENDE, J.A.M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L.E. A. **Manual de Fitopatologia**. São Paulo: Agronômica Ceres, v. 2, p.1-5, 2005.

SALGADO, J.M.; DANIELI, F.; REGITANO-D'ARCE, M.A.B.; FRIAS, A.; MANSI, D.N. O óleo de abacate (*Persea americana* Mill.) como matéria-prima para a indústria alimentícia. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, p. 20-26, 2008.

SANTOS, J.E.; GUIMARÃES, A.C.; DIAMENT, J. Consenso brasileiro sobre dislipidemias: detecção, avaliação e tratamento. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e Metabologia**, v. 43, n. 4, p. 287-305, 1999.

SHEZI, S.; MAGWAZA, L. S.; TESFAY, S. Z.; MDITSHWA, A. Biochemical changes in response to canopy position of avocado fruit (cv. 'Hass Carmen' and 'Hass') during growth and development and relationship with maturity. **Scientia Horticulturae**, v. 265, p.109227, 2020.

SILBER, A. Fertigation frequency and nutrient uptake by plants: Benefits and constraints. **International Fertiliser Society**, v. 571, 35p, 2005.

SILVA, E.F.F.; DUARTE, S.N.; COELHO, R.D. **Salinização dos solos cultivados sob ambientes protegidos no estado de São Paulo**. Fertirrigação: citrus, flores, hortaliças. Tradução. Guaíba: Ed. Agropecuária, 1999. p. 267-278.

SILVA, S.R. da. **Manejo da podridão radicular (*Phytophthora cinnamomi*) na cultura do abacateiro**. 2015. 122p. Tese (Livre-Docência). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2015.

SOUSA, V.F de; MAROUELLI, W.A.; COELHO, E.F.; PINTO, J.M.; COELHO FILHO, M. A. **Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2011. 771p.

TANGO, J.; CARVALHO, C.; SOARES, N. Caracterização física e química de frutos de abacate visando a seu potencial para extração de óleo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, n. 1, p. 17-23, 2004.

TRAUB, H.P; AUCHTER, E.C. Propagation experiments with avocado, mango and papaya. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, v. 30, p. 382-386, 1933.

WHILEY, A.W. **Avocado production in Asia and the Pacific**. Bangkok: Food and agriculture organization of the United Nations regional office for Asia and the Pacific Bangkok, 2000. p. 4-14.

WHILEY, A.W.; WHILEY, D.G. Rootstock improvement for the Australian avocado industry – a preliminary report. In: NEW ZEALAND AND AUSTRALIA AVOCADO GROWER'S CONFERENCE, 4., 2005, Tauranga. **New germplasm and global breeding programmes**. Tauranga 10p., 2005. Disponível em: www.avocadosource.com/journals/ausnz/ausnz_2005/whileyanthony2005.pdf. Acesso em: 13 fev. 2023.

WHITSELL, R.H; MARTIN, G.E.; BERGH, B.O; LYPPS, A.V.; BROKAW, W.H. **Propagating avocados: principles and techniques of nursery and field grafting**. Berkeley: University of California, Division of Agriculture and Natural Resources, 1989. 30 p. (Publication, 21461).

WOLSTENHOLME, B.N. Ecología: Clima y Suelos. In: SCHAFFER, B.; WOLSTENHOLME, B. N.; WHILEY, A. W. (Eds). **El Aguacate: Botánica, Producción y Usos**. Valparaíso: Ediciones Universitarias de Valparaíso, 2015. p. 113-150.

ZAMBROSI, F.C.B.; MATTOS JUNIOR, D.; FURLANI, P.R.; QUAGGIO, J.A.; BOARETTO, R.M. Eficiência de absorção e utilização de fósforo em porta-enxertos cítricos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 2, p. 485-496, 2012.

2 TÉCNICAS DE PRÉ-GERMINAÇÃO PARA A PRODUÇÃO ANTECIPADA DE PORTA-ENXERTOS DE ABACATEIROS

Resumo

A qualidade da semente e o sucesso dos processos germinativos assumem um papel primordial para a garantia da continuidade das etapas que envolvem a produção das mudas de abacateiro. O presente trabalho objetivou avaliar medidas que possam favorecer a germinação das sementes para a produção antecipada dos porta-enxertos, sendo elas, a retirada do tegumento, escarificação mecânica, tipos de substrato, formas de desinfestação. Para o teste de influência do tegumento, foi feita a retirada e a não retirada do mesmo, para o teste de escarificação mecânica, foi realizado lesão basal e lateral em comparação à semente sem lesão, para o de substratos foram utilizados casca de pinus, fibra de côco e areia e para o de desinfestação, foram utilizados Orthocide®, Álcool 70% diluído associado a Hipoclorito de sódio diluído em água destilada e lavagem em água corrente. Houve diferenças pontuais ao longo dos 30 dias de avaliação da germinação de sementes de abacateiros 'Margarida' e 'Fortuna' quanto aos ensaios de influência do tegumento, escarificação, formas de desinfestação e tipos de substrato. Sementes de abacateiros 'Margarida' e 'Fortuna' responderam diferentemente a germinação, 30 dias após serem submetidas aos ensaios de influência do tegumento, escarificação, tipos de substrato e formas de desinfestação. Apenas a escarificação mecânica (basal ou lateral) acarretou em maior índice de velocidade de germinação (IVG) para sementes de ambas as cultivares. O substrato casca de pinus promoveu a germinação mais acelerada na cv. Fortuna e a desinfestação com o uso do Orthocide propiciou a antecipação da germinação na cv. Margarida.

Palavras-chave: *Persea americana* Mill., Semente, Tegumento, Escarificação, Substrato, Desinfestação, Índice de velocidade de germinação

Abstract

Seed quality and germination success are paramount in guaranteeing the continuity of avocado seedling production stages. This study aimed to evaluate measures that may favor seed germination for rootstock production, such as tegument removal, mechanical scarification, the use of different substrates and different disinfestation forms. Concerning the tegument influence test, both tegument removal and non-removal were assessed. With regard to the mechanical scarification test, basal and lateral seed lesions were performed and compared to seeds without lesions. Pine bark, coconut fiber and sand were used as substrate, while Orthocide®, 70% alcohol associated with sodium hypochlorite diluted in distilled water and washing under running water were applied for disinfestation. Some differences were noted throughout the 30 days of the 'Margarida' and 'Fortuna' avocado seed germination evaluations regarding the influence of tegument, scarification, disinfestation forms and substrate types. 'Margarida' and 'Fortuna' avocado seeds responded differently to germination 30 days after being submitted to the tegument, scarification, substrate and disinfestation assessments. Only mechanical scarification

(basal or lateral) resulted in higher Germination Speed index (GSI) for seeds from both cultivars. Pine bark promoted faster germination for the Fortuna cv and disinfestation employing Ortochide resulted in Margarida cv germination anticipation.

Keywords: *Persea americana* Mill., Seed, Tegument, Scarification, Substrate, Disinfestation, Germination speed index

2.1 Introdução

Em decorrência do aumento da população mundial e da expansão do consumo (STATISTA, 2022), a produção de abacate no mundo cresceu consideravelmente nos últimos 20 anos, correspondendo a um acréscimo de aproximadamente 200% em produção e 145% em área colhida entre os anos de 2000 e 2020 (FAO, 2022). No mesmo período, um incremento semelhante foi observado no Brasil, cerca de 210% em produção e 28% em área colhida (FAO, 2022).

A expansão das áreas de cultivo no país (IBGE, 2022) é destinada sobretudo à cultivar Hass, a mais importante em nível mundial (CRANE et al, 2015), fato que pode ser constatado pelo aumento de 1530% nas exportações brasileiras entre 2000 e 2020 (FAO, 2022).

Diferentemente de países como Estados Unidos, África do Sul e Chile (ERNST, WHILEY, BENDER, 2015; CASTRO; FASSIO, 2013), que adotam a técnica da propagação clonal do porta-enxerto para a produção da muda de abacateiro, no Brasil, o processo tem início com a obtenção de porta-enxertos oriundos de sementes, que são enxertados pelo método da garfagem em fenda cheia ou inglês simples com a cultivar-copa de interesse (LEONEL; SAMPAIO, 2008; ALBERTI et al., 2018). Para esse método, a qualidade da semente e o sucesso dos processos germinativos assumem um papel primordial para a garantia da continuidade das etapas que envolvem a produção das mudas.

O abacate contém uma única grande semente envolvida pelo tegumento, com o eixo embrionário muito pequeno, centralmente fixado e protegido por dois cotilédones amiláceos (BLUMENFELD; GAZIT, 1974). Sensível à dessecação, a semente do abacate é classificada como recalcitrante (STOREY, 1973). A uniformidade de germinação dessas sementes pode variar conforme a cultivar (LEAL; KREZDORN; MARTE, 1976), o grau de maturação (ABDALLA, 2021) ou

tratamento aplicado (EGGERS, 1942; HALMA; FROLICH, 1949; KADMAN, 1963; WHILEY, WHILEY, 2005; ADJEI; BANFUL; IDUN, 2011).

Nesse contexto, frente a necessidade da disponibilização de mudas com qualidade e uniformidade, fatores determinantes para o sucesso do pomar, e em período mais curto, já que são necessários cerca de 10 a 12 meses para que uma muda de abacateiro se encontre apta para o plantio em campo (ALBERTI et al., 2018), o trabalho objetivou avaliar medidas que possam favorecer a germinação das sementes na formação de porta-enxertos de abacateiros, como a adoção de diferentes tipos de substrato, formas de desinfestação, escarificação mecânica e retirada do tegumento, com o intuito de antecipar o período de obtenção do porta-enxerto.

2.2 Material e Métodos

O experimento foi conduzido em casa de vegetação situada no Departamento de Produção Vegetal da USP/ESALQ, localizado no município de Piracicaba, São Paulo (22°42'29" S, 47°37'43" O, altitude de 540 metros). As variáveis climáticas (temperatura e umidade relativa do ar) foram registradas a cada 10 minutos por um datalogger modelo AKSO® (Figura 1), instalado próximo às plantas, na altura das bancadas.

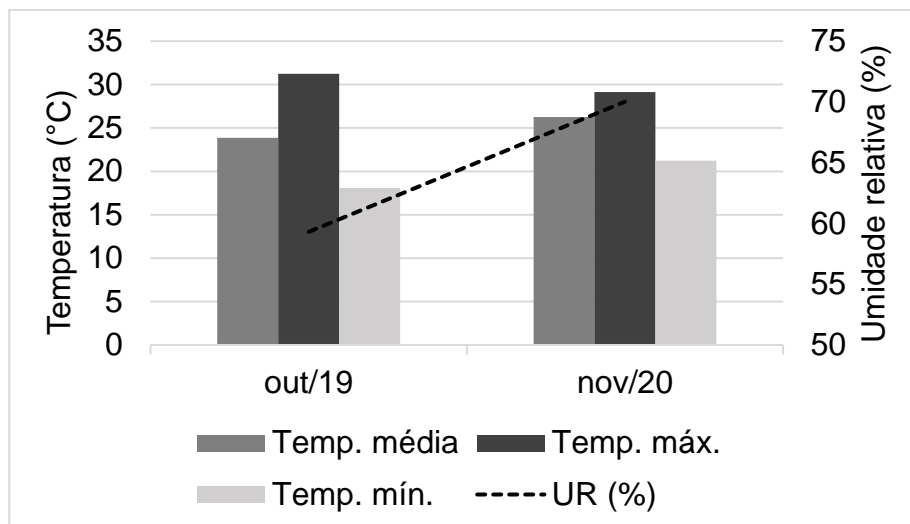


Figura 1 – Temperatura (média, máxima e mínima) e umidade relativa do ar registradas na casa de vegetação durante o período experimental. Escola Superior de Agricultura ‘Luiz de Queiroz’/USP, Piracicaba, SP, 2019/2020.

Sementes com diâmetro superior a 3,1 cm (ADJEI; BANFUL; IDUN, 2011) das cultivares de abacateiro de maturação tardia ‘Margarida’ (outubro de 2019) e meia estação ‘Fortuna’ (novembro de 2020) foram retiradas de frutos com maturidade fisiológica (com teor de matéria seca superior a 19 %) provenientes de plantios comerciais, sendo semeadas em bandejas plásticas com dimensões 42 x 27 x 7 cm e com furos na parte inferior para favorecer a drenagem da irrigação diária. Nestas sementes foram avaliados os quatro ensaios de pré-germinação descritos abaixo:

1. Influência do tegumento: antes da semeadura em bandejas plásticas contendo areia lavada e esterilizada, as sementes foram desinfestadas com Orthocide® (2,4 g L⁻¹, 50% captan) por 1h e 30 minutos e submetidas aos tratamentos de:

T1: retirada do tegumento das sementes;

T2: permanência do tegumento nas sementes.

2. Escarificação mecânica: antes da semeadura em bandejas plásticas contendo areia lavada e esterilizada, as sementes foram desinfestadas com Orthocide® (2,4 g L⁻¹, 50% captan) por 1h e 30 minutos e submetidas aos tratamentos de:

T1: lesão realizada na porção basal da semente (hilo) com o uso de um ralador doméstico de legumes, de forma a não retirar mais que 5 mm de espessura do cotilédono;

T2: lesão realizada da mesma forma como descrito para o tratamento 1, mas na porção lateral da semente, no sentido perpendicular à abertura dos cotilédones;

T3: ausência de lesão.

3. Tipo de substrato: as sementes foram desinfestadas com Orthocide® (2,4 g L⁻¹, 50% captan) por 1h e 30 minutos antes da semeadura nos seguintes substratos:

T1: substrato comercial Tropstrato HT Hortalças®, composto por casca de pinus, turfa, vermiculita, PG Mix 14.16.18, Nitrato de Potássio e Superfosfato Simples (CE = 2,0 mS cm⁻¹ e CRA = 130 p/p);

T2: substrato comercial Golden Mix® misto, composto por fibra de côco (CE = 0,9 mS cm⁻¹, capacidade de retenção de água (CRA) = 400 % p/p e porosidade total de 95%);

T3: areia lavada e esterilizada.

4. Forma de desinfestação: antes da semeadura em bandejas plásticas contendo areia lavada e esterilizada, as sementes foram tratadas com:

T1: imersão em Orthocide® (2,4 g L⁻¹, 50% captan) por 1h e 30 minutos;

T2: imersão prévia em solução com álcool 70% e água destilada na proporção 7:3 por 2 minutos, seguida de imersão em solução composta por água e hipoclorito de sódio (2,5 % de cloro ativo) na proporção 3:1 com gotas de detergente neutro durante 20 minutos, e na sequência, 3 lavagens com água destilada;

T3: lavagem em água corrente.

Em todos os ensaios foi avaliada a *porcentagem de germinação (%)*, dada pela protrusão da raiz primária, a cada 5 dias durante 30 dias, totalizando 6 datas de avaliação. Também foi determinado o *Índice de velocidade de germinação (IVG)*, por meio da fórmula $IVG = \sum (n_i/t_i)$, na qual: n_i = número de sementes que germinaram no tempo 'i'; t_i = dias transcorridos desde a semeadura; sendo $i = 1$ até 30 dias (unidade adimensional (VIEIRA, CARVALHO, 1994).

Os ensaios seguiram em delineamento inteiramente casualizado, sendo os de desinfestação, escarificação mecânica e tipos de substratos compostos por 3 tratamentos, 6 repetições com 5 sementes por repetição, enquanto o referente a influência do tegumento foi composto por 2 tratamentos, com seis repetições e 5 sementes por repetição.

O software estatístico SAS foi utilizado para execução das análises estatísticas dos dados, sendo considerado um nível de significância de 5% (SAS INSTITUTE, 2009). Os dados que não atenderam os preceitos da análise de variância foram submetidos à transformação pelo método de Box-Cox e os que ainda assim, não cumpriram os requisitos da análise de variância, foram submetidos ao teste não paramétrico de Kruskal-Wallis. As médias foram comparadas pelo teste

de Tukey (para os testes forma de desinfestação, escarificação mecânica e tipo de substrato) e t de Student (para o teste influência do tegumento).

2.3 Resultados

A retirada do tegumento resultou em maior porcentagem de germinação no décimo dia, no entanto, a diferença não se manteve nas datas subsequentes (Figura 2A). A escarificação mecânica, tanto lateral como basal antecipou a germinação das sementes a partir do décimo dia, e, ao 25º dia do período de avaliação, o lesionamento basal proporcionou 100% de germinação, enquanto a não escarificação, 83,3% (Figura 2B).

O tipo de substrato utilizado na alocação das sementes foi significativo apenas no 15º dia, quando o uso da fibra de côco acarretou em melhores resultados (Figura 2C). No ensaio de desinfestação de sementes da cultivar Margarida, os tratamentos diferiram a partir do 15º dia, quando a água antecipou a germinação das mesmas, embora ao fim do período de avaliação os melhores tratamentos tenham sido o Orthocide® e o Hipoclorito de sódio, que se mostraram iguais, com valores de 83,3% e 76,7%, respectivamente (Figura 2D).

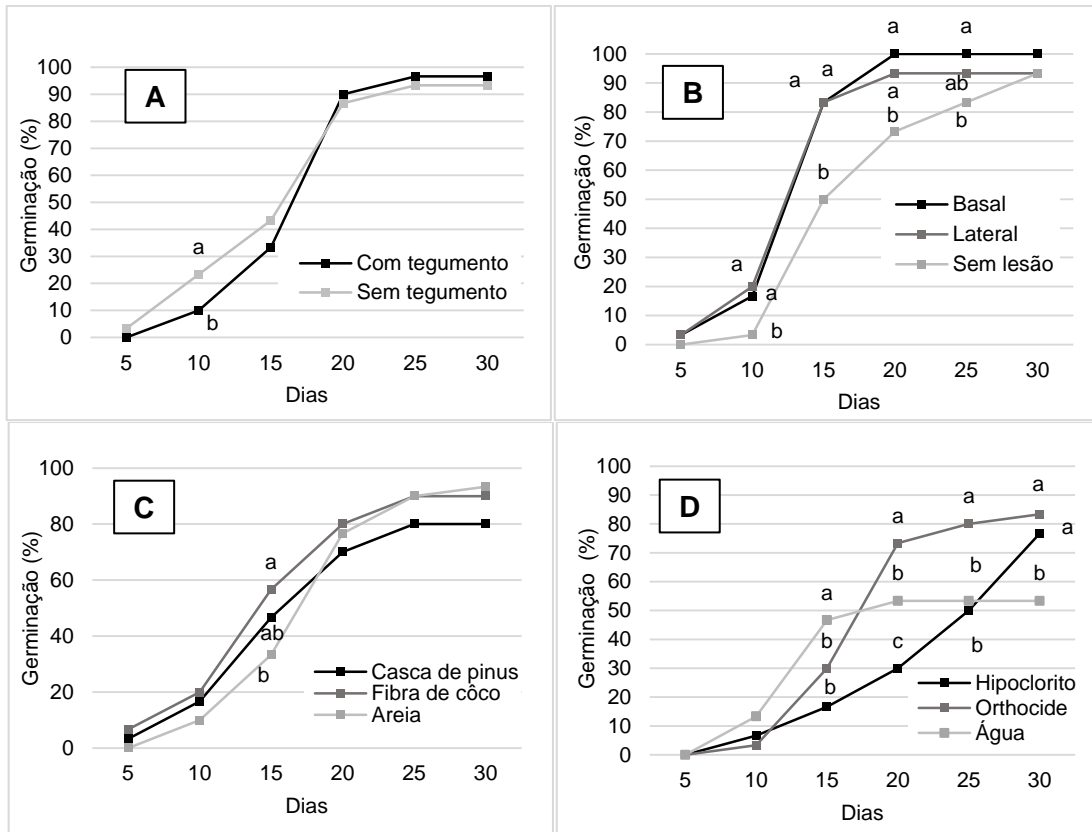


Figura 2 – Germinação de sementes de abacate da cv. Margarida submetidas a ensaios de influência do tegumento (A), escarificação mecânica (B), tipos de substrato (C) e formas de desinfestação (D) ao longo de 30 dias. Escola Superior de Agricultura ‘Luiz de Queiroz’/USP, Piracicaba, SP, 2019. Letras diferentes indicam diferença significativa entre os tratamentos por data de avaliação, considerando o teste de Tukey, Kruskal Wallis e t de Student ($P \leq 0,05$).

Para sementes da cultivar Fortuna, a influência do tegumento foi verificada apenas aos 10 dias, quando a sua ausência promoveu 40% de sementes germinadas e sua presença 30% (Figura 3A). Em relação à escarificação mecânica, os dois tipos de lesão se mostraram superiores em relação ao controle (sem lesão) e promoveram maiores taxas de germinação, de 70% e 66,7% no dia 10 e 86,7% e 96,7% no dia 15, para a lesão basal e lateral, respectivamente (Figura 3B).

Para o tipo de substrato, a casca de pinus se mostrou superior aos 10 dias da sementeira, quando 36,7% das sementes haviam germinado, enquanto para a fibra de côco e areia, foram verificadas 20% e 13,3% de germinação, respectivamente (Figura 3C).

A desinfestação com água se mostrou superior apenas ao 25º dia, quando 100% das sementes haviam germinado (Figura 3D).

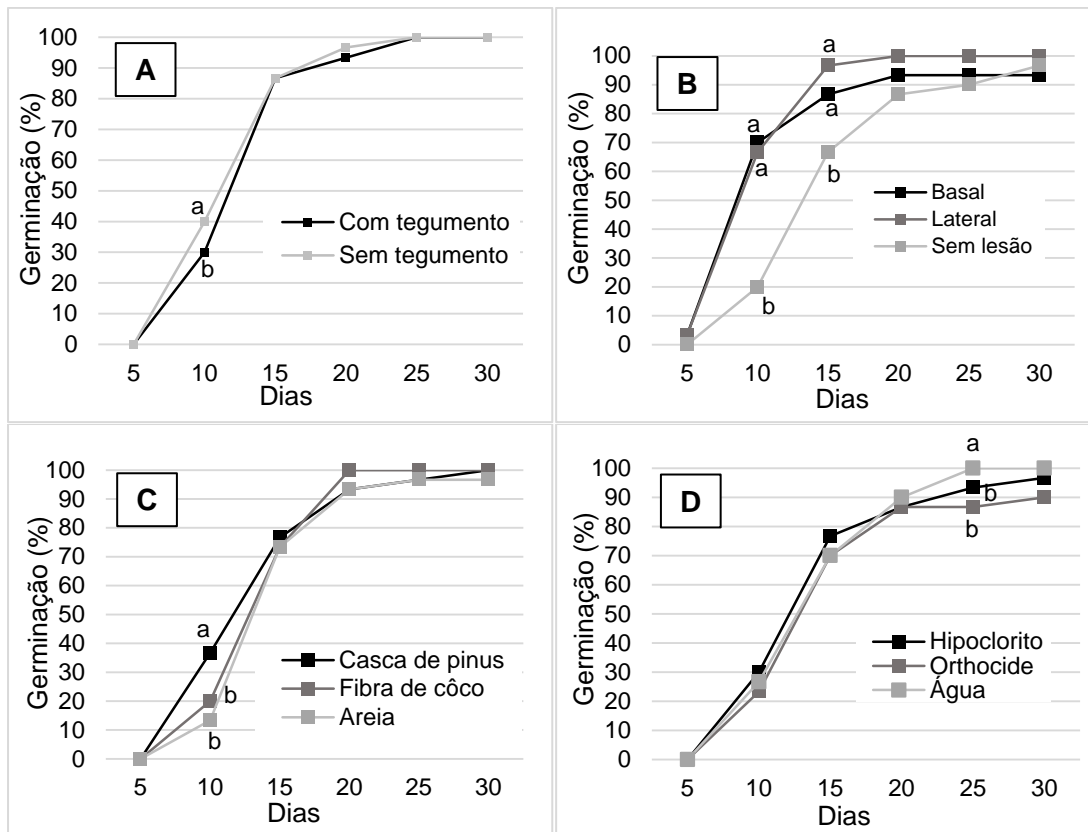


Figura 3 – Germinação de sementes de abacate da cv. Fortuna submetidas a ensaios de formas influência do tegumento (A), escarificação mecânica (B), tipos de substrato (C) e formas de desinfestação (D) ao longo de 30 dias. Escola Superior de Agricultura ‘Luiz de Queiroz’/USP, Piracicaba, SP, 2020. Letras diferentes indicam diferença significativa entre os tratamentos por data de avaliação, considerando o teste de Tukey, Kruskal Wallis e t de Student ($P \leq 0,05$).

Para sementes da cultivar Margarida, o uso de Orthocide® para desinfestação e a realização de lesões, tanto laterais como basais, proporcionaram a antecipação da germinação quando comparados aos demais tratamentos comparativos, resultando em valores superiores da variável índice de velocidade de germinação (IVG) (Tabela 1). Já para sementes da cultivar Fortuna, o uso do substrato casca de pinus influenciou positivamente na velocidade de germinação, assim como a realização de escarificação mecânica (lesão lateral e basal) (Tabela 1).

Tabela 1 – Índice de velocidade de germinação de sementes de abacates ‘Margarida’ e ‘Fortuna’ submetidas a testes de pré-germinação por um período de 30 dias. Escola Superior de Agricultura ‘Luiz de Queiroz’/USP, Piracicaba, SP, 2019 e 2020.

Teste de pré-germinação	IVG	
	‘Margarida’	‘Fortuna’
Influência do tegumento		
Com testa	0,25 a	0,37 a
Sem testa	0,32 a	0,39 a
CV (%)	11,15	5,76
Valor p	0,0736 ⁽³⁾	0,1756 ⁽³⁾
Escarificação mecânica		
Lesão basal	0,36 a	0,44 a
Lesão lateral	0,35 a	0,46 a
Sem lesão	0,27 b	0,32 b
CV (%)	14,56	14,24
Valor p	0,0014 ⁽¹⁾	<0,0001 ⁽²⁾
Tipo de substrato		
Casca de pinus	0,28 a	0,37 a
Fibra de côco	0,33 a	0,34 bc
Areia	0,27 a	0,32 c
CV (%)	24,41	6,31
Valor p	0,2639	0,0070
Forma de desinfestação		
Orthocide®	0,23 a	0,32 a
Água corrente	0,19 ab	0,35 a
Hipoclorito de sódio	0,18 b	0,35 a
CV (%)	15,79	7,33
Valor p	0,0472	0,0953

Letras diferentes indicam diferença significativa, considerando o teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

⁽¹⁾Os dados originais foram transformados ⁽¹⁾ $\hat{y} = y^{-0,75}$ e ⁽²⁾ $\hat{y} = y^{-1,5}$; ⁽³⁾ Teste t de Student ($P \leq 0,05$).

2.4 Discussão

Em ensaios com sementes de seis cultivares de porta-enxerto de abacateiros, Eggers (1942) verificou que em todos eles, a remoção do tegumento acarretou em maiores porcentagens de germinação, resultando plântulas mais uniformes, em menor tempo, cerca de quatro a seis semanas antes daquelas que permaneceram com tegumento. Whiley e Whiley (2005) também obtiveram incrementos na porcentagem de germinação de sementes de abacateiros desprovidas de tegumento, sendo 38% superior em relação às sementes em que o mesmo não foi retirado.

No presente trabalho, tanto para sementes da cultivar Margarida quanto para de Fortuna, a retirada do tegumento proporcionou maiores porcentagens de germinação apenas no 10º dia após a sementeira, quando os tratamentos diferiram estatisticamente entre si, valores que se mantiveram semelhantes até o 30º dia (Figuras 2A e 3A).

Para Kadman (1963), a remoção do tegumento também acarretou em uma maior porcentagem total e taxa de germinação em relação aos tratamentos que consistiram em cortes na semente (basal associado a apical e somente apical) e controle. O autor considera que o tegumento da semente forma uma barreira mecânica para a absorção de água, que atrasa o processo de germinação e recomenda a sua remoção. Além disso, conforme Abdalla (2021), o tegumento é dotado de compostos fenólicos que agem como supressores dos processos de germinação em sementes de abacate.

Por outro lado, Halma e Frolich (1949) mencionaram que em sementes com cotilédones fortemente fechados, a remoção do tegumento se mostrou menos eficaz, pelo fato de que em algumas variedades este seja muito aderido à semente, o que torna sua remoção pouco prática. Nesse sentido, a realização de lesões também pode favorecer a umidificação dos tecidos da semente, o que facilita a fase de embebição e proporciona condições propícias à retomada das atividades metabólicas da semente (BORGHETTI, 2004).

Neste trabalho, ambas as formas de escarificação (basal e lateral) influenciaram positivamente na porcentagem de germinação das sementes de ambas as cultivares (Figuras 2B e 3B), de forma que o índice de velocidade de germinação (IVG) também foi superior para esses tratamentos (Tabela 1). Whiley e Whiley (2005) concluíram que a remoção do tegumento ou danos aos cotilédones são ferramentas eficazes para reduzir o período da sementeira à emergência das plântulas e, em alguns casos, aumenta a porcentagem total de sementes germinadas.

Whiley e Whiley (2005) obtiveram um expressivo incremento na porcentagem de germinação de sementes de abacates escarificadas com 4 cortes de pólo a pólo ou com a remoção de 5 mm do topo, sendo 56% superior em relação a aquelas não tratadas. Para Adjei, Banful e Idun (2011), a produção de mudas de abacateiro em quantidade e com uniformidade assegurada só é possível com a utilização de

sementes de tamanho médio (3,1 a 4,0 cm) a grande (> que 4,0 cm) com comprimento de corte de 1,5 cm na extremidade distal.

Além disso, os tratamentos de pré-germinação de sementes também podem reduzir o intervalo de tempo entre a semeadura e a emergência das plântulas, assim como tendem a aumentar a tolerância das sementes às condições desfavoráveis do ambiente (BALBINOT; LOPES, 2006). A pré-germinação é uma ferramenta empregada na produção de mudas, que objetiva reduzir falhas nos viveiros e otimizar recursos, pois possibilita selecionar as sementes mais vigorosas para serem transplantadas, que contribuem para uma maior uniformidade do estande (DUARTE; NUNES, 2012).

O substrato assume um papel importante para o bom desenvolvimento das mudas e diferentes formulações podem garantir a qualidade, desde que haja o aporte de água e nutrientes em quantidades adequadas, de forma que o substrato ideal depende da característica e necessidade de cada espécie (DUARTE; NUNES, 2012).

No presente trabalho, ao longo das avaliações foram observadas diferenças na porcentagem de germinação apenas aos 15 dias para as sementes da cv. Margarida, quando a fibra de côco se mostrou superior à areia (Figura 2C), e aos 10 dias para as sementes da cv. Fortuna (3C), quando a casca de pinus se mostrou superior à fibra de côco e à areia. Para o IVG, foi verificada diferença apenas para sementes da cv Fortuna, de forma que a casca de pinus resultou em uma maior velocidade de germinação (Tabela 1). Para Moraes Neto, Gonçalves e Souza Neto (2001), a eficiência dos substratos no que se refere à germinação de sementes, iniciação radicular, enraizamento de estacas e formação do sistema radicular e da parte aérea, está diretamente relacionada à sua capacidade de proporcionar aeração adequada, drenagem eficiente, retenção equilibrada de água e disponibilidade balanceada de nutrientes. O substrato comercial Tropstrato HT® utilizado neste trabalho é composto por casca de pinus, turfa e vermiculita expandida com umidade de 60% p/p, capacidade de retenção de água de 130% p/p e densidade de 490 kg m³, além disso, dispõe de um mix de nutrientes (PG Mix 14.16.18, Nitrato de Potássio e Superfosfato Simples) (VIDA VERDE, 2022).

Embora nem todos os viveiristas brasileiros adotem a pré-germinação dos porta-enxertos de abacateiro, o uso da casca de pinus na semeadura direta em saquinhos convencionais tem se intensificado (SILVA, 2015) em substituição ao solo

de barranco ou à mistura de solo em adição a alguma fonte de matéria orgânica, como esterco bovino curtido (KOLLER, 1992). Dessa forma, é garantido um meio livre de patógenos e pragas, podendo ser adicionadas fontes de nutrientes (ALBERTI et al., 2018).

Alberti et al. (2018) também relataram que antes da semeadura, as sementes podem ser desinfestadas por imersão em água a 49-50°C e posteriormente secas à sombra, ou podem ser empregados tratamentos químicos, que consistem na imersão em fungicidas específicos. O princípio ativo Captan foi mencionado por Paulus, Nelson e Zentmyer (1975), como um insumo importante na manutenção da qualidade de sementes de abacate 'Henry Select', 'Topa Topa' e 'Yama' que foram armazenadas por um ano. Gomes (2016) também obteve melhores porcentagens de germinação em sementes de Pau-marfim (*Balfourodendron riedelianum* com) com o uso de Orthocide® (86,25%), quando comparado ao hipoclorito de sódio (50%), assim como foi observado nesse trabalho para sementes da cultivar Margarida (Figura 2D). Adicionalmente, Bergh (1988) ressalta a importância da imersão em fungicida, sobretudo quando são feitos cortes (escarificação mecânica) nas sementes.

2.5 Conclusão

Diferentes respostas de germinação ocorreram entre sementes de abacateiros 'Margarida' e 'Fortuna', 30 dias após serem submetidas aos ensaios de influência do tegumento, escarificação, formas de desinfestação e tipos de substrato.

Apenas a escarificação mecânica (basal ou lateral) acarretou maior IVG para sementes de ambas as cultivares avaliadas.

No presente estudo, o uso do substrato casca de pinus favoreceu a germinação antecipada de sementes da cv. Fortuna, enquanto as de 'Margarida' foram favorecidas pela lavagem em Orthocide®.

Referências

ABDALLA, M.A.A. **Avocado seed physiology aspects**. Discipline of Horticultural Science School of Agricultural, Earth and Environmental Sciences College of Agriculture. Pietermaritzburg: University of KwaZulu-Natal, 2021. 207p.

ADJEI, P.Y.; BANFUL, B.K.; IDUN, I.A. Seed size and seed cut-length's effect on germination behaviour and seedling growth of avocado (*Persea americana* Mill.). **International Journal of Agricultural Research**, v. 6, n. 3, p. 299-305, 2011.

ALBERTI, M.F.; BROGIO, B.A.; SILVA, S.R.; CANTUARIAS-AVILÉS, T.; FASSIO, C. Avances en la propagación del aguacate. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 40, 2018. DOI: 10.1590/0100-29452018782.

BALBINOT, E.; LOPES, H.M. Efeitos do condicionamento fisiológico e da secagem na germinação e no vigor de sementes de cenoura. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 28, n. 1, p. 1-8, 2006.

BERGH, B. The Effect of Pretreatments on Avocado Seed Germination. **California Avocado Society Yearbook**, v. 72, p. 215-221, 1988.

BLUMENFELD, A.; GAZIT, S. Development of seeded and seedless avocado fruits. **Journal of the American Society of Horticultural Science**, v. 99, n. 5, p. 442-448, 1974.

BORGHETTI, F. Dormência embrionária. In: FERREIRA, A.G.; BORGHETTI, F. (Org.). **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artimed, 2004. p.109-123.

CASTRO, M.; FASSIO, C. **Evaluación agronômica de nuevos portainjertos de palto em distintas zonas agroclimáticas de Chile**. Valparaíso: Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, 2013. 23 p. (Manual Técnico, 2).

CRANE, J.H.; DOUHAN, G.; FABER, M.L.; ARPAIA, G.S.; BENDER, G.S.; BALERDI, C.F.; BARRIENTOS-PRIEGO, A.F. Cultivares y Portainjertos. In: SCHAFFER, B.; WOLSTENHOLME, B.N.; WHILEY, A.W. (Eds). **El Aguacate: Botánica, Producción y Usos**. Valparaíso: Ediciones Universitarias de Valparaíso, 2015. p. 243-282.

DUARTE, D.M.; NUNES, U.R. Crescimento inicial de mudas de *Bauhinia forficata* em diferentes substratos. **Cerne**, Lavras, v. 18, n. 2, p. 327-334, 2012.

EGGERS, E.R. Effect of the removal of the seed coats on avocado seed germination. **Yearbook of the California Avocado Society**, v. 27, p. 41-43, 1942. Disponível em: <http://www.avocadosource.com/CAS_Yearbooks/CAS_27_1942/CAS_1942_PG_041-043.pdf>. Acesso em: 18 fev. 2023.

ERNST, A.A.; WHILEY, A.W.; BENDER, G.S. Propagación. In: SCHAFFER, B.; WOLSTENHOLME, B.N.; WHILEY, A.W. (Eds). **El Aguacate: Botânica, Producción y Usos**. Valparaíso: Ediciones Universitarias de Valparaíso, 2015. p. 283-320.

FAO. **FAOSTAT**: Food and agricultural commodities production. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#home> >. Acesso em: 17 jan. 2022.

FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção agrícola municipal**: Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1613> >. Acesso em: 20 jan. 2022.

GOMES, D. R. **Qualidade fisiológica de diásporos, produção de mudas e desenvolvimento inicial a campo de Balfourendron riedelianum (ENGL.) ENGL.** 2016. 117 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2016.

HALMA, F.F.; FROLICH, E. Storing avocado seeds and hastening germination. **California Avocado Society Yearbook**, v. 34, p. 136-138, 1949.

KADMAN, A. Germination experiment with avocado seeds. **California Avocado Society Yearbook**, v. 47, p. 58-60, 1963.

KOLLER, O.C. **Abacaticultura**. Porto Alegre: Ed. Da Universidade UFRGS, 1992. 138p.

LEAL, F.J.; KREZDORN, A.H.; MARTE, R.J. The influence of gibberellic acid on germination of avocado seeds. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**, v. 89, p. 258-261, 1976.

LEONEL, S.; SAMPAIO, A.C. **Abacate**: aspectos técnicos da produção. São Paulo: Universidade Estadual Paulista, Cultura Acadêmica Editora, 2008. 239p.

MORAES NETO, S.P.; GONÇALVES, M.L.J.; SOUZA NETO, M.P. Produção de mudas de seis espécies arbóreas, que ocorrem nos domínios da Floresta Atlântica, com diferentes substratos de cultivo e níveis de luminosidade. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 25, n. 3, p. 277-287, 2001.

PAULUS, A.O.; NELSON, J., ZENTMYER, G.A. Avocado seed treatment and storage trial. **California Avocado Society Yearbook**, v. 59, p. 70-71, 1975.

SAS INSTITUTE. **SAS/STAT**: user's Guide. Version 9.2. Cary: SAS Institute, 7869p., 2009.

SILVA, S. R. da. **Manejo da podridão radicular (Phytophthora cinnamomi) na cultura do abacateiro**. 2015. 122p. Tese (Livre-Docência). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2015.

STATISTA, 2022. **Domestic avocado consumption in the United States from 1985 to 2021(in million pounds)**. Disponível em: <https://www.statista.com/statistics/591263/average-avocado-consumption-us-per-week/>. Acesso em: 26 mai. 2022.

STOREY, W.B. What kind of fruit is the avocado?. **California Avocado Society Yearbook**, v. 57, p. 70-71, 1973.

VIDA VERDE. **Substrato Tropstrato HT Hortaliças**. 2012. Disponível em: <https://www.provaso.com.br/categoria.php?categoria=2#> . Acesso em: 02 ago. 2022.

VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M. **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: Funep, 1994. 164 p.

WHILEY, A.W.; WHILEY, D.G. Rootstock improvement for the Australian avocado industry – a preliminary report. In: NEW ZEALAND AND AUSTRALIA AVOCADO GROWER'S CONFERENCE, 4., 2005, Tauranga. **New germplasm and global breeding programmes**. Tauranga 10p., 2005. Disponível em: www.avocadosource.com/journals/ausnz/ausnz_2005/whileyanthony2005.pdf. Acesso em: 13 fev. 2023.

3 PRODUÇÃO DE MUDAS DE ABACATEIROS EM SUBSTRATO ADUBADO E FERTIRRIGADO COM SOLUÇÃO NUTRITIVA

Resumo

A adoção de técnicas que favoreçam a produção de mudas de abacateiro de qualidade, livres de patógenos e em período reduzido, pode acarretar em um grande avanço para o quadro produtivo da cultura no Brasil. O presente trabalho objetivou verificar se o uso da adubação e da aplicação de solução nutritiva via fertirrigação em substrato comercial reduz o período para a obtenção de mudas de abacateiros. O experimento foi conduzido em casa de vegetação situada no Departamento de Produção Vegetal da USP/ESALQ, em Piracicaba, São Paulo, compreendendo dois ciclos de produção de mudas. No 1º ciclo, foram utilizadas soluções nutritivas em três diferentes concentrações (T1, T2 e T3), adubo de liberação lenta 15-9-12 (T4) e água destilada (T5). No 2º ciclo, os tratamentos definidos foram os que promoveram o desenvolvimento dos porta-enxertos em menor tempo de acordo com os resultados obtidos no primeiro ciclo, com adição de duas formulações de fertilizantes foliares, o Crop+® e Supla Sílica®, ambos em 4 aplicações quinzenais. Foram avaliados o diâmetro do caule e altura do porta-enxerto, Índice de clorofila foliar, número de folhas, área foliar do porta-enxerto, comprimento, área superficial e volume das raízes do porta-enxerto (primeiro ciclo) e das mudas (segundo ciclo), massa fresca e massa seca da parte aérea e do sistema radicular, fixação do enxerto e análise foliar (segundo ciclo). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com 12 repetições para as análises destrutivas e 14 para análises não destrutivas (primeiro ciclo), 26 repetições para análises não destrutivas, 12 para as análises destrutivas e 3 para as análises foliares (segundo ciclo). O adubo de liberação lenta Osmocote® na formulação utilizada resultou em porta-enxertos de abacateiros 'Fortuna' aptos para enxertia em menor tempo, e, mesmo com desenvolvimento intermediário da parte aérea e do sistema radicular, acarretou em maiores porcentagens de fixação do enxerto de 'Hass', juntamente com a solução mais concentrada. Resultados favoráveis apontam para o uso de soluções mais concentradas no intuito de antecipar o desenvolvimento das mudas de abacateiros. É possível produzir porta-enxerto da cultivar Fortuna em substrato à base de casca de pinus sem realizar o aporte de nutrientes, porém, em período prolongado. É desnecessário aportar nutrientes por meio da aplicação de fertilizantes foliares durante a produção de porta-enxertos de abacateiros cv Fortuna, os quais interferiram apenas na composição de macro e micronutrientes das mudas após enxertadas com a cv Hass.

Palavras-chave: *Persea americana* Mill., Fertilizante de liberação lenta, Solução nutritiva, Casca de pinus, Adubação foliar, Enxertia

Abstract

The adoption of techniques to improve the production of quality avocado seedlings, free of pathogens and in short periods of time, may lead to major advances in the avocado productive framework in Brazil. This study aimed to verify if fertilization and the application of nutrient solutions via fertigation in commercial

substrates reduces avocado seedling development periods. The experiments were conducted in a greenhouse at the USP/ESALQ Plant Production Department in Piracicaba, São Paulo, comprising two seedling production cycles. Nutrient solutions at three different concentrations (T1, T2 and T3), a slow-release fertilizer 15-9-12 (T4) and distilled water (T5) were applied in the first cycle. The second cycle comprised the treatments that led to rootstock development in the shortest period of time in the first cycle, with the addition of two foliar fertilizers, Crop+® and Supla Silica®, both applied four times each two weeks. The following variables were evaluated: stem diameter, rootstock height, leaf chlorophyll index, number of leaves, rootstock leaf area, length, surface area, rootstock root volume (first cycle) and seedlings (second cycle), fresh and dry aerial portion and root system masses, scion attachment and a leaf analysis (second cycle). The experimental design was entirely randomized, consisting of 12 and 14 repetitions for the non-destructive and destructive analyses in the first cycle, respectively, and 26 and 12 repetitions for the non-destructive and destructive analyses, respectively, in the second cycle, with three of these employed for the leaf analyses. The slow-release fertilizer Osmocote® resulted in graft-suitable avocado 'Fortuna' rootstocks in less time and, even with intermediate aerial part and root system development, higher 'Hass' scion attachment percentages alongside the application of the more concentrated solution. These favorable results point to the use of more concentrated solutions aiming at anticipating avocado seedling development. It is possible to produce Fortuna cultivar rootstocks in pine bark-based substrates without the addition of nutrients, albeit over longer periods of time. It is unnecessary to provide nutrients by foliar fertilizer application during cv. Fortuna avocado rootstock production, which interfered only in seedling macro and micronutrient compositions following grafting with the cv Hass.

Keywords: *Persea americana* Mill., Slow release fertilizer, Nutrient solution, Pine bark, Foliar fertilization, Grafting

3.1 Introdução

Em países como Estados Unidos, África do Sul e Chile (ERNST, WHILEY, BENDER, 2015; CASTRO; FASSIO, 2013) a técnica da propagação clonal do porta-enxerto para a produção de mudas de abacate é amplamente difundida. No Brasil, as mudas são produzidas a partir da obtenção de porta-enxertos oriundos de sementes, que são posteriormente enxertados pelo método da garfagem em fenda cheia ou inglês simples com a cultivar-copa de interesse (LEONEL; SAMPAIO, 2008; ALBERTI et al., 2018).

Os substratos utilizados na produção de mudas de abacateiro variam conforme a disponibilidade de matérias-primas encontradas nas regiões de cultivo. Na Califórnia, utiliza-se a mistura de areia, turfa e composto nitrogenado na

proporção de 2:1:1 (WHITSELL et al., 1989). Na Austrália, areia grossa lavada e turfa (1:1) ou areia grossa lavada e composto à base de casca de pinus nas mesmas proporções (ANDERSON, 1977). Na África do Sul, composto de casca de pinus, areia grossa lavada e torta de filtro (1:1:1) (ERNST; BENDER; WHILEY, 2015).

No Brasil, embora existam diversas opções de substratos produzidos a partir de diferentes matérias-primas, ainda se utiliza predominantemente o solo de barranco ou uma mistura de solo e alguma fonte de matéria orgânica, como esterco bovino curtido (KOLLER, 1992), o que evidencia o contexto rudimentar deficiente de tecnologias e medidas de controle sanitário, dado que o solo pode atuar como um veículo na disseminação de patógenos, inclusive, *P. cinnamomi*, acarretando na produção de mudas de baixa qualidade, com reduzida taxa de sobrevivência em campo (SILVA, 2015). Outro fator limitante é o período necessário para a produção das mudas, que varia de 8 a 12 meses para que as plantas possam ser transferidas para o campo (ALBERTI et al., 2018).

Paralelamente, o uso da fertirrigação na agricultura cresce continuamente, com o intuito de promover melhores condições para o desenvolvimento da planta através do aumento da eficiência da absorção de nutrientes e da minimização da percolação de água e fertilizantes para baixo da zona radicular (LANDGRAF, 2015; LAHAV; WHILEY; TURNER, 2015). A aplicação de fertilizantes via água de irrigação torna a chegada dos nutrientes às raízes mais facilitada, formando uma solução que infiltra no solo uniformemente e garante máxima interceptação ao contemplar toda a zona radicular (BORGES; COELHO, 2009). Costuma melhorar a absorção de nutrientes por meio de dois mecanismos principais: o reabastecimento contínuo de nutrientes na zona de extração da interface raiz-solo e o transporte aprimorado de nutrientes dissolvidos, devido ao aumento do teor de água no meio (SILBER, 2005).

A técnica é amplamente difundida na produção brasileira de mudas cítricas. Girardi et al. (2005) verificaram um melhor crescimento do sistema radicular de mudas de laranjeira 'Valencia' enxertadas sobre limoeiro 'Cravo' em substrato a base de casca de pinus incrementado com adubo de liberação lenta. Para Zambrosi et al. (2012) e Mattos Jr et al. (2010), a composição das soluções nutritivas aplicadas via fertirrigação durante o desenvolvimento de porta-enxertos cítricos propiciou diferentes respostas em seu crescimento, sugerindo que o ajuste da solução nutritiva pode proporcionar a redução do período de produção das mudas. Embora diversos estudos abordem que a nutrição mineral em abacateiros via fertirrigação seja uma

técnica precisa e eficiente para suprir as necessidades hídrica e nutricional (LAHAV, 1995; MALO, 1976; WHILEY, 2000), não há informações sobre os efeitos do seu uso na produção de mudas.

Nesse contexto, a adoção de técnicas que venham a favorecer a produção de mudas de abacateiro de qualidade, livres de patógenos e em período reduzido, pode acarretar em um grande avanço para o quadro produtivo da cultura no Brasil. O presente trabalho objetivou verificar se o uso da adubação e da aplicação de solução nutritiva via fertirrigação aplicada em substrato comercial reduz o período para a obtenção de mudas de abacateiros.

3.2 Material e Métodos

O experimento foi conduzido em casa de vegetação situada no Departamento de Produção Vegetal da USP/ESALQ, em Piracicaba, São Paulo. Os valores de temperatura e umidade relativa do ar foram registrados a cada 10 minutos por um datalogger modelo AKSO® (Figura 1), instalado na casa de vegetação à altura das bancadas.

As sementes de abacate da cv. Fortuna foram obtidas quando os frutos provenientes de plantios comerciais apresentaram maturidade fisiológica (com teor de matéria seca superior a 19%), sendo lavadas em água corrente e desinfestadas por imersão em solução do fungicida Orthocide® (2,4 g L⁻¹, 50% captan). Na sequência, tiveram seus tegumentos retirados e suas porções basais escarificadas mecanicamente com ralador manual no sentido perpendicular à abertura dos cotilédones, não sendo retirados mais que 5 mm do tecido. Foram também pré-germinadas em fibra de côco Golden Mix® misto (CE = 0,9 mS cm⁻¹, capacidade de retenção de água (CRA) = 400 % p/p e porosidade total de 95%) por 20 dias. As sementes que já haviam emitido a raiz primária foram transplantadas para saquinhos plásticos (3,5 L), comumente utilizados na produção comercial de mudas de abacateiros, distribuídos em bancada suspensa.

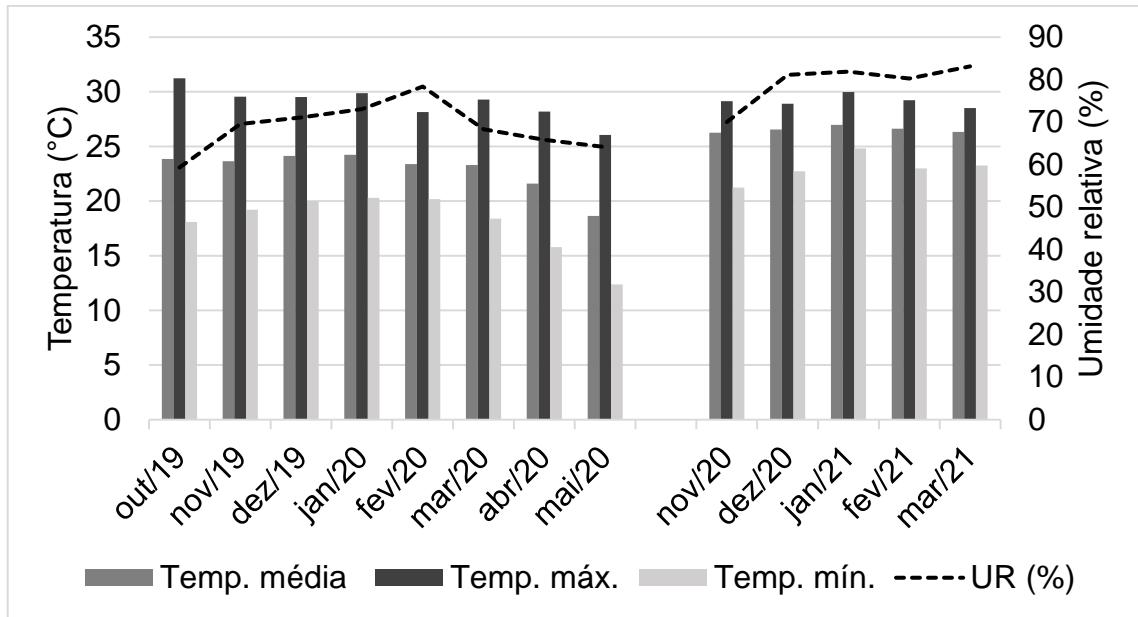


Figura 1 – Temperatura (média, máxima e mínima) e umidade relativa do ar registradas na casa de vegetação durante o período experimental. Escola Superior de Agricultura ‘Luiz de Queiroz’/USP, Piracicaba, SP, 2019 a 2021.

Esses saquinhos foram preenchidos com o substrato comercial Tropstrato HT Hortaliças composto por casca de pinus, turfa, vermiculita, PG Mix 14.16.18, Nitrato de Potássio e Superfosfato Simples ($CE = 2,0 \text{ mS cm}^{-1}$ e $CRA = 130 \text{ p/p}$). A irrigação ocorreu em gotejamento em linhas simples, com quatro flechas por saquinho e vazão de 4 litros h^{-1} .

O experimento compreendeu dois ciclos de produção de mudas. No primeiro ciclo, que se iniciou em outubro do ano de 2019, foram definidas soluções nutritivas em três diferentes concentrações adaptadas a partir da solução de Lobit et al. (2018), utilizada para mudas de abacateiros. Os tratamentos estão listados na tabela 1:

Tabela 1 – Tratamentos aplicados na produção de mudas de abacateiros cv. Fortuna durante o primeiro ciclo. Escola Superior de Agricultura ‘Luiz de Queiroz’/USP, Piracicaba, SP, 2019/2020.

Tratamentos		Composição	EC (mS cm ⁻¹)
T1	Solução nutritiva 1	420 mg L ⁻¹ de CaNO ₃ , 174 mg L ⁻¹ de KHPO ₄ , 169,5 mg L ⁻¹ de K ₂ SO ₄ , 400 mg L ⁻¹ de MgSO ₄ + micronutrientes	1,31
T2	Solução nutritiva 2	292 mg L ⁻¹ de CaNO ₃ , 123 mg L ⁻¹ de KHPO ₄ , 118 mg L ⁻¹ de K ₂ SO ₄ e 278 mg L ⁻¹ de MgSO ₄ + micronutrientes	0,91
T3	Solução nutritiva 3	164 mg L ⁻¹ de CaNO ₃ , 68 mg L ⁻¹ de KHPO ₄ , 66 mg L ⁻¹ de K ₂ SO ₄ e 156 mg L ⁻¹ de MgSO ₄ + micronutrientes	0,51
T4	Osmocote®	Formulação 15-9-12 e 5 meses de liberação (5 g L ⁻¹)	
T5	Água destilada	Água destilada	0,00

Em todas as soluções nutritivas, foi adicionado 25 mg L⁻¹ de mistura de micronutrientes composta por (p/p) 1,82% de B, 1,82% Cu EDTA, 7,26% de Fe EDTA, 1,82% de Mn EDTA, 0,36% de Mo, 0,335% de Ni, 0,73% de Zn. O adubo Osmocote® (15-09-12 e cinco meses de liberação lenta), além de conter 15% de N, 9% de P₂O₅, 12% de K₂O, apresenta em sua composição 1,3% de Mg, 6% de S, 0,46% de Fe, 0,06% de Mn, 0,02% de B, 0,05% de Cu, 0,05% de Zn e 0,02% de Mo. O tratamento Osmocote® representou a condição que os viveiros mais tecnificados estão adotando atualmente na produção de mudas de abacateiros no Brasil.

Para o segundo ciclo do experimento, que se iniciou em novembro de 2020, os tratamentos definidos foram os que promoveram o desenvolvimento dos porta-enxertos em menor tempo conforme os resultados obtidos no primeiro ciclo, com adição de duas formulações de fertilizantes foliares como aporte de nutrientes para a promoção do desenvolvimento das mudas, o Crop+® (composto por ácido bórico, nitrato de cobalto, sulfato de cobre, sulfato ferroso, sulfato de manganês, molibdato de amônio, sulfato de zinco, extrato de algas e aminoácido) e Supla Sílica® (composto por %p/p: 7,3% Silício, 17% K₂O, 0,72% de substâncias húmicas, 0,07% de siliconados, 2,2% de agente acidificante e água). As aplicações ocorreram via drench no substrato, com volumes compatíveis à lâmina de irrigação diária e se

iniciaram 20 dias após a disposição das sementes pré-germinadas nos saquinhos, sendo repetidas quinzenalmente, totalizando 4 aplicações durante o ciclo.

Os tratamentos aplicados durante o segundo ciclo de avaliação de mudas de abacateiro cv. Fortuna são descritos na tabela 2.

Tabela 2 – Tratamentos aplicados na produção de mudas de abacateiros cv. Fortuna durante o segundo ciclo. Escola Superior de Agricultura 'Luiz de Queiroz'/USP, Piracicaba, SP, 2019/2020.

	Tratamentos	Composição
T1	Osmocote®	Formulação 15-9-12 e 5 meses de liberação (5 g L ⁻¹)
T2	Solução nutritiva 1	420 mg L ⁻¹ de CaNO ₃ , 174 mg L ⁻¹ de KHPO ₄ , 169,5 mg L ⁻¹ de K ₂ SO ₄ , 400 mg L ⁻¹ de MgSO ₄ e micronutrientes
T3	Osmocote® + Crop+®	Formulação 15-9-12 e 5 meses de liberação (5 g L ⁻¹) + Crop+® (0,25 mL L ⁻¹)
T4	Solução nutritiva 1 + Crop+®	420 mg L ⁻¹ de CaNO ₃ , 174 mg L ⁻¹ de KHPO ₄ , 169,5 mg L ⁻¹ de K ₂ SO ₄ , 400 mg L ⁻¹ de MgSO ₄ e micronutrientes + Crop+® (0,25 mL L ⁻¹)
T5	Osmocote® + Supa Sílica®	Formulação 15-9-12 e 5 meses de liberação (5 g L ⁻¹) + Supa Sílica (2 mL L ⁻¹)
T6	Solução nutritiva 1 + Supa Sílica®	420 mg L ⁻¹ de CaNO ₃ , 174 mg L ⁻¹ de KHPO ₄ , 169,5 mg L ⁻¹ de K ₂ SO ₄ , 400 mg L ⁻¹ de MgSO ₄ e micronutrientes + Supa Sílica (2 mL L ⁻¹)

Para os tratamentos que utilizaram solução nutritiva, a adição de micronutrientes ocorreu da mesma maneira como descrito para o primeiro ciclo. A lâmina de fertirrigação e a frequência de aplicação foram fixas e determinadas com base na capacidade de retenção de água pelo substrato em condições extremas registradas na casa-de-vegetação, atentando-se sempre para a ocorrência de drenagem nos saquinhos. A condutividade elétrica do volume drenado dos saquinhos foi monitorada durante os dois ciclos, com o intuito de evitar a salinização do substrato.

Independentemente do tratamento aplicado e do ciclo, os volumes de irrigação ficaram armazenados em tanques com capacidade de 100 litros, os quais foram repostos na medida em que eram esvaziados. Durante os ciclos, o pH da(s) solução(es) nutritivas foram acompanhados e mantidos entre 5,5 a 6,5, faixa considerada ótima (COSTA et al., 2001). Foram acoplados aos tanques, registros,

conjuntos motobomba, controlador e encanamentos para a distribuição dos volumes de irrigação.

As avaliações realizadas nos dois ciclos são descritas abaixo:

1. Diâmetro do caule e altura do porta-enxerto: o diâmetro do caule foi mensurado a 20 centímetros do colo da plântula até que fosse atingido o diâmetro de enxertia, que corresponde a 0,8 cm nesta região (CAMPOS, 1988). A altura foi avaliada da região do colo até o último par de folhas, com a ajuda de uma régua graduada em centímetros. Ambas as avaliações foram iniciadas 7 dias após a semeadura e procedidas semanalmente até que as plântulas atingissem o diâmetro pré-fixado, que foi determinado pelo número de dias até a formação do porta-enxerto (NDPE).

2. Índice de clorofila foliar Falker®: o efeito dos tratamentos sobre a coloração das folhas foi avaliado pelo medidor portátil Cloroflog Falker®, sendo as folhas padronizadas em maduras e totalmente expandidas, avaliadas em dois pontos na porção proximal separados pela nervura central. As avaliações foram iniciadas a partir da emissão do primeiro par de folhas, sendo essas marcadas para as avaliações posteriores, que foram semanais até atingirem o ponto de enxertia. Os dados foram expressos em índice de clorofila foliar (ICF), unidade adimensional.

3. Número de folhas: semanalmente foi realizada a contagem das folhas totalmente expandidas para a determinação do número médio de folhas no porta-enxerto até o momento da enxertia.

4. Área foliar do porta-enxerto: a determinação da área foliar foi realizada por um sistema digital integrador de área (*Licor LI 3100*) com as plantas destinadas às análises destrutivas sempre que atingiam o diâmetro de enxertia de 0,8 cm (primeiro ciclo), de modo que, se na data de avaliação as plantas apresentassem o diâmetro pré-fixado, tinham suas partes aéreas retiradas para posterior análise. Assim, a avaliação foi executada em diversas datas ao longo do cultivo (de 50 a 218 dias após o transplantio). Diferentemente, no segundo ciclo, foi realizada para todas as plantas destinadas à avaliação, 80 dias após o transplantio nos saquinhos. A área foliar de cada planta (cm²) foi mensurada através do somatório da área foliar de todas as suas folhas.

5. Comprimento, diâmetro, área superficial e volume das raízes do porta-enxerto antes (primeiro ciclo) e após a enxertia (segundo ciclo): quando atingiram o diâmetro de enxertia, as mesmas plantas destinadas à avaliação de área foliar (primeiro ciclo), foram submetidas à análise destrutiva para a quantificação do comprimento, área

superficial, diâmetro médio e volume das raízes, sendo anteriormente peneiradas e lavadas. No segundo ciclo, as mudas foram avaliadas 80 dias após o procedimento da enxertia. Para essa avaliação, foram utilizados os equipamentos *scanner XL 10000*, *Epson®* e o software *WinRhizo®* (REGENT INSTRUMENTS CANADA INC., 2013), sendo as raízes dispostas em uma bandeja acrílica com água deionizada e evitando sua sobreposição.

6. Massa fresca e massa seca da parte aérea e do sistema radicular: foram mensurados, nas mesmas plantas destinadas às avaliações da raiz, os valores de massa fresca e massa, com a ajuda de uma balança de precisão e estufa na qual as amostras foram secas em temperatura 62 °C por 72 horas ou até peso constante

7. Fixação do enxerto: no primeiro ciclo, as plantas foram enxertadas 148 dias após a semeadura nos saquinhos, sendo avaliada a fixação do enxerto 80 dias após a enxertia. Foram utilizadas fitas de polipropileno para o amarrado das partes e saquinhos plásticos de polietileno para a proteção do enxerto, sendo esses mantidos durante 20 dias com o intuito de evitar a desidratação do enxerto. No segundo ciclo, a enxertia foi procedida 81 dias após a germinação das sementes. Esta diferença do período de enxertia entre os ciclos se deu em razão de uma adequação metodológica, uma vez que, no primeiro ciclo, foi necessário aguardar para que os porta-enxertos de todos os tratamentos atingissem o diâmetro pré-fixado. No segundo ciclo, foi possível estabelecer uma data mais precisa, tomando como base os resultados obtidos no primeiro ciclo, em relação ao número de dias necessários para que os porta-enxertos atingissem o diâmetro para a realização da enxertia. Nesta etapa, foi feito também um teste em relação à proteção do enxerto, de forma que metade das plantas de cada tratamento proposto no ciclo teve sua porção enxertada protegida com saquinhos de polietileno e outra metade com saquinhos de papel pão por 20 dias. Em ambos os ciclos, foi utilizado o método garfagem por fenda cheia com a cv Hass. A fixação dos enxertos foi avaliada após 62 dias da enxertia, sendo também medidas as brotações do enxerto (cm).

8. Análise foliar: foi realizada apenas no segundo ciclo, com amostras compostas por 5 folhas totalmente expandidas das mudas, após 80 dias da enxertia.

- Delineamento experimental: no primeiro ciclo, 26 plantas dispostas nas linhas de cada tratamento foram avaliadas semanalmente até atingirem o diâmetro de enxertia, sendo as 12 primeiras destinadas às análises destrutivas e as 14 demais para a fase de enxertia. Estas plantas compuseram as repetições durante as

análises. No segundo ciclo, foram utilizadas 26 repetições para análises não destrutivas de crescimento e destrutiva de parte aérea e 12 para as análises destrutivas de raiz. Para as análises de proteção do enxerto, foram utilizadas 13 plantas por tratamento, sendo os dados analisados em esquema fatorial 6 x 2 (6 adubações + fertilizante foliar e 2 materiais de proteção do enxerto). Para as análises foliares, foram utilizadas 3 plantas por tratamento. Para todos os casos, foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado.

- Forma de análise dos dados: o software estatístico SAS foi utilizado para execução das análises estatísticas, sendo considerado um nível de significância de 5% (SAS INSTITUTE, 2009) em todos os testes. Os dados que não atenderam os preceitos da análise de variância foram submetidos à transformação pelo método de Box-Cox e os que ainda assim, não cumpriram os requisitos da análise de variância, foram submetidos ao teste não paramétrico de Kruskal-Wallis. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey.

3.3 Resultados

No primeiro ciclo do experimento, o tratamento Osmocote® se mostrou superior em acelerar o processo de desenvolvimento do porta-enxerto, de modo que foram requeridos 68 dias para as plantas atingirem o diâmetro de enxertia (0,8 cm), quase metade do período verificado para o tratamento água destilada. Em relação à altura, foi verificado um gradiente entre a Solução 1 até a Água Destilada, de forma que o primeiro acarretou em plantas maiores e o último, em plantas menores (Tabela 3).

Para o número de folhas, o tratamento Osmocote® enfolhou menos, enquanto o tratamento Água Destilada, mais. Isso pode ser explicado pelo período de permanência na casa de vegetação. As plantas do tratamento Osmocote® atingiram o diâmetro de enxertia mais precocemente, sendo retiradas e levadas para as análises destrutivas, enquanto as plantas do tratamento Água Destilada permaneceram no substrato até que atingissem o diâmetro pré-fixado para serem levadas para a etapa destrutiva. Com isso, tiveram o dobro de tempo (em dias) para que pudessem emitir mais folhas. Para a variável índice de clorofila foliar, os melhores tratamentos corresponderam às soluções 1, 2 e Osmocote®, enquanto os

inferiores foram resultantes da solução 3 e da aplicação de água destilada, que diferiram estatisticamente (Tabela 3).

Tabela 3 – Número de dias decorridos até o diâmetro de enxertia (NDPE), altura, número de folhas e índice de clorofila foliar Falker® de porta-enxertos de abacateiros da cv. Fortuna fertirrigados com soluções nutritivas ou adubados com Osmocote®. Escola Superior de Agricultura 'Luiz de Queiroz'/USP, Piracicaba, SP, 2020.

Tratamento	NDPE ¹	Altura (cm) ²	Número de folhas ²	Índice de clorofila foliar ²
Solução 1	78,00 ab	61,44 a	22,83 ab	44,454 a
Solução 2	81,50 b	62,67 a	24,67 ab	41,177 a
Solução 3	86,17 b	54,68 ab	23,25 ab	33,492 b
Osmocote®	68,08 a	49,94 bc	21,08 b	45,631 a
Água destilada	158,82 c	44,49 c	26,91 a	25,191 c
CV (%)	< 0,0001	< 0,0001	0,0272	< 0,0001
Valor p	25,48	13,57	18,07	16,37

Letras diferentes indicam diferença significativa, considerando o teste de Kruskal Wallis¹ e o teste de Tukey², ambos a P≤0,05.

Para a variável área foliar, as soluções 1 e 2 apresentaram valores superiores, ao passo que o Osmocote® e a água destilada, acarretaram, nessa sequência, os menores valores. Para a massa fresca da parte aérea, a Solução 1 proporcionou o melhor desenvolvimento, sendo o Osmocote® intermediário e a água destilada, o pior tratamento. Já para a massa seca, não foram encontradas diferenças. Resultados curiosos foram obtidos em relação à raiz, pois tanto para a massa fresca quanto massa seca, os valores superiores foram verificados para o tratamento água destilada. Isso também se deve ao período de permanência em estufa, de modo que as plantas tiveram mais tempo para se desenvolverem, enquanto as dos demais tratamentos já haviam sido retiradas e analisadas (Tabela 4).

Tabela 4 – Área foliar, massa fresca e seca da parte aérea e da raiz de porta-enxertos de abacateiros cv. Fortuna fertirrigados com soluções nutritivas ou adubados com Osmocote®. Escola Superior de Agricultura ‘Luiz de Queiroz’/USP, Piracicaba, SP, 2020.

Tratamento	Área foliar (cm ²)	Parte aérea (g)		Raiz (g)	
		Massa fresca ¹	Massa seca	Massa fresca	Massa seca
Solução 1	2792,08 a	73,09 a	17,38 a	46,92 b	4,70 c
Solução 2	2627,33 a	71,42 ab	17,47 a	48,59 b	5,20 bc
Solução 3	2248,08 ab	63,82 ab	16,99 a	50,76 b	6,24 b
Osmocote®	2074,17 b	61,57 b	14,75 a	48,13 b	4,96 bc
Água destilada	1477,18 c	48,54 c	16,30 a	69,03 a	11,24 a
CV (%)	21,05	22,28	15,49	22,29	11,04
Valor p	< 0,0001	< 0,0001	0,1745	0,0001	< 0,0001

Letras diferentes indicam diferença significativa, considerando o teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

¹Os dados originais foram transformados $\hat{y} = y^{1,5}$.

Em relação aos parâmetros da raiz analisados no WinRhizo, o período de permanência das plantas na casa de vegetação também elucidou os resultados da variável volume (Tabela 5). Ainda que os tratamentos Osmocote® e Solução 1 tenham propiciado o desenvolvimento do porta-enxerto em um período mais curto, 68,08 e 78 dias, respectivamente (Tabela 1), suas raízes apresentaram parâmetros de comprimento e área superficial estatisticamente iguais a plantas que permaneceram por 81,5 e 86,17 e 158,82 dias na casa de vegetação, referentes aos tratamentos Solução 2, Solução 3 e água destilada, respectivamente. Isso quer dizer que, para essas variáveis, as raízes do tratamento Osmocote® se desenvolveram da mesma forma em metade do tempo quando comparado à água destilada (Tabela 5).

Tabela 5 – Comprimento, diâmetro, área superficial e volume de raízes de porta-enxertos de abacateiros cv. Fortuna fertirrigados com soluções nutritivas ou adubados com Osmocote®. Escola Superior de Agricultura ‘Luiz de Queiroz’/USP, Piracicaba, SP, 2020.

Tratamento	Comprimento (cm)	Diâmetro (mm)	Área superficial (cm ²) ¹	Volume (m ³)
Solução 1	3480,4268 a	1,0329 b	1121,1882 a	29,12 b
Solução 2	3745,6698 a	1,0150 b	1191,7444 a	30,66 b
Solução 3	4190,5414 a	1,0352 b	1357,7289 a	35,38 ab
Osmocote®	3633,3881 a	1,2656 b	1199,9852 a	32,02 b
Água destilada	3564,2068 a	1,2943 a	1396,4784 a	45,36 a
CV (%)	22,24	31,68	20,79	25,30
Valor p	0,2632 ²	0,0005 ¹	0,0626 ²	0,0003 ²

Letras diferentes indicam diferença significativa, considerando o teste de Kruskal Wallis¹ e o teste de Tukey², ambos a P≤0,05.

Depois de enxertadas, as plantas dos tratamentos Osmocote® e Solução 1 apresentaram valores superiores de fixação do enxerto, correspondentes a 64,29% e 57,14%, respectivamente (Tabela 6). Isso significa que estas mudas obtiveram sucesso no processo de enxertia, e após rustificação, com aclimatização em ambientes que recebem mais luminosidade, poderiam ser implantadas em campo. As plantas que não obtiveram sucesso na enxertia poderiam ser novamente enxertadas, com atenção sempre às dimensões do caule e dos garfos da cultivar copa a serem utilizados, que devem ser preferencialmente de calibres semelhantes.

Tabela 6 – Fixação de enxertos da cv Hass em porta-enxertos de abacateiros cv. Fortuna fertirrigados com soluções nutritivas ou adubados com Osmocote®. Escola Superior de Agricultura ‘Luiz de Queiroz’/USP, Piracicaba, SP, 2020.

Tratamento	Fixação do enxerto (%)
Solução 1	57,14 a
Solução 2	7,14 b
Solução 3	14,29 b
Osmocote®	64,29 a
Água destilada	28,57 ab
CV (%)	39,81
Valor p	0,0005

Letras diferentes indicam diferença significativa, considerando o teste de Kruskal Wallis (P≤0,05).

No segundo ciclo, as aplicações suplementares dos fertilizantes organominerais foliares Crop+® e Supa Sílica® não acarretaram diferenças entre os tratamentos para as variáveis NDPE, altura, número de folhas e Índice de clorofila foliar (Tabela 7).

Tabela 7 – Número de dias decorridos até o diâmetro de enxertia (NDPE), altura, número de folhas e índice de clorofila foliar Falker® de porta-enxertos de abacateiros da cv. Fortuna fertirrigados com Solução nutritiva ou adubados com Osmocote® + aplicações de fertilizantes organominerais foliares. Escola Superior de Agricultura ‘Luiz de Queiroz’/USP, Piracicaba, SP, 2020/2021.

Tratamento	NDPE	Altura (cm)	Número de folhas	Índice de clorofila foliar
Osmocote®	74,15 a	58,12 a	24,42 a	37,33 a
Solução 1	72,46 a	61,18 a	23,96 a	35,44 a
Osmocote® + Crop+®	67,50 a	64,12 a	23,46 a	35,00 a
Solução 1 + Crop+®	70,96 a	60,35 a	24,54 a	36,02 a
Osmocote® + Supa Sílica®	69,65 a	59,27 a	23,08 a	36,56 a
Solução 1 + Supa Sílica®	68,61 a	62,80 a	23,31 a	36,18 a
CV (%)	55,85	13,26	57,72	56,92
Valor p	0,2021 ¹	0,0883 ²	0,7528 ¹	0,1402 ¹

Letras diferentes indicam diferença significativa, considerando o teste de Kruskal Wallis¹ e o teste de Tukey², ambos a $P \leq 0,05$.

Para as variáveis destrutivas de área foliar, massa fresca e seca da parte aérea e raiz também não foram encontradas diferenças entre os tratamentos (Tabela 8), o que significa que o uso de fertilizantes foliares em adição à solução nutritiva ou ao fertilizante de liberação lenta não promoveram um maior desenvolvimento da parte aérea no período avaliado.

Tabela 8 – Área foliar, massa fresca e seca da parte aérea de porta-enxertos de abacateiros cv. Fortuna e massa fresca e seca do sistema radicular após 80 dias da enxertia de abacateiros cv. Hass sobre porta-enxertos da cv Fortuna, fertirrigados com solução nutritiva ou adubados com Osmocote® + aplicações de fertilizantes organominerais foliares. Escola Superior de Agricultura 'Luiz de Queiroz'/USP, Piracicaba, SP, 2020/2021.

Tratamento	Área foliar do porta-enxerto (cm ²)	Parte aérea do porta-enxerto (g)		Sistema radicular das mudas enxertadas (g)	
		Massa fresca ¹	Massa seca	Massa fresca	Massa seca
Osmocote®	1959,73 a	72,90 a	20,95 a	51,41 a	4,45 a
Solução 1	1993,88 a	75,63 a	20,86 a	44,54 a	3,35 a
Osmocote® + Crop+®	2299,88 a	85,55 a	23,55 a	58,40 a	4,64 a
Solução 1 + Crop+®	2052,73 a	79,08 a	21,74 a	44,16 a	3,37 a
Osmocote® + Supa Sílica®	2053,69 a	77,48 a	21,99 a	61,32 a	4,37 a
Solução 1 + Supa Sílica®	2359,12 a	85,08 a	23,78 a	53,06 a	3,85 a
CV (%)	26,77	24,61	56,55	26,07	27,47
Valor p	0,0513 ¹	0,1209 ¹	0,0680 ²	0,1906 ¹	0,1977 ¹

Letras diferentes indicam diferença significativa, considerando o teste de ¹Tukey e ²Kruskal Wallis (P≤0,05).

Em relação aos parâmetros de comprimento, diâmetro, área superficial e volume da raiz, também não foram encontradas diferenças significativas entre os tratamentos (Tabela 9).

Tabela 9 – Comprimento, área superficial e volume de raízes de porta-enxertos de abacateiros cv. Fortuna enxertados com a cultivar Hass, fertirrigados com soluções nutritivas ou adubados com Osmocote® + aplicações de fertilizantes organominerais foliares. Escola Superior de Agricultura ‘Luiz de Queiroz’/USP, Piracicaba, SP, 2020/2021.

Tratamento	Comprimento (cm)	Diâmetro (mm)	Área superficial (cm ²)	Volume (m ³)
Osmocote®	3387,8539 a	0,88 a	1019,3052 a	24,541 a
Solução 1	3403,5495 a	0,8783 a	930,8754 a	20,417 a
Osmocote® + Crop+®	4355,1222 a	0,8183 a	1214,8992 a	27,103 a
Solução 1 + Crop+®	3192,5410 a	0,8717 a	870,5240 a	18,977 a
Osmocote® + Supa Sílica®	4012,0769 a	0,98 a	1221,1533 a	29,949 a
Solução 1 + Supa Sílica®	3521,3952 a	0,906 a	1010,1435 a	23,266 a
CV (%)	31,67	14,18	30,19	31,08
Valor p	0,5031 ¹	0,4744 ¹	0,3024 ¹	0,1424 ¹

Letras diferentes indicam diferença significativa, considerando o teste de Kruskal Wallis¹ e o teste de Tukey², ambos a P≤0,05.

O material de proteção utilizado para cobrir o enxerto interferiu no sucesso da enxertia (% de fixação) e no desenvolvimento da cultivar copa (cm). O saquinho de polietileno se mostrou mais eficiente como proteção à região da enxertia, interferindo também no crescimento do enxerto mesmo após sua retirada, o que ocorreu 20 dias após a enxertia (Tabela 10).

Tabela 10 – Porcentagem de fixação e crescimento total de brotações (cm) de enxertos da cv. Hass em porta-enxertos de abacateiros cv. Fortuna fertirrigados com solução nutritiva ou adubados com Osmocote® acrescidos de aplicações de fertilizantes organominerais foliares, cobertos com saquinho de papel pão e saquinho plástico 62 dias após a enxertia. Escola Superior de Agricultura 'Luiz de Queiroz'/USP, Piracicaba, SP, 2020.

	Fixação do enxerto (%)			Crescimento do enxerto (cm)		
	Material de proteção ²			Material de proteção ²		
Adubação ¹	Plástico	Papel	Médias adubação	Plástico	Papel	Médias adubação
Osmocote®	38,46	23,08	30,77 A	4,12	8,58	6,35 A
Solução 1	84,62	46,15	65,39 A	18,85	8,31	13,58 A
Osmocote® + Crop+®	69,23	23,08	57,69 A	11,12	10,04	10,58 A
Solução 1 + Crop+®	69,23	38,46	53,85 A	13,12	6,65	9,89 A
Osmocote® + Supa Sílica®	69,23	23,08	46,15 A	14,42	9,04	11,73 A
Solução 1 + Supa Sílica®	76,92	53,85	65,39 A	17,02	9,96	13,49 A
Médias material de proteção	67,95 a	38,46 b		13,11 a	8,76 b	
CV (%)	47,40			52,81		
Valor p	0,0837 ¹	0,0002 ²		0,1252 ¹	0,0019 ²	

Letras maiúsculas (entre adubação) e minúsculas (entre material de proteção) diferem entre si pelo teste de Kruskal Wallis ($p < 0,05$). Valor p referente à adubação ⁽¹⁾ e ao material de proteção ⁽²⁾

Em relação aos teores de nutrientes verificados nas folhas das mudas do segundo ciclo após a enxertia, os valores apontam que o fertilizante de liberação lenta na formulação utilizada, usado de forma isolada ou em adição ao produto à base de silicato de potássio, acarretou em menores teores de potássio em relação aos demais tratamentos. Para esse nutriente, o tratamento que resultou no melhor teor foi a solução nutritiva acrescida do fertilizante Supa Sílica®. Quanto aos demais macronutrientes, não foram encontradas diferenças entre os tratamentos (Tabela 11).

Tabela 11 – Teores de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) em folhas de abacateiros cv. Hass enxertados sobre a cv. Fortuna, fertirrigados com soluções nutritivas ou adubados com Osmocote® acrescidos de aplicações de fertilizantes foliares. Escola Superior de Agricultura ‘Luiz de Queiroz’/USP, Piracicaba, SP, 2020/2021.

Tratamento	Macronutrientes (g Kg ⁻¹)					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Osmocote®	18,8 a	1,62 a	10,83 b	10,03 a	4,40 a	2,46 a
Solução 1	22,4 a	2,06 a	15,20 ab	10,07 a	4,57 a	2,72 a
Osmocote® + Crop+®	26,0 a	2,06 a	13,67 ab	9,43 a	4,57 a	2,59 a
Solução 1 + Crop+®	20,0 a	1,78 a	14,5 ab	8,80 a	4,10 a	2,65 a
Osmocote® + Supa Sílica®	21,6 a	1,8 a	11,93 b	10,03 a	4,6 a	2,49 a
Solução 1 + Supa Sílica®	22,8 a	2,14 a	17,83 a	9,80 a	4,07 a	2,74 a
CV (%)	11,94	14,41	13,82	27,75	19,29	8,66
Valor p	0,0718 ¹	0,2161 ¹	0,0109 ¹	0,8771 ²	0,9331 ¹	0,5718 ¹

Letras diferentes indicam diferença significativa, considerando o teste de teste de Tukey¹, Kruskal Wallis², ambos a P≤0,05.

Para o micronutriente boro, todos os tratamentos utilizando Osmocote® acarretaram em menores teores quando comparados aos tratamentos com solução nutritiva, ainda que, quando a mesma foi usada de maneira isolada, tenha apresentado um resultado intermediário. Para o micronutriente manganês, o inverso foi obtido para todos os tratamentos em que se utilizou a solução nutritiva, com valores inferiores em relação aos que utilizaram Osmocote®, ainda que, quando o mesmo foi utilizado isoladamente tenha apresentado um resultado intermediário. Para os demais micronutrientes, não foram verificadas diferenças entre os tratamentos (Tabela 12).

Tabela 12 – Teores de micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn e Zn) em folhas de abacateiros cv. Hass enxertados sobre a cv. Fortuna, fertirrigados com soluções nutritivas ou adubados com Osmocote® acrescidos de aplicações de fertilizantes foliares. Escola Superior de Agricultura ‘Luiz de Queiroz’/USP, Piracicaba, SP, 2020/2021.

Tratamento	Micronutrientes (mg Kg ⁻¹)				
	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Osmocote®	52,67 b	4,33 a	101,00 a	263,33 ab	34,33 a
Solução 1	85,67 ab	4,00 a	129,67 a	205,00 b	36,33 a
Osmocote® + Crop+®	71,33 b	5,33 a	78,33 a	340,00 a	49,33 a
Solução 1 + Crop+®	116,00 a	4,67 a	82,00 a	226,67 b	35,00 a
Osmocote® + Supa Sílica®	64,33 b	4,67 a	92,00 a	346,67 a	50,33 a
Solução 1 + Supa Sílica®	114,00 a	5,33 a	100,00 a	215,33 b	39,00 a
CV (%)	15,52	16,55	22,60	19,98	21,56
Valor p	0,0002 ¹	0,2921 ¹	0,1353 ¹	0,0193 ²	0,1442 ¹

Letras diferentes indicam diferença significativa, considerando o teste de teste de Tukey¹ e Duncan², ambos a P≤0,05.

3.4 Discussão

Castigo (2020), verificou que recipientes com 30 e 35 cm de altura e doses de fertilizantes até 3 kg m⁻³ foram as melhores opções para que porta-enxertos de abacateiro da cv. Collinson atingissem o diâmetro recomendado para a realização da enxertia (definida como 7 mm), o que ocorreu aos 125 dias após a semeadura. Já no presente estudo, considerando os 20 dias decorridos em pré-germinação, os porta-enxertos estiveram aptos para a enxertia com cerca de 88 dias e 179 dias, para os tratamentos, Osmocote® e Água destilada, respectivamente.

De acordo com Costa et al. (2011), que estudaram doses crescentes de fertilizantes de liberação lenta e de soluções nutritivas na produção de mudas de abacateiros, o fertilizante de liberação lenta promoveu um maior crescimento e desenvolvimento dos porta-enxertos de abacateiro da cultivar ‘Quintal’ comparado à solução nutritiva. Segundo os autores, para a variável altura, o aumento das doses de fertilizante de liberação lenta e solução nutritiva não promoveu o crescimento dos porta-enxertos, diferente do observado nesse trabalho durante o primeiro ciclo, já que as soluções 1 e 2, as mais concentradas, promoveram um maior crescimento em altura que o observado com o uso do adubo de liberação lenta. Já no segundo

ciclo, ainda que tenham sido aplicados fertilizantes foliares como uma segunda fonte de aporte de nutrientes, não foram verificadas diferenças para a variável altura.

Costa et al. (2011) atribuíram que o excesso de nutrientes disponibilizado às plantas é um fator limitante ao seu crescimento. No presente estudo, a superdosagem pode ser desconsiderada, pois as condutividades elétricas das soluções nutritivas foram dimensionadas considerando a sensibilidade da cultura ao índice salino (SALAZAR-GARCÍA et al., 1986; OSTER, STOTTLMYER, ARPAIA, 2007; WA'S GOVERNMENT, 2017). Shalhevet (1999) pontua que, em comparação às demais frutíferas, o abacateiro é mais sensível à salinidade, sobretudo à salinidade por cloreto.

Em relação ao diâmetro do caule, Costa et al. (2011), verificaram que não houve incremento com o aumento das doses de adubos, tanto de liberação lenta como solução nutritiva, concluindo que a menor dose poderia ser indicada.

Testes de fitotoxicidade a herbicidas com mudas de abacateiro da cv. Hass enxertada sobre a cv. Margarida, indicaram que para o tratamento controle (sem aplicação) foi obtido um valor de clorofila total equivalente a 45,02 (DA SILVA, 2019), resultado comparável ao obtido neste trabalho para os melhores tratamentos no primeiro ciclo, quando soluções mais concentradas (1 e 2) e o Osmocote® apresentaram valores superiores, indicando maiores teores de nitrogênio na planta (BACELAR et al., 2015).

Ainda que no primeiro ciclo as soluções mais concentradas tenham promovido o desenvolvimento de porta-enxertos maiores em altura e em produção de área fotossintética (Tabela 2), nem sempre esses parâmetros podem configurar uma vantagem, uma vez que no momento da enxertia, as plantas são cortadas a 20 cm de altura do colo e a sua parte aérea é descartada. Além disso, essas características podem acarretar em um maior sombreamento para as plantas dentro do viveiro, pois as folhas passam a se sobrepor, já que os saquinhos comumente são dispostos de forma adensada, apoiados uns aos outros nas bancadas dos viveiros comerciais. Segundo Reis et al. (2008), de forma geral, existe um limite no crescimento em altura das mudas em viveiro, o que pode ser determinante no desenvolvimento satisfatório das mesmas.

Com os resultados obtidos para o tratamento água destilada no primeiro ciclo, pode-se concluir que é possível produzir porta-enxertos de abacateiro sem o aporte de nutrientes via adubação, seja ela em liberação lenta ou via fertirrigação. No

entanto, o tempo para obtenção das plantas com o diâmetro de enxertia é 133,28% superior em comparação ao uso do adubo de liberação lenta Osmocote®. Esse resultado pode ser atribuído à considerável reserva de nutrientes contida na semente de abacateiro, o que o torna menos exigente em relação ao aporte de nutrientes para o desenvolvimento dos porta-enxertos (COSTA et al., 2011).

Conforme Silva et al. (1980), a semente do abacate apresenta a seguinte composição: 1,21% de N; 0,13% de P; 1,26% de K; 0,04% de Ca; 0,02% de Mg; 0,10% de S; 12 ppm de B; 43 ppm de Fe; 13 ppm de Cu; 9 ppm de Mn; 15 ppm de Zn; 0,09 ppm de Mo. Nesse contexto, vale considerar os custos envolvidos na manutenção das plantas por longos períodos no viveiro, tanto pelos tratamentos culturais aplicados como pela baixa rotatividade frente ao valor das instalações (FERREIRA et al., 2004, OLIVEIRA; SCIVITTARO; VARGAS, 2004).

Ainda sobre este tratamento, os resultados de número de folhas, massa seca da parte aérea, massa seca da raiz e da parte aérea, comprimento, área superficial e volume da raiz (Tabelas 1, 2 e 3) podem ter sido mascarados pelo período de permanência das plantas na casa de vegetação. Em cada data de avaliação e para todos os tratamentos, as plantas que atingiam o diâmetro de enxertia eram destinadas às etapas destrutivas, permanecendo aderidas ao substrato as que ainda apresentavam crescimento em diâmetro do caule menor que o recomendado.

Dessa forma, as plantas dos tratamentos que apresentaram NPDE superiores demoraram mais tempo para se desenvolverem no ambiente de cultivo. Atrelado a isso, os valores inferiores para a variável massa seca da raiz entre os tratamentos que mais aceleraram em dias o processo de produção dos porta-enxertos, podem não representar um resultado negativo, uma vez que as mudas depois de enxertadas necessitam permanecer em casa de vegetação até que estejam aptas para serem implantadas no campo, fato que poderia favorecer o desenvolvimento do sistema radicular. Diferentemente do observado neste trabalho, Costa et al. (2011), verificaram que o aumento das doses de fertilizante de liberação lenta e solução nutritiva não acarretou diferenças no acúmulo de matéria seca nas raízes, sendo os melhores resultados em ambos os casos, obtidos na menor dose aplicada.

Em relação aos parâmetros da raiz avaliados, conforme Laclau et al. (2001), as raízes finas no sistema radicular interferem na absorção de nutrientes uma vez que estão mais concentradas nos primeiros 20 cm de solo, formando uma rede que dificulta a perda de nutrientes pela lixiviação. Dessa forma, são essenciais para o

desempenho inicial das mudas no campo, pois se tornam mais resistentes a condições de estresse ambiental, assegurando maiores taxas de sobrevivência e crescimento inicial após o plantio (CASTIGO, 2020). No presente estudo, tanto as soluções nutritivas quanto o adubo de liberação lenta Osmocote® foram responsáveis pelo desenvolvimento de raízes mais finas quando comparados à água destilada.

Segundo Ferreira (2008), na produção de mudas de abacateiros, a técnica da enxertia é realizada em seedlings de tecidos ainda herbáceos com diâmetro aproximado de 5 a 7 mm. No entanto, nos resultados obtidos no primeiro ciclo deste trabalho, as plantas que atingiram o diâmetro pré-fixado (0,8cm) em um menor período (Solução 1 e Osmocote®, Tabela 3) tiveram uma maior porcentagem de fixação do enxerto (Tabela 6). Isso porque quando foram enxertadas, os porta-enxertos já haviam excedido esse diâmetro, uma vez que a enxertia foi procedida no mesmo dia para todos os tratamentos.

Jacomino et al. (2000a) obtiveram porcentagens de fixação variáveis no processo de enxertia da cultivar Geada em porta-enxertos com 1 cm de diâmetro conforme a proteção do enxerto utilizada, sendo o maior valor com o uso do parafilme (80,36%), o menor com o uso do parafilme + vaselina (0%) e valores intermediários com o uso de sacos de polietileno (36,19%). Para Mindêllo Neto et al. (2004), o uso de sacos de polietileno como proteção do enxerto em abacateiros da cv. Herculano acarretou em fixação de 47,37% e o uso do parafilme, 78,34%. O parafilme é um material à prova d'água, muito maleável e flexível, podendo ser aplicado sobre a área a ser protegida e ajustado à região enxertada (JACOMINO et al., 2000b), no entanto, têm um custo elevado, o que pode onerar o processo de produção das mudas.

Com exceção do micronutriente boro, os teores de nutrientes verificados nas folhas após a enxertia do segundo ciclo foram compatíveis com os considerados críticos para árvores adultas conforme Lahav, Whiley e Turner (2015): de 1,6 a 3,0% de nitrogênio, de 0,14 a 0,3% de fósforo, de 0,9 a 3,0% de potássio, de 0,5 a 4,0% de cálcio, de 0,15 a 1,00% de magnésio, de 0,05 a 1,00% de enxofre, e para os micronutrientes (mg kg^{-1}), manganês de 10 a 1000, ferro de 20 a 200, zinco e boro de 10 a 100, cobre de 2 a 25. Apesar de alguns níveis de boro verificados estarem superiores à faixa considerada crítica, as plantas não apresentaram sintomas de toxicidade. Bard e Wolstenholme (1977), também não visualizaram sintomas de

excesso de boro em pomares de abacateiros com teores de boro acima do limite. O teor do boro adequado é essencial para a formação de novas células no processo de crescimento da planta (IWAI et al., 2006).

Diversos estudos evidenciam que o teor de potássio na fase de produção de muda pode ser atrelado ao engrossamento do caule (GONÇALVES, 1995; SANTOS, 2008; VALERI, CORRADINI, 2000). Neste ciclo, a combinação da solução nutritiva 1 e do fertilizante foliar Supa Sílica® acarretou em maiores valores do nutriente (Tabela 11), mas ainda assim, este tratamento não promoveu o engrossamento do caule em um menor período quando comparado aos demais tratamentos.

O maior teor de potássio verificado no resultado da análise foliar para este tratamento se deve não só à alta proporção do nutriente na solução nutritiva, como também ao aporte decorrente da aplicação do fertilizante foliar Supa Sílica®, o qual é composto por silicato de potássio. Apesar de não ser classificado como um elemento essencial para o desenvolvimento e crescimento das plantas, o silício é capaz de oferecer vantagens significativas a elas.

Em termos fisiológicos, o elemento se relaciona com uma maior atividade fotossintética, supressão às pragas, resistência ao ataque de microrganismos fitopatogênicos, indução de reações metabólicas formadoras de compostos que beneficiam as plantas na tolerância à seca, como fitoalexinas e lignina (POZZA et al., 2004). Também intensifica a atividade de enzimas como quintinases, peroxidase e polifenoloxidasas, que estão relacionadas com a pós-colheita e a resistência à patógenos (LIANG et al., 2005). Foram relatados efeitos benéficos do uso do elemento em pomares de abacateiro, sobretudo envolvendo a supressão ao patógeno *Phytophthora cinnamomi* (DANN; LE, 2017; BEKKER et al., 2014). O silicato de potássio vem sendo utilizado em viveiros e em plantas adultas de abacateiros na África do Sul e na Austrália, com o objetivo de induzir a uma maior rusticidade e consequente tolerância a estresses nas condições de campo (TATIANA CANTUÁRIAS)¹.

Os maiores valores de manganês observados para os tratamentos compostos por Osmocote® (Tabela 12) podem ser explicados pela distribuição mais eficiente dos nutrientes no volume de substrato com o uso do adubo de liberação de liberação

¹ Informação Pessoal.

lenta (SCIVITTARO; OLIVEIRA; RADMANN, 2004) se comparados aos fornecidos via fertirrigação, que aumenta as chances de lixiviação (BACKES et al., 2007).

Embora os tratamentos utilizando o produto Crop+® não tenham acarretado em maiores teores de nutrientes na planta verificados pela análise foliar, segundo Frausto (2013), a formulação tem como objetivo reduzir os efeitos negativos de estresses bióticos e abióticos, possibilitando que a planta se desenvolva mais próximo ao seu potencial genético, ao atuar no metabolismo da planta e estimular a expressividade de maior vigor vegetativo (PELOSO, 2020). A redução de estresse foi verificada por Constantin et al. (2020), ao utilizarem a formulação para atenuar os danos causados pela aplicação do glifosato na soja.

3.5 Conclusão

O adubo de liberação lenta Osmocote® na formulação utilizada resultou em porta-enxertos de abacateiros 'Fortuna' aptos para enxertia em menor tempo, e, mesmo com desenvolvimento intermediário da parte aérea e do sistema radicular, acarretou em maiores porcentagens de fixação do enxerto de 'Hass', juntamente com a solução mais concentrada.

Resultados favoráveis apontam para o uso de soluções mais concentradas no intuito de antecipar o desenvolvimento das mudas de abacateiros.

É possível produzir porta-enxerto da cultivar Fortuna em substrato à base de casca de pinus sem realizar o aporte de nutrientes, porém, em período prolongado.

É desnecessário aportar nutrientes por meio da aplicação de fertilizantes foliares durante a produção de porta-enxertos de abacateiros cv. Fortuna, os quais interferiram pontualmente na composição de macro e micronutrientes das mudas após enxertadas com a cv Hass.

Referências

ALBERTI, M.F.; BROGIO, B.A.; SILVA, S.R.; CANTUARIAS-AVILÉS, T.; FASSIO, C. Avances en la propagación del aguacate. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 40, 2018. DOI: 10.1590/0100-29452018782.

ANDERSON, G. Nursery programs and techniques. In: AUSTRALIAN AVOCADO RESEARCH WORKSHOP, 1977, Woolongbar. **Proceedings ...** Woolongbar: New South Wales, Department Agriculture, 1977, p. 26-30.

BACELAR, B.M.F.S.; SALMAN, A.K.D.; ALVES, E.A.; CRUZ, P.G. da; MENDES, A.M. **Uso do medidor de clorofila portátil (clorofilômetro) na adubação nitrogenada de pastagens**. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2015. 21 p.

BACKES, C.; FERNANDES, F.M.; KROHN, N.G.; LIMA, C.P.; KIIHL, T.A.M. Produção de pimenta ornamental em função de substratos e doses de adubação com fertilizantes de liberação lenta e tradicional. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 6, p. 67-76, 2007.

BEKKER, T.F.; Labuschagne, N.; Aveling, T.; Regnier, T.; Kaiser, C. Effects of soil drenching of water-soluble potassium silicate on commercial avocado (*Persea americana* Mill.) orchard trees infected with *Phytophthora cinnamomi* Rands on root density, canopy health, induction and concentration of phenolic compounds. **South African Journal of Plant and Soil**, v. 31, n. 2, p. 101–107, 2014.

BORGES, A.L.; COELHO, E.F. **Fertirrigação em fruteiras tropicais**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2009. 179 p.

CASTIGO, M.A.A.V. **Alturas de recipiente e doses de fertilizante de liberação lenta na produção de porta-enxerto de abacateiro**. 2020. 86p. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Fitotecnia), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2020.

CAMPOS, J.S. **Cultura racional do abacateiro**. São Paulo: Ícone, 1988. 150 p.

CASTRO, M.; FASSIO, C. **Evaluación agronômica de nuevos portainjertos de palto em distintas zonas agroclimáticas de Chile**. Valparaíso: Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, 2013. 23 p. (Manual Técnico, 2).

CONSTANTIN, J.; BRAZ, G.B.P.; OLIVEIRA JUNIOR, R.S. de; ANDRADE, C.L.L. de; PEREIRA, B.C.S; MACHADO, F.G. Performance of RR soybean submitted to postemergence application of glyphosate with a foliar elicitor product. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 87, p. 1-10, e0492019, 2020.

COSTA, A.C; DECARLOS NETO, A.; RAMOS, J.D.; BORGES, D.I. Alternativas para adubação de porta-enxertos de abacateiro ‘Quintal’ e seu efeito no pegamento de enxertia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 4, p. 1283-1293, 2011.

COSTA, P.C.; DIDONE, E.B.; SESSO, T.M.; CAÑIZARES, K.A.L; GOTO, R. Condutividade elétrica da solução nutritiva e produção de alface em hidroponia. **Scientia Agricola**, v. 58, n. 3, p. 595-597, 2001.

DANN, E.K.; LE, D.P. Effects of Silicon Amendment on Soilborne and Fruit Diseases of Avocado. **Plants**, v. 6, n. 51, p. 1-15, 2017.

DA SILVA, D. M. **Sensibilidade a herbicidas e uso de gesso agrícola em sistema de produção consorciados com abacateiros e culturas anuais**. 2019. 109p. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia - Produção Vegetal), Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2019.

ERNST, A.A.; WHILEY A.W.; BENDER, G.S. Propagación. In: WHILEY, A.W.; SCHAFFER, B.; WOLSTENHOLME, B.N. (Eds.). **El Aguacate**: Botánica, Producción y Usos. Valparaíso: Ediciones Universitarias de Valparaíso, 2015. p. 283-320.

FERREIRA, B.D.P. **Propagação do abacateiro (*Persea sp.*) por estaquia e mergulhia**. 2008. 76p. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Fitotecnia), Universidade Federal do Rio Grande de Sul, Porto Alegre, RS, 2008.

FERREIRA, E.M.; ALFENAS, A.C.; MAFIA, R.G.; LEITE, H.G.; SARTORIO, R.C.; PENCHEL FILHO, R.M. Determinação do tempo ótimo do enraizamento de miniestacas de clones de *Eucalyptus* spp. **Revista Árvore**, v. 28, n. 2, p. 183-187, 2004.

FRAUSTO, T. Grupo Cultivar; FMC lança linha Fertis para saúde e nutrição de plantas, 2013. Disponível em: <https://revistacultivar.com.br/noticias/fmc-lanca-linha-fertis-para-saude-e-nutricao-de-plantas>. Acesso em: 2 fev. 2023.

GIRARDI, E.A.; MOURÃO FILHO, F.A.A.; GRAF, C.C.D.; OLIC, F.B. Influence of soluble and slow-release fertilizers on vegetative growth of containerized citrus nursery trees. **Journal of Plant Nutrition**, Philadelphia, v. 28, n. 9, p. 1465-1480, 2005.

GONÇALVES, J.L.M. **Recomendações de adubação para *Eucalyptus*, *Pinus* e Espécies Típicas da Mata Atlântica**. Piracicaba: Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 1995. 23p. (Documentos Florestais, n.15)

GOVERNMENT OF WESTERN AUSTRALIA. 2017. **Growing avocados - irrigation principles**. Disponível em: www.agric.wa.gov.au/spring/growing-avocados-irrigation-principles?page=0%2C3. Acesso em: 08 fev. 2023.

IWAI, H.; HOKURA, A.; OISHI, M.; CHIDA, H.; ISHII, T.; SAKAI, S.; SATOH, S. The gene responsible for borate cross-linking of pectin Rhamnogalacturonan-II is required for plant reproductive tissue development and fertilization. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 103, p. 16592– 16597, 2006.

JACOMINO, A.P.; MINAMI, K.; KLUGE, R.A.; KISHINO, A.Y. Métodos de proteção de enxerto na produção de mudas de mangueira, abacateiro e noqueira-macadâmia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n. 10, p. 1985-1990, 2000a.

JACOMINO, A.P.; MINAMI, K.; SCARPARE FILHO, J.A.; KLUGE, R.A. Processos de proteção dos garfos na enxertia da mangueira. **Scientia Agrícola**, v. 57, n. 1, 2000b.

KOLLER, O.C. **Abacaticultura**. Porto Alegre: Ed. Da Universidade UFRGS, 1992. 138p.

LACLAU, J.P.; ARNAUD, M.; JEAN-PIERRE, B.; RANGER, J. Spatial distribution of *Eucalyptus* roots in a deep sandy soil in the Congo: relationships with the ability of the stand to take up water and nutrients. **Tree Physiology**, v. 21, p. 129-136, 2001.

LAHAV, E. Avocado nutrition - A review. In: WORLD AVOCADO CONGRESS, 3., Tel Aviv. **Proceedings...** Tel Aviv: ISHS, 1995. p. 143-159.

LAHAV, E.; WHILEY, A.W.; TURNER, D.W. Riego y Nutrición mineral. In: SCHAFFER, B.; WOLSTENHOLME, B. N.; WHILEY, A. W. (Eds). **El Aguacate: Botánica, Producción y Usos**. Valparaíso: Ediciones Universitarias de Valparaíso, 2015. p. 357-404.

LANDGRAF, M.D. Fertirrigação. In: NUNES, R. R.; REZENDE, M. O. (Eds). **Recurso solo: propriedades e usos**. São Carlos: Editora Cubo, 2015. p.719-750.

LEONEL, S.; SAMPAIO, A.C. **Abacate: aspectos técnicos da produção**. São Paulo: Universidade Estadual Paulista, Cultura Acadêmica Editora, 2008. 239p.

LIANG, Y.C.; SUN, W.C.; SI, J.; RÖMHELD, V. Effects of foliar- and root-applied silicon on the enhancement of induced resistance to powdery mildew in *Cucumis sativus*. **Plant Pathology**, v. 54, p. 678-685, 2005.

LOBIT, P.; LÓPEZ-PÉREZ, L.; CÁRDENAS-NAVARRO, R.; CASTELLANOS-MORALES, V.C.; RUIZ-CORRO, R. Effect of ammonium/nitrate ratio on growth and development of avocado plants under hydroponic conditions. **Canadian Journal of Plant Science**, p. 99-103, 2018.

MALO, S.E. Mineral nutrition of avocados. In: SAULS, J.W.; PHILLIPS, R.L.; JACKSON, L. K. (eds.). **The Avocado**. Gainesville: Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida, 1976. p. 42-46.

MATTOS JÚNIOR, D.; RAMOS, U.M.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, P.R. Nitrogênio e cobre na produção de mudas de citros em diferentes porta-enxertos. **Bragantia**, v.69, n.1, p.135-147, 2010.

MINDÊLLO NETO, U.R.; TORRES, A.N.L.; HIRANO, E.; BALBINOT JÚNIOR, A. A.; BREY, I.O.; PETERS, E. Influência da proteção do enxerto na produção de mudas de abacate. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 26, n. 1, p. 189-190, 2004.

OLIVEIRA, R.P. de; SCIVITTARO, W.B.; VARGAS, J.R. **Tecnologia para produção de mudas de citros: fita plástica x fita degradável na enxertia**. Pelotas: Embrapa, Comunicado técnico nº 98, 2004, 4 p.

OSTER, J.D.; STOTTLMYER, D.E.; ARPAIA, M.L. Salinity and Water Effects on 'Hass' Avocado Yields. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 132, n. 2, p. 253–261, 2007.

PELOSO, L.R. **Comparativo da eficiência de produtos foliares em préflorada no pegamento de florada em cafezal**. 2020. 21p. Trabalho de conclusão de curso (graduação em engenharia agrônoma), Centro Universitário do Sul De Minas – Varginha, MG, 2020.

POZZA, A.A.A.; ALVES, E.; POZZA, E.A.; CARVALHO, J.G.; MONTANARI, M.; GUIMARÃES, P.T.G.; SANTOS, D.M. Efeito do silício no controle da cercosporiose em três variedades de cafeeiro. **Fitopatologia Brasileira**, v. 29, n. 2, p. 185-188, 2004.

REIS, E.R dos; LÚCIO, A.D.C.; FORTES, F.O.; LOPES, S.J.; SILVEIRA, B.D da. Período de permanência de mudas de *Eucalyptus grandis* em viveiro baseado em parâmetros morfológicos. **Revista Árvore**, v. 32, n. 5, p.809-814, 2008.

SALAZAR-GARCÍA, S.; CORTÉS-FLORES, J.I.; ALCALDE-BLANCO, S.; LARA, G.P.Z. Daños por salinidad en árboles de aguacate "Fuerte" en Atlixco, Puebla. **Sobretiro de Agrociencia**, v. 68, 1986.

SANTOS, A.C.V. dos. Produção de mudas florestais. Niterói: Programa Rio Rural, 2008. 20 p. (Programa Rio Rural. Manual Técnico; 6)

SAS INSTITUTE. **SAS/STAT**: user's Guide. Version 9.2. Cary: SAS Institute, 7869p., 2009.

SCIVITTARO, W.B.; OLIVEIRA, R.P.; RADMANN, E.B. Doses de fertilizante de liberação lenta na formação do porta-enxerto 'trifoliata'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, n. 3, p. 520-523. 2004.

SHALHEVET, J. Salinity and water management in avocado. In: ARPAIA, M. L.; HOFSHI, R. (Eds.), **Proceedings of Avocado Brainstorming**. Riverside: CA. Hofshi Foundation, 1999. Chap. 4. p. 84-91.

SILBER, A. Fertigation frequency and nutrient uptake by plants: Benefits and constraints. **International Fertiliser Society**, v. 571, 35p, 2005.

SILVA, A.Q.; SILVA, H.; MALAVOLTA, E. Composição mineral de frutos de abacateiro (*Persea americana* Mill) na colheita. **Agropecuária Técnica**, v. 1, n. 1, p. 1-6, 1980.

SILVA, S. R. da. **Manejo da podridão radicular (*Phytophthora cinnamomi*) na cultura do abacateiro**. 2015. 122p. Tese (Livre-Docência). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2015.

VALERI, S.V.; CORRADINI, L. Fertilização em viveiro para produção de mudas de *Eucalyptus* e *Pinus*. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. p.168-190.

WHILEY, A.W. **Avocado production in Asia and the Pacific**. Bangkok: Food and agriculture organization of the United Nations regional office for Asia and the Pacific Bangkok, 2000. p. 4-14.

WHITSELL, R.H; MARTIN, G.E.; BERGH, B.O; LYPPS, A.V.; BROKAW, W.H. **Propagating avocados**: principles and techniques of nursery and field grafting. Berkeley: University of California, Division of Agriculture and Natural Resources, 1989. 30 p. (Publication, 21461).

ZAMBROSI, F.C.B.; MATTOS JUNIOR, D.; FURLANI, P.R.; QUAGGIO, J.A.; BOARETTO, R.M. Eficiência de absorção e utilização de fósforo em porta-enxertos cítricos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 2, p. 485-496, 2012.

4 PRODUÇÃO DE PORTA-ENXERTOS DE ABACATEIROS PELA TÉCNICA AIR PRUNING

Resumo

A malformação do sistema radicular tem como causa mais comum o uso de recipientes inadequados responsáveis pela distribuição anormal de raízes laterais e superficiais. Mudanças com sistema radicular enovelado podem apresentar problemas de baixa taxa de sobrevivência, quando plantadas em épocas de déficit hídrico, acarretando desuniformidade no talhão. A técnica denominada *air pruning* tem sido muito utilizada com a finalidade de melhorar a arquitetura da raiz, reduzindo seu enovelamento. Consiste na exposição do substrato ao ar, forçando a dessecação da ponta da raiz, o que culmina no aumento de ramificações e diminuição das deformidades radiculares. Este trabalho objetivou verificar os parâmetros de crescimento e desenvolvimento de porta-enxertos de abacateiros utilizando a técnica *air pruning* em comparação ao método convencional utilizado em viveiros. O experimento foi conduzido em casa de vegetação com sementes de abacate da cv. Fortuna lavadas em água corrente e desinfestadas por imersão em solução do fungicida Orthocide® (2,4 g L⁻¹, 50% captan). A semeadura foi feita após a fase de pré-germinação, em saquinhos plásticos e vasos de sistema *air pruning*, ambos com capacidade para 4,5 litros de substrato comercial à base de casca de pinus. Os tratamentos constituíram em saquinhos pretos de plástico (T1) e vasos *air pruning* (T2), dispostos em delineamento inteiramente casualizado com 30 repetições. Foram mensuradas as variáveis altura, diâmetro e Índice de clorofila foliar, durante a fase de produção do porta-enxerto. Todas as plantas foram avaliadas a cada 10 dias, com o término das mesmas aos 60 dias. Para as análises destrutivas de área foliar massa fresca e massa seca da parte aérea e do sistema radicular, volume, área superficial, comprimento e diâmetro das raízes dos porta-enxertos, foram utilizadas 12 plantas de cada tratamento. As plantas dispostas nos vasos *air pruning* enfolharam 10,83% mais, com 22,2 folhas em comparação às 20 folhas observadas para as plantas dos saquinhos, com 10,7% de área foliar superior. O comprimento total e o diâmetro médio das raízes providas do sistema *air pruning* apresentaram valores superiores e inferiores, de 4193,94 (cm) e 1,09 (mm), quando comparados aos observados nos saquinhos plásticos, que foram de 3160,86 (cm) e 1,27 (mm), respectivamente. Os porta-enxertos cultivados em vasos do sistema *air pruning* emitiram um maior número de folhas, com conseqüente área foliar, massa fresca e seca da parte aérea superiores, e um sistema radicular mais comprido e fino, evidenciando uma estrutura com maior ramificação em relação às plantas do sistema convencional, produzidas em saquinhos plásticos. A técnica de *air pruning* promoveu melhor desenvolvimento dos porta-enxertos de abacateiro em comparação aos saquinhos.

Palavras-chave: *Persea americana* Mill., Vasos, Saquinhos, Recipientes, Sistema radicular, Enovelamento

Abstract

The most common root system malformation cause is the use of inadequate containers, leading to abnormal lateral and superficial root distribution.

Seedlings with a twisted root system may present low survival rates when planted during water deficit periods, causing stand unevenness. In this regard, the air pruning technique has been widely employed to improve root architecture, reducing root tangling. This method consists in exposing the substrate to air, forcing root tip desiccation, and leading to increased branching and decreased root deformities. This study aimed to verify avocado rootstock growth and development parameters employing the air pruning technique in comparison to the conventional method applied in nurseries. The experiments were conducted in a greenhouse with Fortuna cv. avocado seeds washed under running water and disinfected by immersion in an Orthocide® fungicide solution (2.4 g L⁻¹, 50% captan). Sowing was conducted after the pre-germination phase, in 4.5 L plastic bags and air pruning pots, using a commercial pine bark-based substrate. The treatments consisted of black plastic bags (T1) and air pruning pots (T2), arranged in an entirely randomized design comprising 30 repetitions. Height, diameter and leaf chlorophyll index were determined during the rootstock production phase. All plants were evaluated every 10 days and were terminated at 60 days. Concerning the destructive leaf area analysis, the fresh and dry aerial portion and root system masses and rootstock root volume, surface area, length and diameter were assessed in 12 plants from each treatment. The plants arranged in the air pruning pots developed 10.83% more leaves, with 22.2 leaves compared to 20 leaves observed for the bag plants, presenting a 10.7% higher leaf area. The total root length and average diameter in the air pruning system presented higher and lower values of 4193.94 (cm) and 1.09 (mm) compared to those grown in the plastic bags, of 3160.86 (cm) and 1.27 (mm), respectively. Rootstocks grown in the air pruning system emitted more leaves, and, consequently, presented greater leaf area, fresh and dry aerial portion masses, and a longer and thinner and, therefore, more branched root system than plants from the conventional system grown in plastic bags. The air pruning technique led to better avocado rootstock development compared to bags.

Keywords: *Persea americana* Mill., Pots, Plastic bags, Root system, Tangling roots

4.1 Introdução

Existem medidas que podem ser adotadas durante o processo de produção das mudas de abacateiros, seja com o intuito de reduzir o período necessário para a sua obtenção, quanto para torná-las mais preparadas e resistentes para o plantio definitivo no campo. Dentre elas, são verificadas as técnicas que favorecem a germinação das sementes (WHILEY; WHILEY, 2005) e o desenvolvimento das mudas, como o uso de soluções nutritivas aplicadas em substrato via fertirrigação (SOUSA et al., 2011).

Durante o período de permanência das mudas nos viveiros, um ponto importante verificado em espécies arbóreas consiste na malformação do sistema

radicular, que tem como causa mais comum o uso de recipientes inapropriados responsáveis pela distribuição anormal de raízes laterais e superficiais, que afetam a arquitetura do sistema radicular e interferem no sucesso do plantio definitivo em campo (MAFIA, 2005). Mudanças que possuem sistema radicular envelhecido podem apresentar baixa taxa de sobrevivência quando plantadas em períodos com escassez de água, o que pode resultar na desuniformidade do talhão (REIS et al., 1991).

Nesse cenário, a técnica denominada poda aérea (*air pruning*) tem sido empregada com o objetivo de melhorar a arquitetura da raiz, reduzindo seu envelhecimento. Consiste na exposição do substrato ao ar, forçando a dessecação da ponta da raiz, o que culmina no aumento de ramificações e diminuição das deformidades radiculares (MUNROE; MCGRATH; HENRY, 2018, ORLANDER, 1982).

Em testes realizados com vasos dessa tecnologia, os recipientes com furos nas paredes produziram um sistema radicular bem equilibrado, com número e comprimento das raízes secundárias bem distribuídos ao longo do torrão, consequência da poda aérea natural promovida nas raízes laterais (ORTEGA et al., 2006).

Neste sentido, este trabalho objetivou verificar os parâmetros de crescimento e desenvolvimento de porta-enxertos de abacateiros utilizando o método convencional, com a produção em sacolas plásticas versus a adoção de vaso com sistema *air pruning*.

4.2 Material e Métodos

O experimento foi conduzido em casa de vegetação situada no Departamento de Produção Vegetal da USP/ESALQ, em Piracicaba, São Paulo, em novembro de 2020. Os valores de temperatura e umidade relativa do ar foram registrados a cada 10 minutos por um datalogger modelo AKSO® (Figura 1), instalado na casa de vegetação à altura das bancadas.

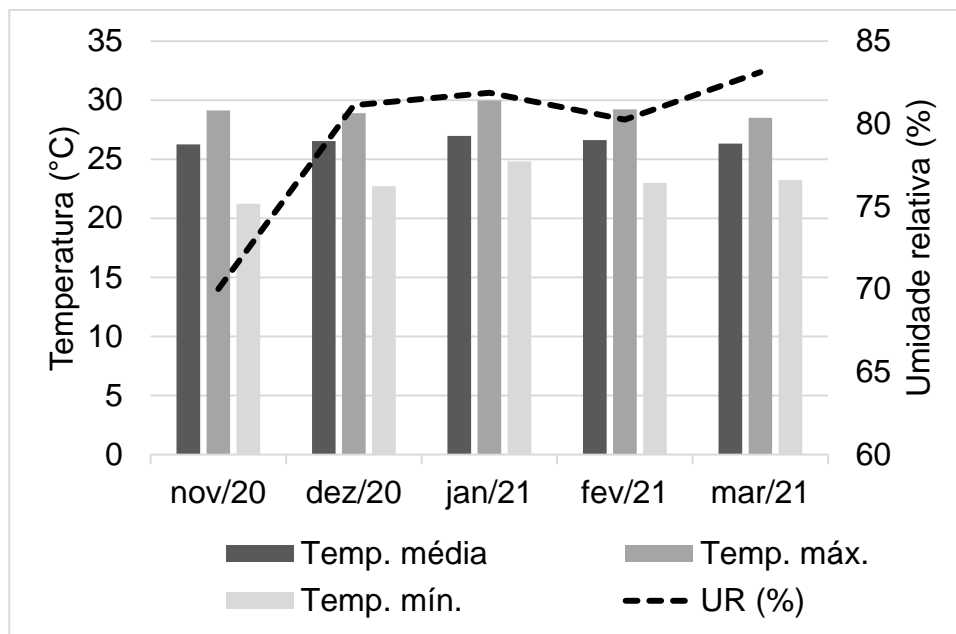


Figura 1 – Temperatura média, máxima e mínima e umidade relativa do ar registradas na casa de vegetação durante o período experimental. Escola Superior de Agricultura 'Luiz de Queiroz'/USP, Piracicaba, SP, 2020/2021.

As sementes de abacate da cv. Fortuna oriundas de frutos com maturidade fisiológica (teor de matéria seca acima de 19%) foram lavadas em água corrente, desinfestadas por imersão em solução do fungicida Orthocide® (2,4 g L⁻¹, 50% captan) e escarificadas com um ralador na base, de modo a não retirar mais que 5 mm de espessura do tecido. A semeadura foi feita após a fase de pré-germinação em fibra de côco durante 20 dias. Foram transferidas 30 plântulas para saquinhos plásticos pretos (tratamento 1) e 30 plântulas para vasos de sistema *air pruning* (tratamento 2), ambos com capacidade para 4,5 litros de substrato (Figura 2).

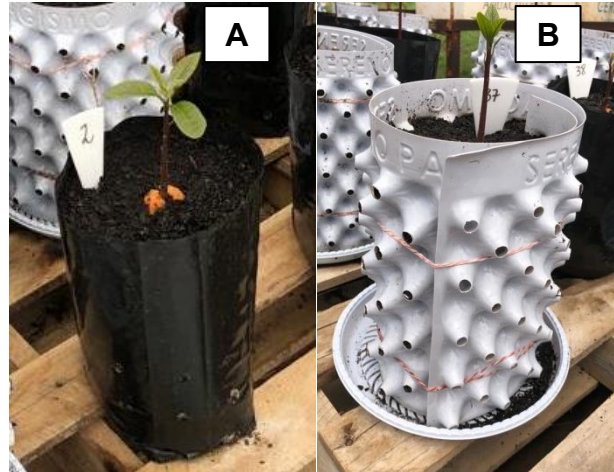


Figura 2 - Plântulas de abacateiros cv. *Fortuna* transplantadas em (a) saquinhos plásticos pretos, correspondendo ao método convencional de produção de mudas, e (b) vasos de plástico do sistema de poda aérea (*air-pruning*). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”/USP, Piracicaba, SP, 2020.

O substrato comercial utilizado foi o Tropstrato HT Hortaliças, composto por casca de pinus, turfa, vermiculita, PG Mix 14.16.18, Nitrato de Potássio e Superfosfato Simples ($CE = 2,0 \text{ mS cm}^{-1}$ e $CRA = 130 \text{ p/p}$). A irrigação foi manual e diária para todas as plantas de ambos os tratamentos.

Para as avaliações, foram considerados:

1. *Diâmetro do caule e altura do porta-enxerto*: o diâmetro do caule foi medido com um paquímetro digital (mm) a 20 centímetros de altura do colo da plântula, até que fosse atingido o diâmetro de enxertia, que corresponde a 0,8 cm nessa região (CAMPOS, 1988). A altura foi medida na região do colo até o último par de folhas, com uma régua graduada em centímetros. Ambas as avaliações foram iniciadas quando as plantas apresentaram altura superior a 20 cm e procedidas a cada 10 dias até os 60 dias após o transplantio. Os valores foram expressos em taxa de crescimento ao dia (mm dia^{-1}) para o diâmetro e (cm dia^{-1}) para a altura.
2. *Número de folhas*: a cada 10 dias, foi realizada a contagem das folhas totalmente expandidas para a determinação do número médio de folhas no porta-enxerto até o momento da enxertia.
3. *Área foliar do porta-enxerto*: a determinação da área foliar foi realizada por um sistema digital integrador de área (*Licor LI 3100*). A área foliar de cada planta (cm^2) foi mensurada através do somatório da área foliar de todas as suas folhas.

4. Índice de clorofila foliar Falker®: avaliado pelo medidor portátil Clorofilog Falker®, sendo as folhas padronizadas em maduras e totalmente expandidas, avaliadas em dois pontos na porção proximal separados pela nervura central. As avaliações foram iniciadas a partir da emissão do primeiro par de folhas, sendo essas marcadas para as avaliações posteriores, que foram intercaladas a cada 10 dias, totalizando 6 avaliações no período.

5. Massa fresca e massa seca da parte aérea e do sistema radicular: ao fim do experimento foram mensurados os valores de massa fresca e massa seca com o auxílio de uma balança de precisão e estufa na qual as amostras foram secas em temperatura 62 °C por 72 horas ou até peso constante.

6. Volume, área superficial, comprimento total e diâmetro médio das raízes do porta-enxerto: as raízes das plantas foram submetidas à análise destrutiva para a quantificação do volume, área superficial, comprimento e diâmetro das raízes, por meio do uso dos equipamentos *scanner XL 10000*, *Epson®* e o software *WinRhizo®*. Para isso, as raízes foram lavadas com cuidado para a retirada de todas as partículas do substrato, sendo armazenadas em solução de água:álcool na proporção de 4:1 para posterior análise.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com 2 tratamentos, sendo utilizadas 30 repetições para as variáveis de altura, diâmetro e Índice de clorofila foliar, durante a fase de produção do porta-enxerto. Todas as plantas destinadas ao experimento foram avaliadas a cada 10 dias até os 60 dias. Para as análises destrutivas, ao fim do experimento, foram utilizadas 12 plantas de cada tratamento.

O software estatístico SAS foi utilizado para execução das análises estatísticas dos dados, sendo considerado um nível de significância de 5%. Os dados que não atenderam os preceitos da análise de variância foram submetidos à transformação pelo método de Box-Cox e, quando, ainda assim, não cumpriram os requisitos, foram submetidos ao teste não paramétrico de Kruskal-Wallis. Os demais foram comparados pelo teste t de Student.

4.3 Resultados e Discussão

Nenhuma diferença estatística foi observada entre os tratamentos para a avaliação da taxa de crescimento das plantas, tanto em diâmetro (mm dia⁻¹, Figura

3A), quanto em altura (cm dia^{-1} , Figura 3B). Para o número de folhas emitidas pelas plantas no decorrer de 60 dias, aquelas dispostas nos vasos *air pruning* apresentaram 10,83% a mais, com 22,2 folhas quando comparadas aos do saquinho que apresentaram 20 folhas (Figura 3C). Conseqüentemente, a área foliar verificada também foi superior para as plantas nos vasos *air pruning*, sendo 10,7 % superior àquelas que estavam no saquinho (Figura 3D).

O Índice de clorofila foliar não foi diferente entre os dois tratamentos (Figura 3E) e os vasos *air pruning* promoveram maior desenvolvimento da parte aérea, tanto em massa fresca quando em massa seca (Figura 3F).

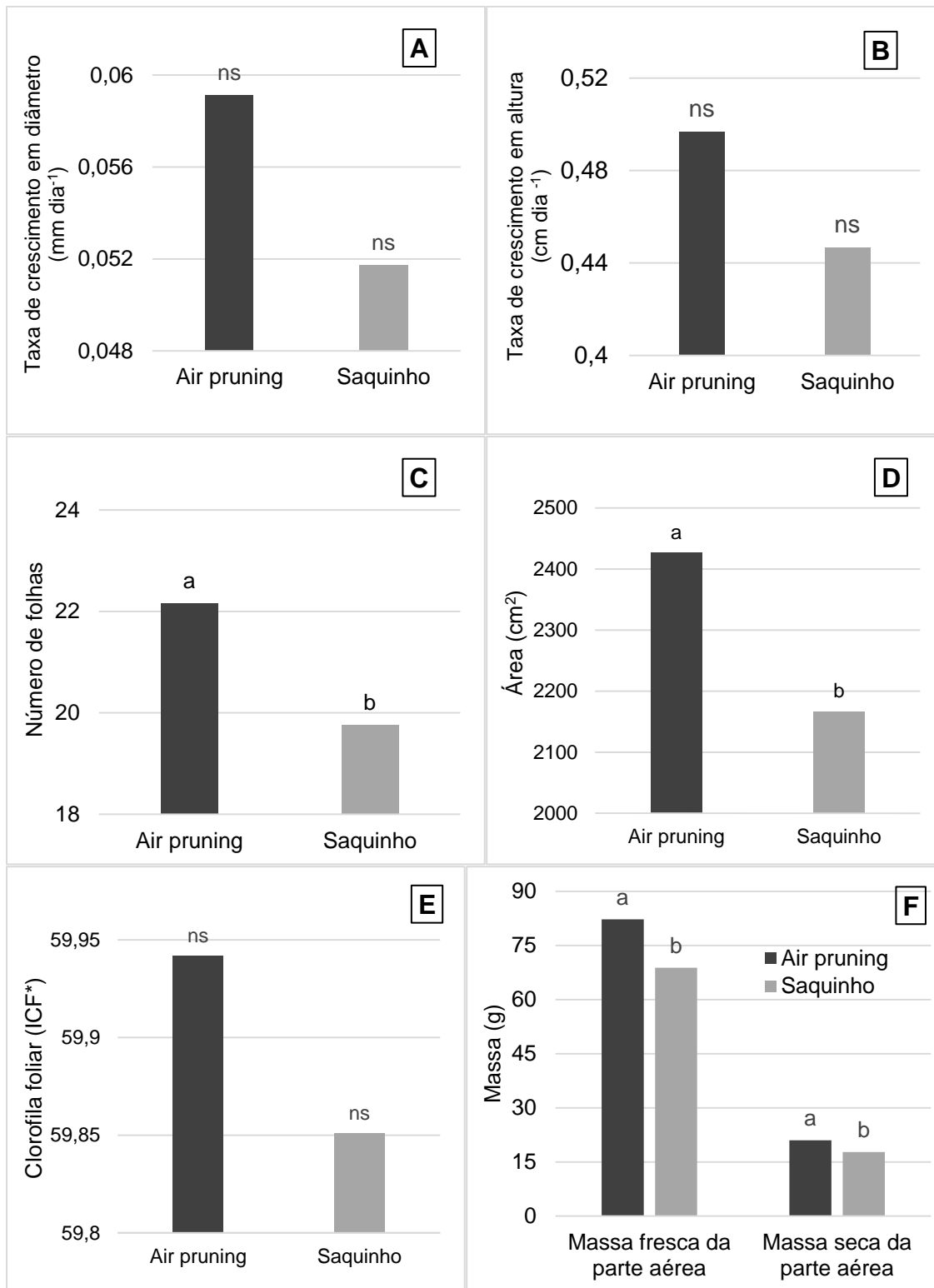


Figura 3 – Crescimento de porta-enxertos de abacateiros da cultivar Fortuna, em diâmetro (A) e altura (B), número de folhas emitidas no período (C), área foliar (D), Índice de clorofila foliar (E), massa fresca e massa seca da parte aérea (F). Escola Superior de Agricultura 'Luiz de Queiroz'/USP, Piracicaba, SP, 2020. Letras diferentes indicam diferença significativa entre os tratamentos, considerando para todas as variáveis o teste de t de Student, exceto número de folhas, em que se aplicou Kruskal Wallis ($P \leq 0,05$).

Conforme Maguire e Harun (2007), independentemente do tamanho do vaso final, plantas de *Elaeagnus x ebbingei* que foram enraizadas em sistema de poda aérea de raiz ficaram pelo menos 36% mais altas, com três a cinco vezes mais ramos e peso da parte aérea duas a cinco vezes maior em comparação com aquelas desenvolvidas em bandejas de células individuais. No presente estudo, embora não tenham sido verificadas diferenças entre os tratamentos para as variáveis crescimento do porta-enxerto em diâmetro e altura, para o número de folhas e área foliar total houve influência do tratamento. Isso pode ser explicado pelo encurtamento de entrenós das plantas acondicionadas nos vasos do sistema *air pruning*, de forma que elas emitiram um maior número de folhas, resultando em valor superior para área foliar e massa fresca e seca da parte aérea.

Maguire e Harun (2007) mencionaram que ao contrário das plantas produzidas no sistema convencional, as plantas submetidas à poda aérea de raiz aumentaram de tamanho à medida que o tamanho dos vasos aumenta, constituindo uma técnica para acelerar a produção de mudas de espécies de grande porte. Neste trabalho, as plantas foram mantidas no mesmo recipiente, de forma que o volume do vaso se manteve o mesmo, do início ao fim das avaliações.

Em relação ao sistema radicular, não foram verificadas diferenças entre os dois tratamentos para a massa seca e massa fresca da raiz (Figura 4A). Para os parâmetros analisados no Winrhizo, não foram observadas diferenças em relação ao volume e área superficial (Figuras 4B e 4C). Já em relação ao comprimento total, as raízes provindas dos vasos do sistema *air pruning* apresentaram um valor superior e diâmetro médio inferior (Figuras 4D e 4E).

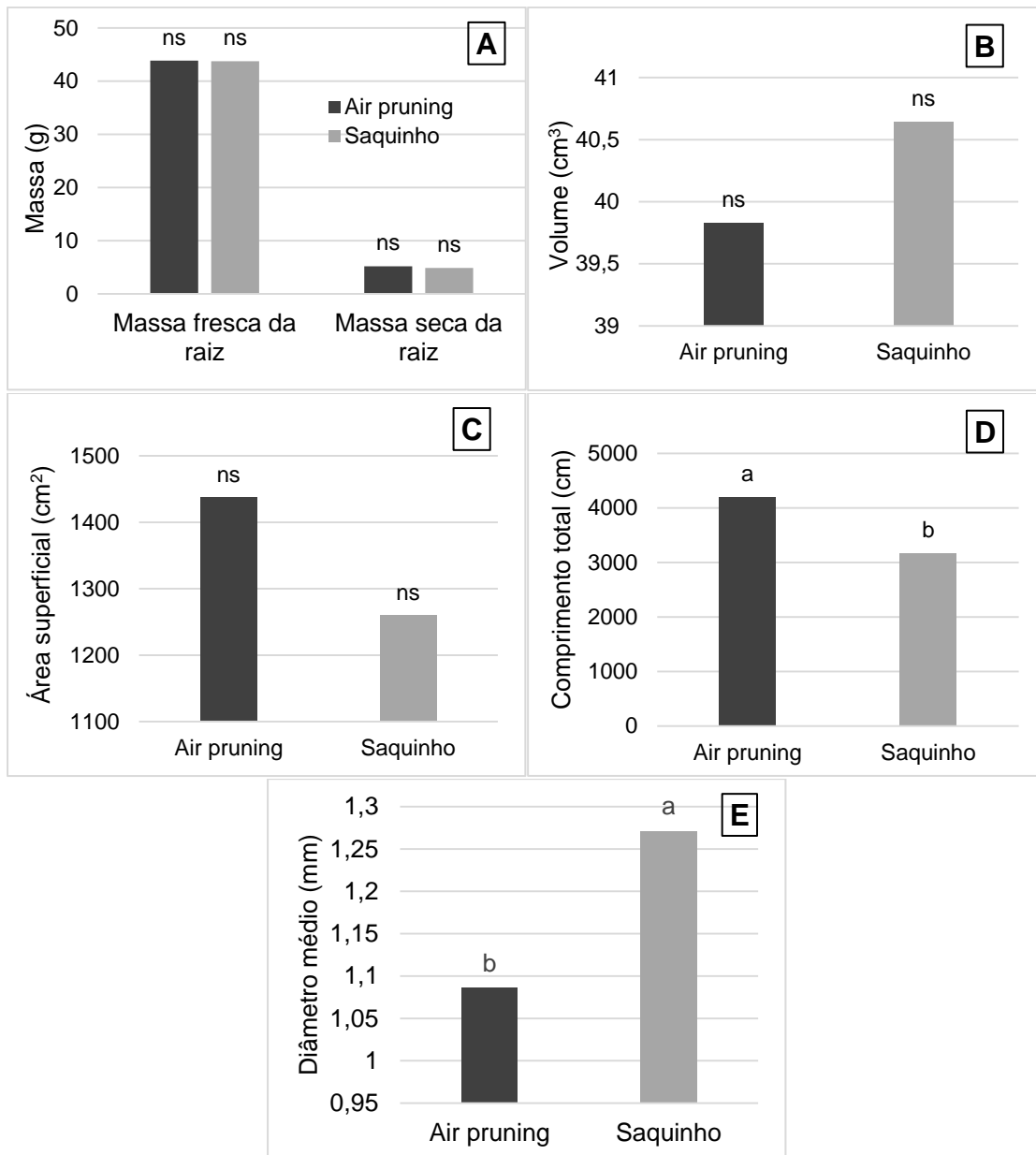


Figura 4 – Massa fresca e massa seca da raiz (A), volume (B), área superficial (C), comprimento total (D) e diâmetro médio da raiz (E) de porta-enxertos de abacateiros cv. Fortuna. Escola Superior de Agricultura ‘Luiz de Queiroz’/USP, Piracicaba, SP, 2020. Letras diferentes indicam diferença significativa entre os tratamentos, considerando o teste de Tukey, Kruskal Wallis e t de Student ($P \leq 0,05$).

Conforme Hydrocentre (2014), o conceito básico do sistema *air pruning* é permitir que o ar seco entre em contato com as pontas das raízes, de modo que ela seja induzida a não se alongar e passe a se ramificar mais. Os resultados do presente trabalho evidenciam que embora o volume não tenha diferido entre os tratamentos, o somatório do comprimento da raiz apresentou valor superior e o

diâmetro médio foi inferior aos observados no método convencional, o que sugere que o sistema radicular tende a ser mais ramificado no sistema *air pruning*.

Para Ortega et al. (2006), recipientes com furos produziram um sistema radicular bem equilibrado, com número e comprimento das raízes secundárias bem distribuídos ao longo do substrato, o que foi atribuído como consequência da poda aérea das raízes laterais. Segundo Laclau et al. (2001), as raízes finas no sistema radicular interferem na absorção de nutrientes uma vez que, quando estabelecidas em campo, estão mais concentradas nos primeiros 20 cm de solo, formando uma rede que dificulta a perda de nutrientes pela lixiviação. Dessa forma, são essenciais para o desempenho inicial das mudas em campo, pois se tornam mais resistentes a condições de estresse, assegurando maiores sobrevivência e crescimento inicial após o plantio (CASTIGO, 2020).

McGrath et al. (2017) pontuaram que os benefícios da poda aérea dentro do sistema de produção de mudas são difíceis de analisar em razão da variedade de configurações, estruturas e dimensões das bandejas na montagem da dimensão dos vasos, dificultando isolar os fatores mais pertinentes para a produção de mudas, aqueles morfologicamente desejáveis. Ainda assim, conforme Amoroso et al. (2010), as plantas cultivadas em recipientes convencionais, com os lados lisos, apresentaram a maior porcentagem de raízes deformadas em comparação às plantas cultivadas em recipientes com poda aérea ou sem impedimentos mecânicos. A malformação radicular pode reduzir a qualidade das mudas de diversas espécies após o plantio (TSAKALDIMI et al., 2006).

4.4 Conclusão

A técnica de *air pruning* favoreceu a produção dos porta-enxertos de abacateiro cv. Fortuna em comparação aos saquinhos, por proporcionar maior desenvolvimento da parte aérea e um sistema radicular mais comprido e fino, portanto, mais ramificado.

Referências

AMOROSO, G.; FRANGI, P.; PIATTI, R.; FERRINI, F.; FINI, A.; FAORO, M. Effect of container design on plant growth and root deformation of littleleaf linden and field elm. **HortScience**. v. 45, n. 12, p. 1824–1829, 2010.

CAMPOS, J.S. **Cultura racional do abacateiro**. São Paulo: Ícone, 1988. 150 p.

CASTIGO, M.A.A.V. **Alturas de recipiente e doses de fertilizante de liberação lenta na produção de porta-enxerto de abacateiro**. 2020. 86p. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Fitotecnia), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2020.

HYDROCENTRE. **Rocket pots and air pruning pots**. 2014. Disponível em:< [https://www.hydrocentre.com.au /rocket-pots-and-air pruning-pots/](https://www.hydrocentre.com.au/rocket-pots-and-air-pruning-pots/)>. Acesso em 02 ago. 2022.

LACLAU, J.P.; ARNAUD, M.; JEAN-PIERRE, B.; RANGER, J. Spatial distribution of Eucalyptus roots in a deep sandy soil in the Congo: relationships with the ability of the stand to take up water and nutrients. **Tree Physiology**, v. 21, p. 129-136, 2001.

MAFIA, R.G.; ALFENAS, A.C.; SIQUEIRA, L. de; FERREIRA, E.M.; LEITE, H.G.; CAVALLAZZI, J.R.P. Critério técnico para determinação da idade ótima de mudas de eucalipto para plantio. **Revista Árvore**, v.29, n.6, p. 947-953, 2005.

MAGUIRE, T.; HARUN, R. Air root pruning to accelerate the growth of *Elaeagnus x ebbingei* from vegetative cuttings©. **Combined Proceedings International Plant Propagators' Society**, v. 57, p. 456-461, 2007.

MCGRATH, D.; HENRY, J.; MUNROE. R.; AGRO, E. Effect of propagation tray design on early stage root development of *Acer rubrum*, *Quercus rubra*, and *Populus tremuloides*. **Journal of Environmental Horticulture**, v. 35, n. 1, p. 35-40, 2017.

MUNROE, R.; MCGRATH, D.; HENRY, J. Increasing amounts of coir dust in substrates do not improve physical properties or growth of tree seedlings in a novel air pruning propagation tray. **Journal of Environmental Horticulture**, v. 36, n. 3, p. 92–103, 2018.

ORLANDER, G. The air-pruned seedling - a solution to the root-deformation problem? In: HULTEN, H. (Ed.). **Root deformation of forest tree seedlings**. Garpenberg: Proceedings of a nordic symposium, Swedish University at Agricultural Sciences, 1982, n. 11, p. 91–94.

ORTEGA, U.; MAJADA, J.; MENA-PETITE, A.; SANCHEZ-ZABALA, J.; RODRIGUEZ-ITURRIZAR, N.; TXARTERINA, K.; AZPITARTE, J.; DUÑABEITIA, M. Field performance of *Pinus radiata* D. Don produced in nursery with different types of containers. **New Forests**, v. 31, p. 31:97–112, 2006.

REIS, E.R dos; LÚCIO, A.D.C.; FORTES, F.O.; LOPES, S.J.; SILVEIRA, B.D da. Período de permanência de mudas de *Eucalyptus grandis* em viveiro baseado em parâmetros morfológicos. **Revista Árvore**, v. 32, n. 5, p.809-814, 2008.

SOUSA, V.F de; MAROUELLI, W.A.; COELHO, E.F.; PINTO, J.M.; COELHO FILHO, M. A. **Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2011. 771p.

TSAKALDIMI, M.N.; GANATSAS, P.P. Effect of chemical root pruning on stem growth, root morphology and field performance of the Mediterranean pine *Pinus halepensis* Mill. **Scientia Horticulturae**, v. 109, p. 183–189, 2006.

WHILEY, A.W.; WHILEY, D.G. Rootstock improvement for the Australian avocado industry – a preliminary report. In: NEW ZEALAND AND AUSTRALIA AVOCADO GROWER'S CONFERENCE, 4., 2005, Tauranga. **New germplasm and global breeding programmes**. Tauranga 10p., 2005. Disponível em: www.avocadosource.com/journals/ausnz/ausnz_2005/whileyanthony2005.pdf. Acesso em: 13 fev. 2023.