

UFRRJ
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA
ORGÂNICA

DISSERTAÇÃO

Ação de Compostos Orgânicos no Processo de Formação de
Mudas do Mamoeiro

Mayara da Silva Oliveira Moraes

2025



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA ORGÂNICA**

**AÇÃO DE COMPOSTOS ORGÂNICOS NO PROCESSO DE
FORMAÇÃO DE MUDAS DO MAMOEIRO**

MAYARA DA SILVA OLIVEIRA MORAES

Sob a Orientação do Professor
Luiz Aurélio Peres Martelleto

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestra em Agricultura Orgânica**, no Curso de Pós-Graduação em Agricultura Orgânica.

Seropédica, RJ
Julho, 2025

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

This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Finance Code 001

M827a Moraes, Mayara da Silva Oliveira, 1993-
AÇÃO DE COMPOSTOS ORGÂNICOS NO PROCESSO DE
FORMAÇÃO DE MUDAS DO MAMOEIRO / Mayara da Silva
Oliveira Moraes. - ITAGUAÍ, 2025.
70 f.

Orientador: LUIZ AURÉLIO PERES MARTELLETO.
Dissertação (Mestrado). -- Universidade Federal Rural
do Rio de Janeiro, PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM
AGRICULTURA ORGÂNICA, 2025.

1. Carica papaya. 2. Sistema Orgânico. 3. Resíduos.
4. Produção de Mudas. 5. Organosolo. I. PERES
MARTELLETO, LUIZ AURÉLIO, 1963-, orient. II
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA ORGÂNICA III.
Título.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA ORGÂNICA

MAYARA DA SILVA OLIVEIRA MORAES

Dissertação submetida como requisito parcial para a obtenção do grau de **Mestra**, no Programa de Pós-graduação em Agricultura Orgânica, área de concentração em Agricultura Orgânica.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 04/07/2025

Luiz Aurélio Peres Martelleto
Dr. UFRRJ
(Orientador, Presidente da Banca)

Leonardo Ciuffo Faver
Dr. EMATER-RJ

Marco Antonio da Silva Vasconcellos
Dr. UFRRJ



DOCUMENTOS COMPROBATÓRIOS Nº 15147/2025 - PPGAO (12.28.01.00.00.00.36) (Nº do Protocolo: NÃO PROTOCOLADO)

(Assinado digitalmente em 09/07/2025 16:14)

LUIZ AURELIO PERES MARTELLETO
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR
DeptFITO (12.28.01.00.00.00.32)
Matricula: ###630#3

(Assinado digitalmente em 29/07/2025 07:24)

LEONARDO CIUFFO FAVER
ASSINANTE EXTERNO
CPF: ###.###.237-##

(Assinado digitalmente em 09/07/2025 13:12)

MARCO ANTONIO DA SILVA VASCONCELLOS
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR
DeptFITO (12.28.01.00.00.00.32)
Matricula: ###84#2

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha família:

Aos meus pais, pelo amor, apoio e exemplo de vida;
Ao meu marido, pelo companheirismo e incentivo incondicional;
Ao meu filho, minha maior motivação e razão de seguir em frente;
e ao meu irmão, pelo carinho e presença constante.

AGRADECIMENTOS

A jornada do mestrado foi marcada por desafios, aprendizados e conquistas, e nada disso seria possível sem o apoio de pessoas especiais, a quem sou profundamente grata.

Agradeço a Deus, por me conceder saúde, sabedoria e forças para enfrentar cada etapa deste processo, iluminando meus caminhos com fé e esperança.

Aos meus pais, Pedro Oliveira de Souza e Marli Anunciada da Silva, exemplos de dedicação e amor, que sempre me incentivaram a lutar pelos meus sonhos. Sou eternamente grata pelo apoio incondicional e por me ensinarem o valor do esforço e da honestidade

Ao meu esposo, Wilson de Araujo Moraes, pela paciência, incentivo e amor em todos os momentos, inclusive nos mais difíceis. Obrigada por estar ao meu lado, torcendo por cada conquista.

Ao meu filho Murillo Oliveira Moraes, que mesmo tão pequeno, é minha maior motivação. Este trabalho também é para você, meu amor.

Ao meu irmão Pedro Henrique Silva Oliveira de Souza, por estar sempre presente, oferecendo palavras de apoio e amizade sincera.

Aos meus orientadores, Luiz Aurélio Peres Martelleto e Marco Antônio Vasconcellos pelo comprometimento, orientação cuidadosa, respeito, paciência e por compartilharem conhecimento de forma tão generosa. Muito obrigada por acreditarem em mim e contribuírem para minha formação acadêmica e pessoal.

Ao Programa de Pós-Graduação em Agricultura Orgânica (PPGAO/UFRRJ), por proporcionar um ambiente de aprendizado crítico, ético e inovador, e pela oportunidade de crescimento profissional.

Aos colegas e amigos da Turma 13, que tornaram essa caminhada mais leve, com apoio mútuo, amizade e companheirismo.

A todos os profissionais, professores, técnicos e colaboradores que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização desta dissertação, meus sinceros agradecimentos.

Aos meus amigos de uma vida inteira que sempre me apoiaram, incentivaram e trilharam comigo até aqui.

Em especial, agradeço com eterna saudade, à memória de Florita de Lima Resende, minha amiga e segunda mãe, por todo carinho, apoio e exemplo de vida que tanto contribuíram para a minha formação pessoal e profissional.

A todos vocês, minha mais profunda gratidão.

BIOGRAFIA

Mayara Moraes nasceu no Rio de Janeiro e foi criada no município de Itaguaí (RJ). Em 2013 ingressou no curso de Engenharia Agrônômica da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ). Foi estagiária na Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio de Janeiro (Pesagro-Rio), atuando em projetos das áreas de agricultura orgânica, produção vegetal e tecnologia de sementes. Foi estagiária da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA -Agrobiologia) atuando no Laboratório de Agricultura Orgânica desenvolvendo experimentos nos seguintes temas: adubação orgânica e compostos orgânicos.

Atualmente, é mestranda do Programa de Pós-Graduação em Agricultura Orgânica (PPGAO/UFRRJ), bolsista da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ), no âmbito do Programa de Apoio ao Desenvolvimento do Setor Agropecuário e da Agroindústria do RJ, em parceria com a Pesagro-Rio.

RESUMO

MORAES, Mayara da Silva Oliveira. **Ação de Compostos Orgânicos na Formação de Mudanças de Mamoeiro**. 2025. 57 p. Dissertação (Mestrado em Agricultura Orgânica). Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ. 2025.

A utilização de resíduos orgânicos oriundos de indústrias e áreas urbanas não é incomum na agricultura. Tal prática constitui-se como alternativa ao incremento da fertilidade do solo, fator indispensável no estabelecimento de pomares, além de configurar uma conduta de mitigação de passivos ambientais. Especificamente na cultura do mamoeiro (*Carica papaya* L.), substratos obtidos por meio do reaproveitamento de resíduos têm se mostrado altamente promissores. Diante disso, este trabalho objetivou avaliar o desempenho de cinco compostos orgânicos como substratos para a produção de mudas de mamoeiro, incluindo formulações da empresa Organosolo®. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, no Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, em delineamento inteiramente casualizado, com os seguintes tratamentos: T1 (Organosolo® Cultivo), T2 (Organosolo® Floreira), T3 (Organosolo® Fino), T4 (substrato orgânico institucional) e T5 (substrato comercial Mecplant®). Foram avaliadas variáveis morfofisiológicas e bioquímicas, incluindo altura, diâmetro do caule, número de folhas, teor de clorofila A e B, massa fresca e seca da parte aérea e da raiz, além do Índice de Qualidade de Dickson (IQD). Os resultados evidenciaram desempenho superior do tratamento T3 (Organosolo® Fino), com maior equilíbrio entre crescimento aéreo e radicular, altos teores de clorofila e maior IQD, indicando mudas mais vigorosas e aptas ao transplantio. O tratamento T5 destacou-se em altura e massa fresca da parte aérea, enquanto T1 apresentou a maior massa seca radicular. Em contrapartida, o T4 demonstrou desempenho inferior em praticamente todos os parâmetros avaliados. A análise de correlação de Spearman reforçou a coerência dos dados, revelando associação positiva entre eficiência fotossintética e desenvolvimento estrutural. Conclui-se que substratos como o Organosolo® Fino, oferecem melhores condições para a produção de mudas de qualidade. Ressalta-se, que os resultados se referem à fase inicial de desenvolvimento em ambiente protegido, sendo recomendável a realização de estudos complementares para validação do desempenho das mudas após o transplantio no campo.

Palavras-chave: *Carica papaya*. Sistema Orgânico. Resíduos. Organosolo®. Produção de mudas.

ABSTRACT

MORAES, Mayara da Silva Oliveira. **Action of Organic Compounds on Papaya Seedling Development**. 2025 57 p. Dissertation (Master's in Organic Agriculture). Agronomy Institute, Federal Rural University of Rio de Janeiro, Seropédica, RJ. 2025.

The use of organic waste derived from industrial and urban areas is not uncommon in agriculture. Such practice constitutes an alternative for enhancing soil fertility—an essential factor in orchard establishment—while also serving as a strategy for mitigating environmental liabilities. Specifically in papaya (*Carica papaya* L.) cultivation, substrates obtained from recycled waste have shown great promise. Accordingly, this study aimed to evaluate the performance of five organic composts as substrates for papaya seedling production, including formulations developed by the company Organosolo®. The experiment was conducted in a greenhouse at the Department of Crop Science of the Federal Rural University of Rio de Janeiro, using a completely randomized design with the following treatments: T1 (Organosolo® Cultivo), T2 (Organosolo® Floreira), T3 (Organosolo® Fino), T4 (institutional organic substrate), and T5 (commercial substrate Mecplant®). Morphophysiological and biochemical variables were assessed, including plant height, stem diameter, number of leaves, chlorophyll A and B content, fresh and dry biomass of the shoot and root systems, and the Dickson Quality Index (DQI). Results indicated a superior performance of treatment T3 (Organosolo® Fino), with better balance between shoot and root development, higher chlorophyll levels, and greater DQI, suggesting more vigorous and transplant-ready seedlings. Treatment T5 showed the best results for height and shoot fresh biomass, while T1 exhibited the highest dry root mass. Conversely, T4 displayed the lowest performance across nearly all evaluated parameters. The Spearman correlation analysis reinforced data consistency, revealing a positive association between photosynthetic efficiency and structural development. It is concluded that substrates such as Organosolo® Fino provide the most favorable conditions for producing high-quality papaya seedlings. However, it is important to note that the findings refer to the initial developmental phase under protected conditions, and further studies are recommended to validate seedling performance after field transplantation.

Keywords: *Carica papaya*. Organic system. Waste. Organosolo®. Seedling production.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	1
1.2 Objetivos específicos.....	3
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1 Aspectos gerais da cultura do mamoeiro.....	4
2.1.1 Mamoeiro grupo Solo.....	6
2.2 Cultivo do mamoeiro (<i>Carica papaya</i> L.) no Brasil.....	6
2.3 Aspectos sociais e econômicos do mamoeiro (<i>Carica papaya</i> L.) no Brasil.....	8
2.4 Propagação e produção de mudas de qualidade no cultivo do mamoeiro.....	9
2.5 Utilização de substratos orgânicos para a produção de mudas.....	11
3.1 Local da pesquisa e condições experimentais.....	14
3.4 Delineamento experimental.....	15
5 CONCLUSÃO.....	47
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	49

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos tempos, a fruticultura no âmbito nacional tem emergido como um dos principais impulsionadores do crescimento econômico do país, demonstrando perspectivas promissoras de expansão tanto na produção de frutas frescas quanto na produção de alimentos processados das mesmas. Atualmente, a produção de frutas no Brasil se destaca dentro e fora do país, ficando atrás somente da China e do Chile (MATIAS et al., 2019).

O cultivo de fruteiras está em constante crescimento, conforme revelam os dados fornecidos pela *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (FAO/FAOSTAT, 2021). Em 2017 a produção de frutas no Brasil ultrapassou a marca de 41 milhões de toneladas, numa área, que somada, abrange cerca de 2,3 milhões de hectares, com fornecimento direto de cerca de 6 milhões de empregos no setor (CNA, 2020). O que evidencia a importância e o potencial econômico da fruticultura.

Dentre as frutas de maior relevância, produzidas no Brasil, destacam-se, pela ordem decrescente: laranja, banana, abacaxi, uva e mamão. O mamoeiro é cultivado praticamente em todos os estados, contudo, são nas regiões Sudeste e Nordeste que se encontram instalados os principais polos de produção de mamão, conforme informações fornecidas pelo Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper).

Os dados e fatos citados indicam a importância da produção de mudas para manutenção e sustentação do crescimento da fruticultura brasileira. Para reforçar estas premissas, no processo de estabelecimento de um pomar, Matias et al. (2019) explicam que a garantia da qualidade das mudas é crucial para assegurar uniformidade, rápida formação das plantas e um estabelecimento adequado para futuras colheitas. Assim sendo, torna-se evidente a importância da inclusão de práticas que melhorem a disponibilidade de água e nutrientes para as plântulas. Neste sentido, ressaltam estes mesmos autores e (SILVA-MATOS et al., 2016), que o uso de substratos orgânicos na produção de mudas, configura-se como uma prática essencial para o sucesso da colheita.

É importante salientar, conforme destacam Ramos et al., (2002), que os substratos utilizados devem cumprir funções fundamentais que resultem em condições ideais para a germinação e o desenvolvimento saudável das raízes. Neste viés, corroboram ainda, Barros et al. (2020), que a aplicação de substratos com elevado teor de matéria orgânica durante a produção de mudas traz várias vantagens, contribuindo para aprimorar as propriedades físicas, químicas e biológicas do substrato.

Ainda neste contexto, Matias et al. (2019) ressaltam que a composição desses substratos pode variar, podendo consistir em um único material ou em combinação de diversos componentes. No entanto, é crucial que esses substratos apresentem características específicas, como facilidade de manipulação, disponibilidade e transporte, ausência de patógenos, alto teor de nutrientes essenciais, custo acessível, boa textura e estrutura adequada.

No que concerne a utilização de substratos, Matias et al. (2019) destacam avanços na tecnologia de produção de mudas que estão resultando em uma transição gradual de substratos convencionais, como a terra de subsolo, para materiais alternativos, predominantemente de origem renovável e compostos por materiais orgânicos diversos. Mudança esta que se encontra de acordo com os princípios da sustentabilidade, haja vista a promoção de práticas ecologicamente responsáveis, economicamente viáveis e socialmente justas, o que garante a preservação ambiental e o bem-estar social.

Favalessa (2011) propõe que resíduos provenientes de atividades industriais, urbanas ou agroindustriais podem ser uma alternativa viável como componentes de substratos na formação de mudas. O autor complementa ainda que esses resíduos, comumente gerados em grande volume, representam um desafio ambiental se não forem adequadamente gerenciados. Portanto, utilizar estes resíduos na agricultura na composição de substratos, por exemplo, não apenas economiza na produção de mudas, mas também oferece uma solução apropriada para seu descarte, além de reduzir impactos negativos ao meio ambiente.

1.1 Objetivo Geral

O objetivo desta pesquisa foi avaliar os efeitos de diferentes compostos orgânicos sobre o crescimento e o desenvolvimento de mudas de mamoeiro (*Carica papaya* L.), visando identificar quais formulações proporcionam melhor desempenho morfofisiológico em ambiente protegido. As informações obtidas contribuirão para o aprimoramento das práticas agrícolas voltadas à produção de mudas de alta qualidade, promovendo maior eficiência e sustentabilidade no cultivo do mamoeiro, especialmente nas condições edafoclimáticas de Seropédica-RJ.

1.2 Objetivos específicos

- Avaliar a produção de mudas de mamoeiro (*Carica papaya* L.) pertencentes ao grupo Solo, produzidas em diferentes combinações de substratos;
- Mensurar parâmetros relacionados ao crescimento e desenvolvimento de mudas de mamoeiro do grupo Solo em diferentes combinações de substratos, nas condições de Seropédica-RJ;
- Identificar a melhor combinação entre variações de compostos orgânicos, incluindo formulações da empresa Organosolo®, no crescimento e desenvolvimento de mudas de mamoeiro do grupo Solo, nas condições de Seropédica-RJ;
- Verificar possíveis impactos associados às variações dos substratos nas mudas de mamão pertencentes ao grupo Solo, nas condições de Seropédica-RJ;
- Produzir mudas de mamão do grupo Solo que atendam aos padrões comerciais exigidos para a cultura, de forma mais econômica e sustentável.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Aspectos gerais da cultura do mamoeiro

O mamoeiro (*Carica papaya* L.) pertence à família *Caricaceae*, tal família divide-se em quatro gêneros, dentre os quais a espécie *Carica papaya* L. se destaca comercialmente. A *Carica papaya* L. é originária da América do Sul, com grande diversidade genética na região dos Andes e Bacia Amazônica, onde disseminou-se por toda a América Tropical, Caribe e México. Plantios na Índia, Arquipélago Malaio, Sri Lanka, Havaí e Austrália também são relatados (GUERRA, 2020).

Por tratar-se de uma planta tropical, o mamoeiro apresenta crescimento regular e produz frutos de boa qualidade em regiões de grande insolação, com temperaturas variando de 22 a 26°C (ANDRADE, 2018). Deste modo, tal característica exerce influência no desenvolvimento da cultura, sobretudo na formação de mais flores normais e, conseqüentemente, de frutos.

Os mamoeiros em produção comercial apresentam crescimento rápido e contínuo em condições de clima favoráveis. Em se tratando de uma fruteira, sua fase juvenil pode ser considerada curta e o período de florescimento ou a maturidade das plantas inicia-se por volta do terceiro ao quarto mês do transplântio das mudas e a partir do oitavo mês, a depender do clima da região, já pode-se realizar a colheita dos primeiros frutos.

A floração e a frutificação do mamoeiro ocorrem de forma concomitantes e ininterruptas, - se não houver estresse climático-, o que torna esta importante espécie frutífera muito exigente em adubações e suprimentos de água constantes durante todo seu ciclo (SILVA, 2006; GUERRA, 2020).

O mamoeiro é uma planta herbácea que pode atingir de três a oito metros de altura, apresentando uma raiz pivotante tipo napiforme - que remete à raiz do nabo, podendo atingir mais de três m de profundidade e raízes secundárias que se concentram em maior quantidade na camada de 30 cm do solo. Seu caule é cilíndrico e dividido em entrenós, com seu interior oco e diâmetro de, aproximadamente, 30 cm (GUERRA, 2020).

O conhecimento da biologia floral do mamoeiro e a sexagem das plantas constituem-se como aspectos importantes para a obtenção de altos rendimentos na cultura (GUERRA, 2020). A espécie *Carica papaya* possui as seguintes formas sexuais (HOROVITZ et al., 1953), em função do tipo floral: plantas ginóicas - constituídas de mamoeiros com flores exclusivamente femininas; plantas andróicas: constituídas de mamoeiros com flores exclusivamente

masculinas; e, plantas andromonóica: constituídas de mamoeiros que têm em suas inflorescências uma mistura de flores masculinas e hermafroditas.

De modo geral, as plantas hermafroditas são as preferidas do comércio devido ao formato de seus frutos piriforme ou alongado. Já, o fruto proveniente de flores femininas, que é ovalado, tem menor valor de mercado, sobretudo para mamoeiros do tipo ‘Solo’ (FARIA et al., 2009).

Normalmente, a planta inicia a emissão de flores a partir do terceiro ou quarto mês do plantio da muda, com o botão floral emergindo em cerca de 40 a 45 dias até a abertura. Após a antese o estigma pode ficar receptivo em torno de dois a três dias. O mamoeiro é uma planta de polinização cruzada podendo, eventualmente, ocorrer autopolinização. De modo geral, a polinização pode ser feita por insetos e ventos, contudo, ressalta-se que a estrutura floral limita a polinização (GUERRA, 2020).

A flor pistilada do mamoeiro é grande, formada por pedúnculos curtos nas axilas das folhas, com frequência individual, mas também presentes em pequenos agrupamentos cimosos, compostos por duas a três flores, as flores não têm estames, nem rudimentos de estames. Em geral, plantas hermafroditas apresentam inflorescência relativamente curta, característica semelhante às inflorescências das plantas femininas. Por outro lado, as plantas masculinas são caracterizadas pelo maior comprimento do pedúnculo floral, com muitas flores cimosas e ovário rudimentar e estéril (TRINDADE, 2000). No entanto estes mamoeiros androicos podem também desenvolver o ovário e produzir o chamado ‘mamão de corda’.

Existe uma relação positiva entre o grau de polinização e tamanho do fruto, ou seja, maior a taxa de polinização (maior número de grãos de pólen) proporcionará maior tamanho do fruto. Existe a possibilidade de ocorrer partenocarpia, isto é, a produção de frutos menores e sem sementes, em decorrência de condições climáticas inadequadas e falta de pólen viável. Outro distúrbio fisiológico que pode acontecer é o ovocarpismo, caracterizado pela produção de “mamilos” ou mesmo “mini-frutos” com sementes, provavelmente devido ao efeito super estimulante de um alto grau de polinização (GUERRA, 2020).

O fruto apresenta formato variável de acordo com o tipo de flor, podendo ser arredondado, oblongo, alongada, cilíndrico e piriforme. A casca é lisa, de coloração amarelo-clara e alaranjada, protegendo uma polpa de 2,5 cm a 5 cm de espessura de coloração que pode variar de amarela a avermelhada (COSTA, 2003), as sementes são pretas e envolvidas por arilo transparente. De acordo com Dantas e Castro Neto (2000), conforme o tipo de fruto, as cultivares de mamoeiros mais cultivadas no país, são classificadas em dois grupos: ‘Solo’ e

‘Formosa’. Os grupos Solo e Formosa apresentam particularidades, principalmente com relação ao tamanho dos frutos, que impactam diretamente na dinâmica da comercialização. Enquanto os frutos de mamão do grupo Solo são comercializados no mercado interno e externo, a comercialização dos frutos de mamão do grupo Formosa é restrita ao mercado interno.

2.1.1 Mamoeiro grupo Solo

De modo geral, variedades de mamão (*C. papaya* L.) do grupo ‘Solo’ são mais uniformes, oriundas de linhagens puras e que foram desenvolvidas por meio de sucessivas gerações de autofecundação, por exemplo a variedade Sunsire Solo a qual produz frutos que apresentam um peso médio de 525g. No Brasil há o predomínio de duas variedades: a Sunrise e a Golden, porém, existem várias outras ainda pouco avaliadas nas condições brasileiras (SILVA et al., 2022).

Por outro lado, mamoeiro do grupo ‘Formosa’, por exemplo o híbrido *Tauning* n.1. é resultante do cruzamento da linhagem Sunrise Solo com uma linhagem de mamão da Costa Rica, o peso dos seus frutos é bem maior, podendo pesar até 1.100 g (COSTA e PACOVA, 2003). No Brasil, foi bem aceito pelos consumidores, devido sua qualidade degustativa e somando a isso, por produzirem frutos preferidos no processo de exportação, com polpa avermelhada e de tamanho mais adequado, podem ser encontrados e explorados, comercialmente, também, em outros países de clima tropical.

2.2 Cultivo do mamoeiro (*Carica papaya* L.) no Brasil

Em termos gerais, a fruticultura detém grande importância econômica, social e nutricional. O mercado de frutas movimenta a economia brasileira, uma vez que a maioria delas é originária ou se adapta bem às condições edafoclimáticas brasileiras e dentre estas frutas, o mamão vem ocupando lugar de destaque, não só em produção, como em consumo (BRAGA, 2020).

O Brasil é um dos maiores produtores mundiais de mamão com área cultivada em torno de 83.138.543 ha. No ano de 2022 o país alcançou a marca de produção de 1.107.761 t com rendimento médio de 41.911 kg/ha (IBGE, 2022). É cultivado praticamente em todos os estados da Federação Brasileira, contudo, são nas regiões Sudeste e Nordeste que se encontram instalados os principais polos de produção da fruta no Brasil, sendo Espírito Santo e Bahia responsáveis por cerca de 70% da área e produção de mamão no país, com destaque para o estado do Espírito Santo cuja produção no ano de 2020 foi próxima de 354.405 toneladas,

correspondendo a mais de 33% da produção nacional (IBGE, 2020). Dados fornecidos pelo Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper) revelam que o mamão está entre as sete primeiras frutas da pauta de exportação do Brasil, sendo os frutos exportados direcionados basicamente para países da União Europeia.

O sucesso do cultivo de mamoeiros no Brasil deve-se ao fato da cultura adaptar-se bem às condições climáticas brasileira, conforme destacam Paixão et al. (2020). Contudo, é válido ressaltar que no Brasil, a cultura do mamoeiro sustenta-se em estreita base genética, sendo bastante limitado o número de cultivares plantados nas principais regiões produtoras.

Em geral, no que concerne ao consumo dos frutos, a preferência dos brasileiros direciona-se ao consumo dos frutos de mamão *in natura*, normalmente quando está completamente maduro, ocasião em que apresenta a polpa macia, suculenta, com aroma adocicado e com alto conteúdo de vitaminas A e C (PADOVANI et al., 2006). Algumas características das cultivares e dos híbridos mais explorados no Brasil são descritas por (Faria et al. (2009), descritas no Quadro 1, abaixo.

Quadro 1: Descrição das características relacionadas a cultivares e híbridos explorados no Brasil

Material vegetal	Características
Sunrise Solo	Cultivar procedente da Estação experimental do Havaí (EUA), mais conhecido no Brasil como mamão-havaí, mamão-papaia ou mamão-amazônia. Possui casca lisa e firme, polpa vermelho-alaranjada de boa qualidade, e cavidade interna estrelada.
Improved Sunrise Solo cv. 72/12	Cultivar também procedente do Havaí, introduzida e melhorada pelo Incaper, é comumente conhecida como mamão-havaí e amplamente disseminada nas regiões produtoras do Espírito Santo. De casca lisa e firme, cavidade interna pequena e de formato estrelado, polpa espessa de coloração vermelho-alaranjado, apresenta boa resistência ao transporte em comparação à ‘Sunrise Solo’, com maior resistência ao armazenamento.
‘Rb 001-4 Aliança’	Cultivar selecionada em 2010, pela Rubisco - genética em papaya, para as condições de cultivo no Norte/Noroeste do Espírito Santo. Ocupava em 2018 cerca de 40% da área cultivada com papaya no

	Espírito Santo. Produz seus primeiros frutos entre 60 e 70 cm do solo, com peso médio de 450 gramas. Produz, em média, de 70 a 80 t/ha/ano.
<i>Tainung n.1</i>	Híbrido altamente produtivo, resultante do cruzamento de um tipo de mamão de polpa vermelha, da Costa Rica, com a ‘Sunrise Solo’. Apresenta casca de coloração verde-clara e polpa laranja-avermelhada, apresenta boa durabilidade de transporte e pouca resistência ao frio.
<i>Tainung n.2</i>	Híbrido resultante do cruzamento de seleção de polpa vermelha, da Tailândia, com a ‘Sunrise Solo’. Apresenta polpa vermelha de bom sabor, maturação rápida e pouca resistência ao transporte.

Apesar do Brasil ser o segundo no ranking da produção mundial do fruto, em nível nacional vem apresentando nos últimos anos redução nas áreas colhidas, consequente do baixo e irregular regime de chuvas e de problemas sanitários, que tem afetado as regiões Sudeste e Nordeste, que representam em média 95,9% da produção nacional, conforme afirma Braga (2020). No entanto, o mesmo autor complementa que, apesar das dificuldades enfrentadas na logística, transporte, armazenagem e manuseio, que promovem grande parte da perda do produto ao longo da cadeia de suprimentos, o mamão nacional ganha espaço nos mercados interno e de exportação,

2.3 Aspectos sociais e econômicos do mamoeiro (*Carica papaya* L.) no Brasil

A produção de frutas constitui-se como uma boa alternativa de investimento para empreendedores rurais, com o fornecimento de emprego e renda, além de contribuir para que o país tenha importância no comércio internacional, ao passo que esse segmento de mercado vem se tornando cada vez mais atrativo. Tal atratividade decorre, principalmente, das perspectivas de crescimento das exportações das frutas, como no caso do mamão, por exemplo, o que assegura a estabilidade e a maior rentabilidade da cultura.

Ao longo dos anos, o crescimento do agronegócio do mamão no Brasil tem sido favorecido por um razoável desenvolvimento, em função de aspectos sociais e econômicos, caracterizando o país como um dos principais produtores em âmbito mundial (NASCIMENTO

et. al., 2018). Ainda acerca do cultivo de mamoeiros, de modo particular, sua função social é ressaltada em razão de sua produção ocorrer durante o ano todo, e por este motivo faz com que a renovação da lavoura ocorra de forma periódica. Em consequência disso empregos são gerados devido a necessidade de contratação de mão de obra ser contínua.

Oliveira e Meissner Filho (2021) corroboram com tais afirmações ao ressaltarem que, por gerar empregos e renda, a cultura do mamoeiro é de grande importância social e econômica. Em razão das atividades desenvolvidas durante todo o ano, de maneira contínua, com os tratos culturais, com a colheita e com a comercialização, a lavoura absorve quantidade expressiva de mão de obra. Além disso, outro fato que contribui para o aumento da geração de empregos é o fato de a cultura ter os seus plantios renovados, em média, a cada 2 ou 3 anos.

Embora a maior parte da produção brasileira de mamão seja destinada ao mercado interno, o Brasil detém potencial para se tornar qualitativa e quantitativamente competitivo no mercado internacional, mediante o aumento da produção em áreas produtoras tradicionais como as observadas no Extremo Sul da Bahia e no Norte do Espírito Santo, além dos polos produtores potiguar e cearense (OLIVEIRA e MEISSNER FILHO, 2021). Tão logo, a posição de destaque ocupada pelo Brasil na produção mundial de mamões e todas as perspectivas positivas direcionadas ao cultivo do mamoeiro com vistas a sua competição no mercado externo, culminam em importantes aspectos socioeconômicos. No que tange aos aspectos socioeconômicos associados ao cultivo do mamoeiro no Brasil é possível destacar a fixação do homem no campo, melhor distribuição da renda regional, geração de produtos de alto valor comercial e importantes receitas e impostos, além de excelentes expectativas de mercado interno e externo, gerando dessa forma um movimento monetário significativo para o país.

2.4 Propagação e produção de mudas de qualidade no cultivo do mamoeiro

Um dos entraves relacionados a cadeia de produção do mamão decorre da necessidade de grande quantidade de mudas e insumos para a manutenção da produção, atendendo a demanda de mamões no mercado. Existe uma demanda constante por frutas de qualidade, associada aos menores custos desta produção. Deste modo, em busca de menor custo na produção de mudas, a escolha do melhor método de propagação torna-se importante, principalmente visando à qualidade da fruta e o início de produção.

Os métodos de propagação vegetativa, conforme afirmam Oliveira et al. (1994), via estaquia ou enxertia, se mostram ineficazes economicamente na cultura do mamão. Porém, perspectivas atuais demonstram que o interesse pela propagação vegetativa tem aumentado, com

vistas a adequação deste método de forma a viabilizar a produção de mudas e posterior utilização em plantios comerciais (COSTA et al., 2019). As vantagens desse tipo de propagação são a possibilidade de produção precoce, seleção de plantas hermafroditas e com maior produtividade, não sendo necessária a realização da prática de sexagem em campo, o que pode reduzir custos e aumentar o lucro do produtor (OLIVEIRA et al., 2022), além de minimizar entraves bióticos e abióticos (OLIVEIRA e MEISSNER FILHO, 2021). Contudo, a propagação de mamoeiro via sementes é ainda a mais técnica e economicamente mais viável.

Assim, a propagação do mamoeiro é feita majoritariamente a partir de sementes. Para as cultivares do grupo Solo, as sementes são obtidas dos plantios comerciais anteriores, provenientes da área dos próprios produtores, desde que sejam empregadas as técnicas de coleta adequadas. Já para cultivares híbridas, as sementes devem ser adquiridas de empresas especializadas (FARIA et al., 2009). Estes mesmos autores detalham algumas das exigências para a utilização de sementes no preparo de mudas de mamoeiro, quais sejam: as sementes devem ser obtidas de plantações isoladas de outros tipos de mamão; as plantas escolhidas para a produção de sementes devem ser hermafroditas, ter boa sanidade, baixa altura de inserção das primeiras flores, precocidade, alta produtividade, e produzir frutos típicos da variedade; e, se as plantações forem desuniformes e/ou se existir mais de uma cultivar plantada a curta distância, deve-se isolar as flores com sacos de papel para o controle da polinização.

É importante salientar, conforme Faria et al. (2009), que as sementes apresentam maior vigor quando são obtidas de frutos maduros. Portanto, é necessário que exista um planejamento nessa etapa de produção de sementes para o plantio, geralmente os produtores utilizam frutos provenientes da sua própria produção para utilização no futuro plantio.

De modo geral, após a retirada das sementes dos frutos, elas devem ser lavadas sobre uma peneira em água corrente visando à retirada da mucilagem que as envolve. Posteriormente, deve-se colocar uma camada fina de sementes sobre folhas de papel ou tecido, absorvente, deixando-as secar à sombra. Após dois ou três dias, as sementes estarão secas e já podem ser plantadas ou então tratadas com fungicidas e conservadas em sacolas de papel, envolvidas em sacos plásticos, na parte baixa do interior da geladeira doméstica (6 °C a 8 °C) por até 12 meses (OLIVEIRA et al., 2022).

Outro ponto interessante a ser considerado a fim de compensar falhas na germinação e perdas, conforme Faria et al. (2009), refere-se à construção de um viveiro. Os autores recomendam ainda a produção de um excedente de 15% de mudas, aproximadamente, em relação à quantidade prevista para o plantio

2.5 Utilização de substratos orgânicos para a produção de mudas

Para o sucesso no desenvolvimento da cultura do mamoeiro e produção de frutos em grande escala, é necessário que a produção de mudas tenha ocorrido de tal forma que resultasse em uma muda sadia e bem nutrida, uma vez que refletirá diretamente no crescimento e desenvolvimento da espécie no campo. Conforme Araújo et al. (2006), no processo inicial das mudas de mamão alguns elementos climáticos são extremamente significativos, como temperatura do ar, umidade relativa do ar, radiação solar, ventos e chuvas, sobretudo em relação ao tempo de permanência na estufa e ao vigor da planta.

Contudo, assim como em outras espécies vegetais, a qualidade das mudas também é influenciada por fatores como o substrato utilizado, fornecimento de água, nutrientes e qualidade fitossanitária.

Portanto, o atendimento dos requisitos mínimos necessários deve ser assegurado, principalmente durante a fase inicial do cultivo que coincide na formação das mudas quando se almeja alta produtividade e frutos de mamoeiro de qualidade.

Para um bom desenvolvimento inicial de qualquer cultura as sementes devem ser semeadas em substrato que atenda todas as suas necessidades iniciais. Para isso, o substrato deve possuir baixa densidade, boa aeração, boa capacidade de retenção de água, boa drenagem, ser livres de patógenos e ervas daninhas, ser neutro e não salino, alcalino ou ácido, não conter substâncias tóxicas, ser armazenado por um período relativamente longo e ter baixo custo (SOUZA et al., 1997).

Galvão et al. (2007) salientam, no entanto, que encontrar todas essas características num único material é praticamente impossível. Assim, é necessário a mistura de vários materiais para conseguir um substrato próximo do ideal. Além disso, o aproveitamento de resíduos reduz o impacto ao meio.

Para a formação de mudas de mamão recomenda-se o uso de material orgânico para composição de um substrato adequado, pois melhora as condições físicas, químicas e biológicas do substrato, o que favorece o crescimento inicial das plântulas e, em consequência, uma boa resposta do mamoeiro.

Outro ponto importante a ser destacado refere-se à qualidade e sanidade do material a ser utilizado. É importante que o substrato seja esterilizado, o que reduz o risco de ataques de doenças de solo como *Phytophthora* sp., *Pythium* sp. e *Rhizoctonia*, muito comuns no processo de produção de mudas (OLIVEIRA e MEISSNER FILHO, 2021).

2.6 Aproveitamento de Resíduos Orgânicos e Compostagem Termofílica

O crescente volume de resíduos orgânicos gerados nas áreas urbanas e rurais tem impulsionado a busca por soluções sustentáveis para seu aproveitamento, especialmente no contexto da agricultura orgânica. Nesse cenário, a compostagem surge como uma estratégia eficiente para transformar resíduos com potencial poluidor em insumos agrícolas de valor agrônômico. A destinação correta desses materiais pode contribuir significativamente para a redução de impactos ambientais, além de representar uma alternativa economicamente viável por meio da produção de fertilizantes, substratos e condicionadores de solo.

Dentre os diferentes métodos de compostagem, destaca-se o processo termofílico, caracterizado pela atividade de microrganismos que promovem a rápida decomposição da matéria orgânica, gerando calor intenso e contínuo. Essa elevação da temperatura — que pode atingir até 70 °C — é fundamental para a sanitização do composto, assegurando a eliminação de agentes patogênicos, sementes de plantas daninhas e parasitas, resultando em um produto final seguro e de alta qualidade para uso agrícola (Organosolo, 2022).

A empresa Organosolo, localizada no estado do Rio de Janeiro e atuante desde 2017, adota a compostagem termofílica como principal tecnologia para o tratamento de resíduos orgânicos. O processo conduzido pela empresa é inteiramente natural, sem a adição de substâncias sintéticas, e busca reintegrar os nutrientes ao solo por meio de um composto orgânico nutritivo, aplicado em práticas de agricultura, jardinagem e reflorestamento. A atuação da Organosolo exemplifica o potencial de inserção dos resíduos orgânicos em ciclos produtivos sustentáveis e circulares.

Estima-se que, somente no estado do Rio de Janeiro, sejam descartadas aproximadamente 15 mil toneladas de resíduos orgânicos por dia (Organosolo, 2022). Grande parte desses materiais ainda é mal aproveitada, sendo descartada em locais inadequados, queimados ou simplesmente acumulados, o que acarreta impactos ambientais negativos e desperdício de recursos com alto valor agrônômico (Pinho et al., 2016). Quando devidamente compostados, esses resíduos podem ser reaproveitados como substratos agrícolas, oferecendo aos produtores uma alternativa eficiente e sustentável, sobretudo em sistemas de base ecológica.

Conforme apontado por Lima (2019) e Freitas et al. (2013), os substratos são componentes fundamentais na produção de mudas, influenciando diretamente o desenvolvimento inicial das plantas. A produção de substratos a partir da compostagem de resíduos orgânicos representa,

portanto, uma oportunidade estratégica para a agricultura familiar e orgânica, contribuindo tanto para o aproveitamento de resíduos quanto para a redução de custos com insumos comerciais.

Quadro 2: Síntese da Fundamentação Teórica

Categoria	Principais Conceitos Abordados	Autores de Referência
Qualidade de Substratos	O substrato ideal deve possuir baixa densidade, boa aeração, retenção de água e ser livre de patógenos. A mistura de materiais é necessária para atingir essas características.	Souza et al. (1997) , Galvão et al. (2007)
Produção de Muda de Mamoeiro	A qualidade da muda é crucial para o sucesso do pomar. A propagação via sementes é a mais viável economicamente, exigindo sementes de frutos maduros e de plantas sadias.	Matias et al. (2019) , Faria et al. (2009)

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local da pesquisa e condições experimentais

O experimento foi conduzido em casa de vegetação localizada nas dependências do Departamento de Fitotecnia, Instituto de Agronomia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (DFito/IA/UFRRJ), *campus* Seropédica (Latitude: 22°45'Sul; Longitude: 43°4'Oeste), situado na baixada fluminense do estado do Rio de Janeiro. O clima da região de Seropédica é classificado como Aw (tropical chuvoso), segundo Köppen, caracterizando-se por duas estações bem definidas, inverno moderadamente frio e verão quente, temperatura média anual de 24,5 °C e precipitação média anual de 1213 mm (CARVALHO et al., 2006).

Tabela 1: Condições climáticas durante o período de condução do experimento. Fonte: INMET (2024).

Mês	Máxima (°C)	Mínima (°C)	Média (°C)
Junho	26,8	16,3	20,6
Julho	26,6	15,7	20,2
Agosto	27,6	16,6	21,1
Setembro	27,8	17,7	21,9
Outubro	28,2	18,9	22,6
Novembro	29,4	20,1	23,8

3.2 Obtenção do material propagativo

As mudas foram produzidas a partir de sementes de mamão (*C. papaya* L.) do Solo provenientes de frutos maduros adquiridos no mercado varejo local. De modo geral, após a coleta, as sementes foram submetidas a um processo de limpeza que contará com a lavagem do material propagativo em água corrente com o auxílio de uma peneira até a completa retirada de toda mucilagem. Na sequência, o material propagativo foi depositado sob papel toalha para secagem a sombra pelo período de, aproximadamente, 96 horas. Ao término da secagem as sementes estavam disponíveis para semeadura com vistas a produção das mudas em casa de vegetação.

3.3 Montagem do experimento

As plantas foram distribuídas no interior da casa de vegetação, individualmente alocadas em sacos para mudas 15x25 cm (Figura 1). Salienta-se que 3 sementes de mamão (*C. papaya* L.) pertencente ao grupo Solo foram designadas a semeadura em cada tratamento, no entanto, somente a muda mais vigorosa será considerada após o desbaste, de modo que cada saco para muda seja ocupado por apenas uma planta.



Figura 1. Sacos de muda preparados com cada tratamento após semeadura. Foto: Imagem da autora.

3.4 Delineamento experimental

Foi adotado o Delineamento experimental de Inteiramente Casualizado (DIC), constituído por cinco variações de compostos orgânicos distribuídos em oito repetições e totalidade de 40 unidades experimentais (Figura 2).



Figura 2: Croqui da área experimental. Delineamento de Blocos Inteiramente Casualizados (DIC). T1= Organosolo® Cultivo, T2= Organosolo® Floreira, T3= Organosolo® Fino, T4= Substrato Orgânico (fabricação

própria e T5= Substrato Comercial Mecplant®. Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (DFITO/UFRRJ), Seropédica – 2024.

Cada unidade experimental foi representada por uma planta. Dentre os cinco compostos orgânicos utilizados, três foram oriundos da empresa Organosolo® cujas diferenças referem-se a granulometria, já que o processo de compostagem destes é o mesmo. São eles: T1 (Organosolo® Cultivo), T2 (Organosolo® Floreira), T3 (Organosolo® Fino). Além destes, outros dois compostos foram considerados no experimento: T4 (Substrato produzido a partir de fontes renováveis fabricado na Fazendinha Agroecológica Km 47) e T5 (Substrato comercial Mecplant®), conforme descrito no Quadro 3. O T5, um substrato comercial amplamente utilizado, foi incluído como um tratamento de controle, servindo como um referencial de desempenho do mercado convencional, ainda que não possua certificação para uso em sistemas orgânicos.

Quadro 3: Síntese da Fundamentação Teórica

Tratamen- tos	Compostos do Substrato	Granulometria
T1	100% do composto orgânico Organosolo® Cultivo.	< 4,0 mm
T2	100% do composto orgânico Organosolo® Floreira.	> 9,0 mm
T3	100% do composto orgânico Organosolo® Cultivo Fino.	4,0 – 9,0 mm
T4	100% do composto orgânico	< 2,00 mm
T5	100% do composto Comercial Mecplant®	6,00 mm

3.4 Tratamentos utilizados na condução do experimento

Os compostos orgânicos utilizados produzidos por meio do processo de compostagem, derivado de resíduos orgânicos urbanos e industriais, são classificados como: Organosolo® Cultivo, Organosolo® Floreira e Organosolo® Cultivo Fino (Figura 3). Os compostos Organosolo® fornecidos e citados neste trabalho para condução do experimento tiveram como origem sua fábrica de triagem localizada no bairro de Barros Filhos, zona oeste do estado do Rio de Janeiro.



Figura 3: Embalagens dos compostos orgânicos Organosolo testados como substrato na condução do experimento. (A) Organosolo Cultivo; (B) Organosolo Cultivo Fino ou Green; (C) Organosolo Floreira.

Para a avaliação dos tratamentos, foram realizadas análises nos seguintes parâmetros: altura das plantas, diâmetro do caule, número de folhas, área foliar e teor de clorofila. As avaliações ocorreram uma vez por semana ao longo de todo o período do experimento.

A semeadura ocorreu no dia 28 de junho de 2024. Utilizou-se 3 sementes por saquinho e, as mesmas foram inseridas na profundidade de 10 cm. A irrigação se deu de forma manual com o uso de regador uma vez ao dia durante todo o período do experimento.

As primeiras mudas iniciaram sua germinação aos 20 dias após a semeadura (Figura 4).



Figura 4. Início da germinação das plantas de mamão. Foto: Imagem da autora.

Foi realizado o desbaste das mudas após 60 dias da semeadura, quando a altura média das plantas atingiu 8 cm (Figura 5).



Figura 5. Mudas após o desbaste aos 60 dias pós semeadura. Foto: Imagem da autora.



Figura 6. Uso de paquímetro para a avaliação do diâmetro do caule e largura e comprimento da folha. Foto: Imagem da autora.



Figura 7. Desenvolvimento da planta pertencente ao Tratamento 3 aos 119 dias após a semeadura. Foto: Imagem da autora.



Figura 8. Desenvolvimento da planta pertencente ao Tratamento 5 aos 119 dias após a semeadura. Foto: Imagem da autora.



Figura 9. Plantas respectivamente T1, T2, T3, T4 e T5 ao final do experimento. Foto: Imagem da autora.



Figura 10. Preparo de amostra para leitura da área foliar. Foto: Imagem da autora.



Figura 11. Desenvolvimento das raízes respectivamente T1, T2, T3, T4 e T5. Foto: Imagem da autora.

O experimento foi finalizado no dia 01/11/2024, quando foram avaliados (Figuras 6, 7, 8, 9, 10 e 11): a altura, diâmetro do caule, número de folhas, teor de clorofila e área foliar. Na sequência, houve a separação da parte aérea e sistema radicular, identificação e armazenamento em sacos de papel tipo kraft para avaliação dos seguintes parâmetros: massa fresca da parte aérea (MFA), massa fresca da raiz (MFR), massa seca da parte aérea (MSA), massa seca da raiz (MSR) e índice de qualidade de Dickson (IQD), através da fórmula descrita por Dickson et al. (1960).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este estudo foi concebido com o objetivo de avaliar, de maneira criteriosa e fundamentada, a viabilidade de utilização dos substratos produzidos pela empresa Organosolo® (T1, T2 e T3) na produção de mudas de mamoeiro (*Carica papaya* L.) em sistemas de agricultura orgânica, um segmento que demanda insumos tecnicamente eficazes e ambientalmente compatíveis com os princípios da sustentabilidade. A pesquisa partiu da premissa de que o substrato constitui um componente crítico na fase de viveiro, influenciando diretamente atributos morfológicos, fisiológicos e bioquímicos das mudas, os quais determinam, em última instância, seu desempenho agrônomo após o transplante.

Como referências comparativas, foram utilizados o substrato tradicionalmente empregado na Fazendinha Agroecológica km 47 (T4), composto orgânico elaborado de forma artesanal e amplamente utilizado em práticas locais de agricultura orgânica, e o substrato comercial amplamente difundido no mercado nacional Macplant (T5), reconhecido por seu uso

consolidado na produção de mudas de diversas culturas. Ao estabelecer essa comparação, a proposta do trabalho foi não apenas identificar o substrato com maior eficiência em termos de desempenho morfofisiológico das mudas, mas também aprofundar a compreensão dos mecanismos subjacentes que conferem superioridade a determinadas formulações — seja pela sua composição físico-química, estrutura granulométrica, capacidade de retenção de água, aeração, ou pela interação com bioestimulantes aplicados durante o manejo.

Além disso, buscou-se contextualizar os resultados no escopo das práticas de agricultura orgânica, que impõem restrições quanto ao uso de determinados insumos e requerem, por outro lado, a adoção de tecnologias que privilegiem o equilíbrio ecológico e a sustentabilidade produtiva. Assim, os substratos avaliados foram analisados não apenas sob uma ótica técnica, mas também considerando sua adequação normativa, viabilidade operacional e potencial de contribuição para sistemas de produção mais resilientes e sustentáveis.

A análise descritiva dos dados constituiu a etapa inicial para a compreensão do comportamento das variáveis morfofisiológicas das mudas de mamoeiro (*Carica papaya* L.) submetidas aos diferentes tratamentos de substratos orgânicos, permitindo identificar tendências e padrões de desenvolvimento antes da aplicação dos testes inferenciais. Os resultados dessa análise encontram-se consolidados na Tabela 2, a qual sintetiza os valores médios observados para as principais variáveis avaliadas em cada substrato testado. Esta abordagem preliminar possibilita uma visão integrada da resposta das plantas às diferentes condições proporcionadas pelos substratos, destacando diferenças de desempenho entre os tratamentos e fornecendo subsídios para a posterior análise estatística.

Tabela 2 — Estatísticas descritivas das variáveis morfofisiológicas por tratamento.

Variável	T1	T2	T3	T4	T5
Altura da planta (cm)	Alto	...	...	...	Maior Valor
Diâmetro do caule (mm)	Alto	...	Alto	...	Maior Valor
Número de folhas	Alto	...	...	...	Alto
Clorofila A (SPAD)	...	...	>30	...	...
Clorofila B (SPAD)	...	...	Alta	...	...
Massa fresca da parte aérea (g)	...	...	Maior valor	...	...
Massa seca da parte aérea (g)	...	...	Maior valor	...	...

Variável	T1	T2	T3	T4	T5
Massa fresca de raízes (g)	...	...	Maior valor	...	...
Massa seca de raízes (g)	...	...	Maior valor	...	...
Índice de Qualidade de Dickson (IQD)	> 1,5	...	>1,5 (Maior)	...	>1,5 (Alta)

A análise da Tabela 1 revela uma diferenciação marcante entre os substratos, com destaque para o tratamento T3 (Organosolo® Fino), que apresentou desempenho superior em praticamente todas as variáveis analisadas. Esse comportamento indica que a estrutura física e a composição química do T3 proporcionaram um ambiente de cultivo mais favorável, resultando em maior vigor das mudas.

A granulometria fina do substrato T3, aliada à sua capacidade de retenção de umidade e adequada aeração, favoreceu o desenvolvimento do sistema radicular e, por consequência, o crescimento da parte aérea — em concordância com Pereira et al. (2008), que, ao avaliarem substratos à base de composto orgânico com palha de carnaúba, observaram que estruturas físicas com maior capacidade de retenção de água promoveram melhor desenvolvimento radicular em mudas de mamoeiro, refletindo diretamente no vigor da parte aérea.

Essa observação também é sustentada por Salles et al. (2019), que demonstraram, em estudo com mudas de mamoeiro, que substratos com boa porosidade, estabilidade estrutural e equilíbrio nutricional promovem ganhos significativos em altura, diâmetro, massa seca e no Índice de Qualidade de Dickson (IQD). No presente estudo, o tratamento T3 refletiu esse padrão, com maior acúmulo de massa fresca e seca, indicando elevada eficiência fisiológica e excelente conversão de assimilados em biomassa.

Além disso, os altos teores de clorofila A e B observados nas mudas cultivadas com o T3 apontam para um estado nutricional mais favorável e uma maior atividade fotossintética, fatores intimamente ligados ao crescimento vigoroso das plantas. O Índice de Qualidade de Dickson, ao integrar diferentes parâmetros morfológicos e fisiológicos, reforça a superioridade do T3 ao evidenciar um desenvolvimento equilibrado e robusto — característica essencial para o sucesso do transplante e o bom estabelecimento das mudas no campo.

4.1 Altura da parte aérea

De maneira geral, observou-se um incremento progressivo na altura das mudas em todos os tratamentos, demonstrando que os três tipos de Organosolo® possibilitaram o

desenvolvimento inicial das plantas. No entanto, diferenças significativas começaram a ser evidenciadas a partir da Avaliação 4, intensificando-se nas últimas avaliações, conforme pode ser observado na figura 12.

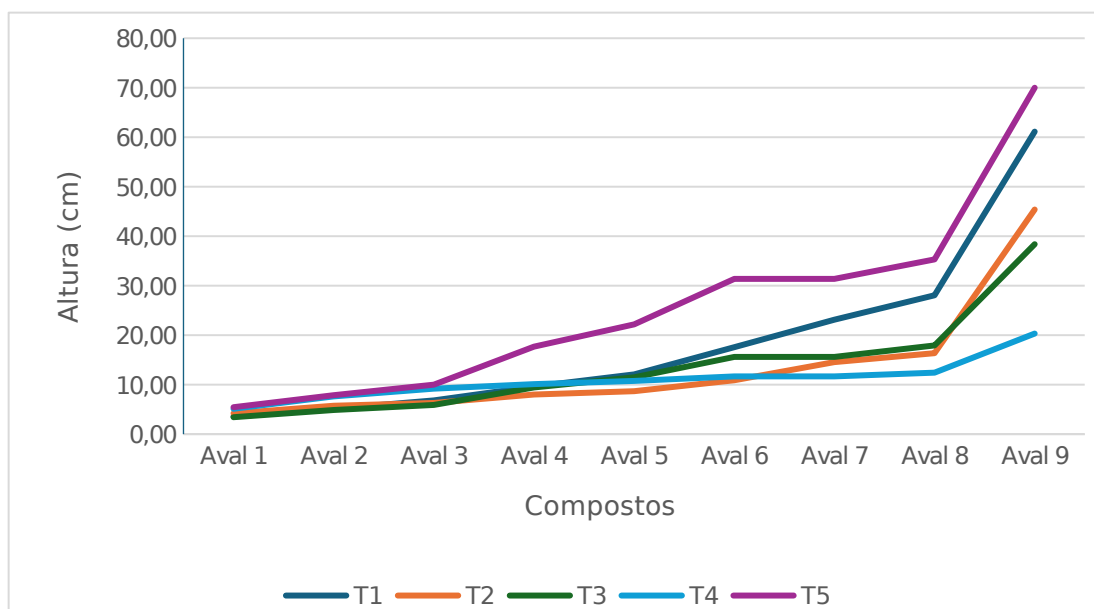


Figura 12: Médias obtidas para a avaliação da altura das plantas de mamoeiro cv. BR2000.

De acordo com Nogueira Filho & Castro (2003), mudas de mamoeiro devem apresentar entre 15 e 25 cm de altura, parâmetro que foi superado pelos tratamentos T1, T3 e T5 aos 70 dias após a semeadura. O tratamento T5, com substrato comercial da Mecplant®, apresentou a maior altura média (cerca de 70 cm), seguido por T1 (Organosolo® Cultivo, ~61 cm) e T2 (Organosolo® Floreira, ~45cm), que apresentou desempenho intermediário. Esses resultados indicam desempenho satisfatório dos substratos comerciais no crescimento inicial das mudas.

O bom desempenho dos tratamentos T1, T2 e T5 pode estar relacionado às características físicas desses substratos, como porosidade, granulometria adequada e maior capacidade de retenção hídrica — aspectos que, segundo Salles et al. (2019), são determinantes para o desenvolvimento radicular e a formação de biomassa aérea em mudas de mamão. Tais evidências corroboram os apontamentos desse autor, reforçando a relevância da estrutura física do substrato no desempenho inicial das plantas. Por outro lado, os tratamentos T3 (Organosolo® Cultivo Fino) e T4 (substrato orgânico) apresentaram crescimento inferior (38 cm e ~20 cm, respectivamente), sendo este último aquém do mínimo recomendado para transplântio.

Por se tratar de um substrato orgânico, esperava-se um desempenho mais favorável no tratamento T4. No entanto, os resultados obtidos foram insatisfatórios, com valores significativamente inferiores ao mínimo recomendado para o transplântio.

Em contraste, Silva et al. (2001) observaram alturas superiores em mudas da cultivar Tainung nº 2 cultivadas em substratos também orgânicos, como a combinação de esterco de curral com esterco de galinha (35,75 cm) e o húmus de minhoca (32,08 cm). Esses resultados reforçam que nem todo substrato orgânico apresenta, por si só, qualidade adequada para o desenvolvimento inicial das mudas, sendo essencial considerar sua composição, granulometria e capacidade de fornecer suporte físico e nutricional às plantas.

Ainda segundo os autores, o substrato comercial Plantmax® resultou em menor desenvolvimento das plantas, o que evidencia a variabilidade de desempenho entre substratos comerciais, impedindo generalizações e exigindo uma avaliação criteriosa de cada material utilizado.

4.2 Diâmetro do caule

De modo geral, observou-se um crescimento contínuo do diâmetro do caule em todos os tratamentos, o que demonstra a adequação dos substratos ao desenvolvimento estrutural das mudas. Contudo, as taxas de incremento variaram entre os diferentes tratamentos, conforme pode ser observado na figura 13.

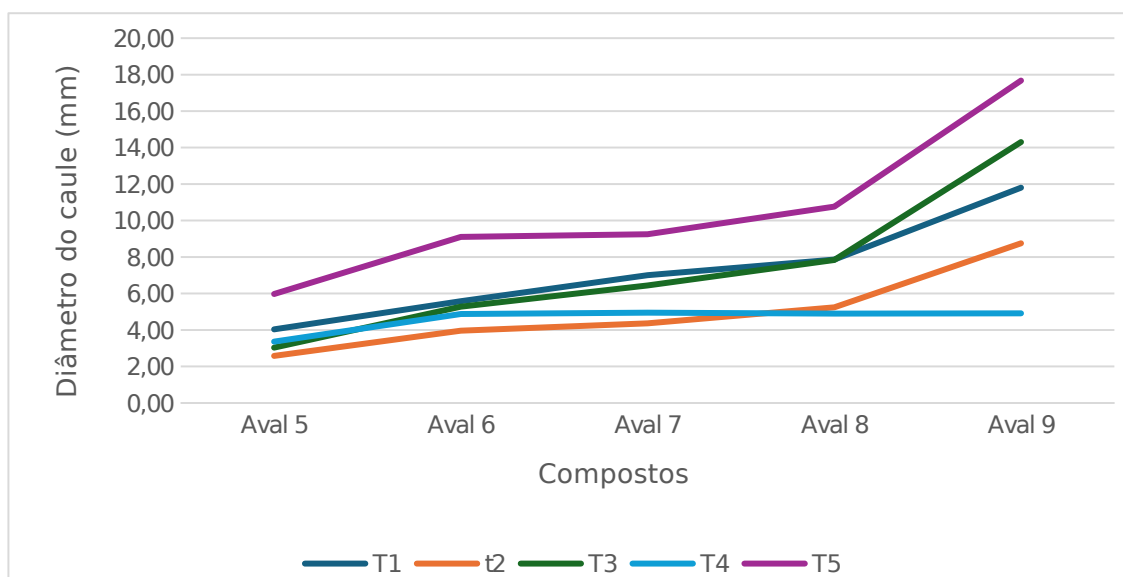


Figura 13: Médias obtidas para a avaliação do diâmetro do caule das plantas de mamoeiro cv. BR2000.

O tratamento T5 (Mecplant®) apresentou o maior diâmetro médio do caule (~18 mm) na Avaliação 9, evidenciando a eficiência do substrato comercial na promoção da robustez estrutural das mudas. O T3 (Organosolo® Cultivo Fino) também demonstrou bom desempenho (~14 mm), indicando que, embora tenha promovido crescimento mais contido em altura, proporcionou condições físico-químicas favoráveis à espessura do caule, possivelmente por sua maior compactação e retenção hídrica.

O T1 (Organosolo® Cultivo) obteve cerca de 10 mm, demonstrando que também favorece o vigor e a resistência mecânica das mudas. T2 (Organosolo® Floreira) e T4 (substrato institucional) apresentaram os piores desempenhos (~9 mm e ~5 mm, respectivamente), indicando limitações estruturais e nutricionais.

Observou-se um aumento expressivo no diâmetro entre as Avaliações 8 e 9 na maioria dos tratamentos, sugerindo uma fase de crescimento acelerado associada à consolidação radicular e ao acúmulo de reservas estruturais — comportamento que, segundo Costa et al. (2010), tende a ocorrer em mudas com maior altura e vigor, sendo diretamente influenciado pela qualidade do substrato utilizado. No entanto, esse padrão não foi observado no tratamento T4, cujas mudas apresentaram crescimento limitado, possivelmente devido às limitações físico-químicas do substrato orgânico institucional, que comprometeram o desenvolvimento radicular e, conseqüentemente, o espessamento do caule.

Esses resultados corroboram os achados de Leite (2022), que avaliou mudas 60 dias após a emergência em diferentes substratos orgânicos, cujos valores médios foram em geral inferiores a 2 mm (com exceção da turfa, com 3,53 mm), os dados do presente estudo — obtidos aos 73 dias — indicam um avanço significativo promovido pelos substratos comerciais utilizados. No mesmo sentido, Costa et al. (2010) observaram que a associação de vermiculita e composto orgânico resultou em diâmetros superiores em mudas da cultivar Sunrise Solo, com forte correlação entre altura e diâmetro do coleto.

Santos (2020) e Silva et al. (2001) também observaram bons resultados ao utilizar substratos enriquecidos com aditivos orgânicos, obtendo diâmetros entre 5,68 e 11,09 mm aos 90 dias. No presente estudo, as médias foram ainda superiores, mesmo com um intervalo de tempo levemente inferior, reforçando a eficácia dos substratos comerciais — em especial o Mecplant® — na formação de mudas vigorosas e com bom potencial para transplântio.

Por outro lado, Azevedo (2023) identificou os maiores diâmetros nos substratos Organosolo® Mix (5,33 mm), Cultivo (5,15 mm) e Floreira (5,31 mm), enquanto o Cultivo Fino (T3) apresentou os menores valores (4,12 mm), o que contrasta com o desempenho

expressivo do T3 neste estudo (~14 mm), sugerindo possíveis diferenças no lote, formulação do substrato ou nas condições ambientais e de manejo.

4.3 Número de folhas

Observou-se um incremento progressivo no número de folhas desde a Avaliação 1 até a Avaliação 6 (Figura 14), seguido de uma tendência de estabilização ou leve redução nas avaliações subsequentes. Esse comportamento é típico de plantas em desenvolvimento, em que o acúmulo inicial de biomassa favorece a emissão foliar, enquanto fatores como senescência, competição por recursos ou limitações ambientais podem provocar a estabilização ou queda no número de folhas.

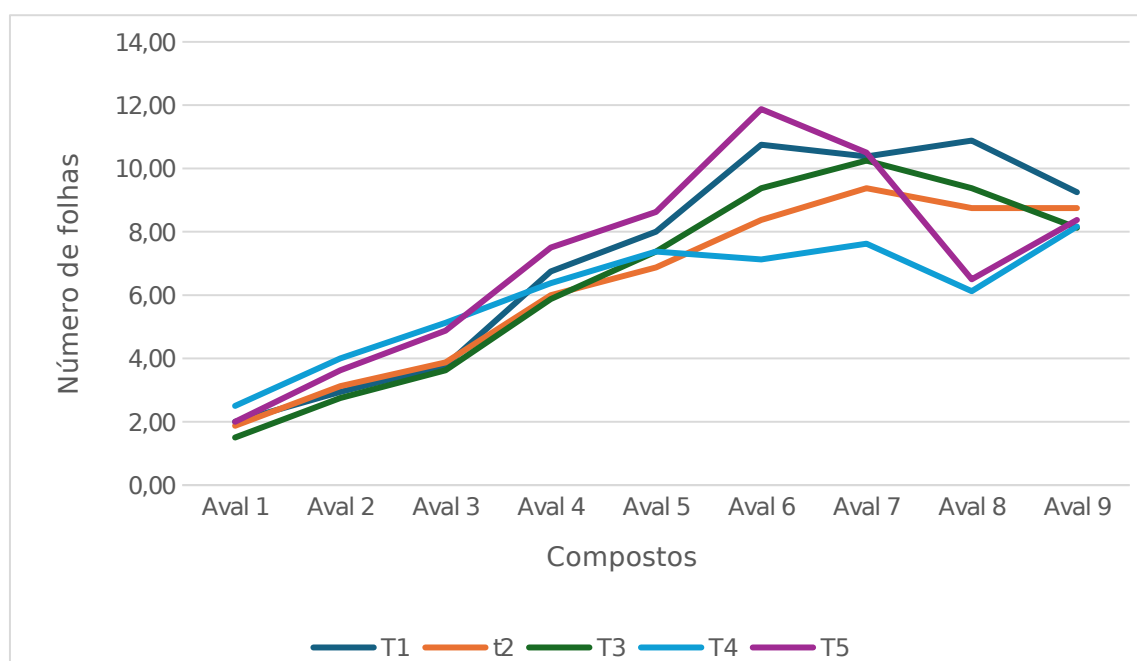


Figura 14: Médias obtidas para a avaliação do número de folhas das plantas de mamoeiro cv. BR2000.

O tratamento T5 (Mecplant®) apresentou o maior número de folhas até a Avaliação 6, atingindo ~12 folhas por planta. No entanto, observou-se uma redução acentuada até a Avaliação 8 (~6 folhas), seguida de leve recuperação, indicando possível ocorrência de estresse hídrico, nutricional ou compactação excessiva do substrato.

O tratamento T1 (Organosolo® Cultivo) mostrou desempenho estável e satisfatório, com crescimento de ~11 folhas e manutenção de cerca de 9 folhas até a Avaliação 9, sugerindo maior estabilidade do substrato na promoção do vigor das mudas. O T3 (Organosolo® Cultivo Fino) apresentou pico de ~10 folhas, com estabilização em torno de 8 folhas, o que pode estar relacionado à maior compactação do substrato, que limita o crescimento foliar a longo prazo.

O tratamento T2 (Organosolo® Floreira) foi o menos eficiente, atingindo no máximo ~ 9 folhas e finalizando com 8, enquanto T4 (substrato orgânico) teve comportamento intermediário, oscilando entre 7 e 8 folhas, mas sem perdas expressivas.

Esses resultados estão em consonância com Moraes et al. (2017), que identificaram uma tendência de redução no número de folhas em mudas de mamoeiro com maior estatura, como reflexo da priorização do crescimento em altura e diâmetro — o que pode ter ocorrido no T5. Da mesma forma, Silva et al. (2011) observaram, aos 90 dias após a semeadura, médias de 6 a 7,75 folhas por planta, valores comparáveis ou inferiores aos observados neste estudo, o que reforça o bom desempenho dos tratamentos, especialmente T1 e T3.

Além disso, Santos et al. (2023) registraram apenas 4,35 folhas por planta em mudas de mamoeiro cv. Aliança cultivadas com areia como substrato, confirmando que substratos com baixa capacidade de retenção hídrica e nutricional podem limitar fortemente o desenvolvimento foliar. Comparativamente, mesmo os tratamentos com desempenho mais modesto neste estudo apresentaram médias entre 8 e 10 folhas, demonstrando a adequação geral dos substratos testados.

De forma geral, as oscilações registradas nas últimas avaliações refletem tanto processos fisiológicos naturais (como senescência) quanto a influência das características físico-químicas dos substratos. Ainda assim, a manutenção de médias superiores às observadas na literatura indica desempenho satisfatório na formação de mudas vigorosas e aptas ao transplântio.

4.4 Clorofila A

A análise dos teores de clorofila A, expressos em unidades SPAD, nas mudas de mamão (*Carica papaya* L.), ao longo das avaliações 6 a 10 (Figura 15), evidenciou importantes variações relacionadas aos diferentes substratos utilizados: T1 (Organosolo® cultivo), T2 (Organosolo® floreira), T3 (Organosolo® cultivo fino), T4 e T5.

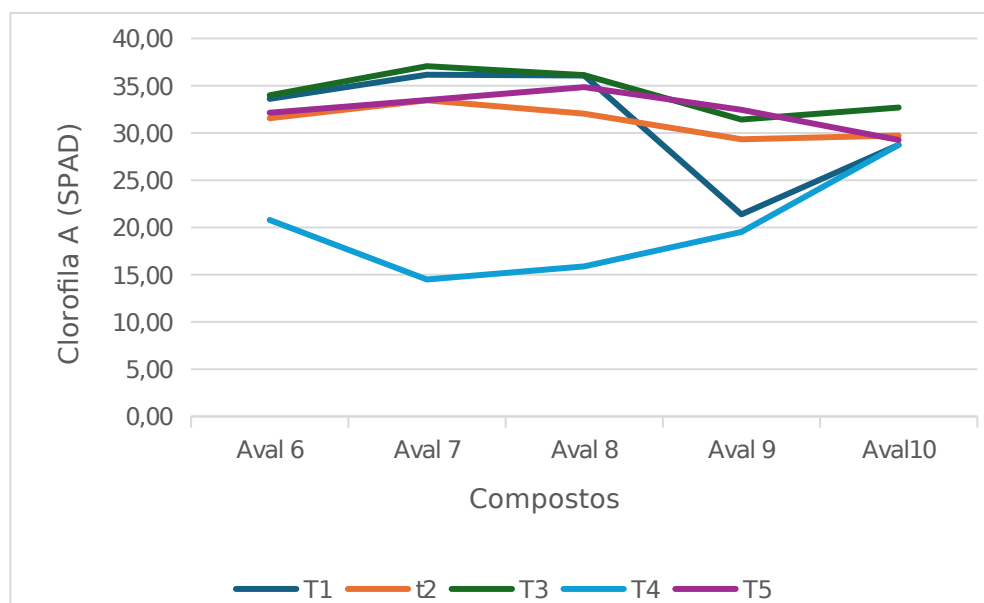


Figura 15: Médias obtidas para a avaliação de Clorofila A das plantas de mamoeiro cv. BR2000.

De modo geral, os tratamentos T1, T2, T3 e T5 apresentaram valores iniciais elevados de clorofila A na Avaliação 6 (todos acima de 30 unidades SPAD), indicando boas condições fisiológicas e eficiência fotossintética das mudas. O tratamento T3 (Organosolo® Cultivo Fino) destacou-se com o maior valor (35 SPAD), atingindo ~37 SPAD na Avaliação 7 e estabilizando-se em torno de 33, o que revela não apenas manutenção dos pigmentos fotossintéticos, mas também maior robustez metabólica ao longo do tempo.

A estabilidade dos teores de clorofila, como observado em T3, está associada à maior capacidade de assimilação líquida de carbono (A_{max}) e à eficiência quântica do fotossistema II (F_v/F_m), sendo essa relação amplamente discutida por Castro et al. (2014), que demonstraram correlação positiva entre o índice SPAD e a concentração total de clorofila em mamoeiro. Além disso, valores elevados de clorofila refletem maior conteúdo foliar de nitrogênio e maior atividade da RuBisCO, enzima responsável pela fixação de carbono na fotossíntese — conforme evidenciado por Griffin & Seemann (1996), Sage (2013) e Spreitzer & Salvucci (2002), que destacam a RuBisCO como uma das proteínas mais abundantes nas folhas e fortemente associada ao acúmulo de biomassa.

O tratamento T1 (Organosolo® Cultivo) apresentou padrão semelhante ao T3, com um leve declínio de 33 para ~29 SPAD, seguido por pequena recuperação. Essa oscilação pode estar ligada a variações ambientais ou ao início de processos de senescência foliar em folhas mais velhas, sem comprometer, no entanto, a eficiência global do tratamento. Já o T2 (Organosolo® Floreira) apresentou queda gradual de 32 para 29 SPAD, sugerindo limitação

fisiológica na manutenção dos pigmentos, possivelmente causada por menor disponibilidade de nutrientes ou por compactação do substrato, que compromete a respiração radicular e o metabolismo nitrogenado.

O T5 (Mecplant®) manteve valores estáveis entre ~32 e ~30 SPAD, demonstrando ambiente equilibrado para a manutenção dos pigmentos fotossintéticos. Como argumentam Escalona et al. (1997) e Eckardt (2009), a preservação da clorofila ao longo do tempo favorece o desempenho fotossintético e o crescimento, reduzindo perdas por senescência precoce e mantendo a eficiência do uso da água — variável fisiológica crítica em ambientes tropicais.

Por outro lado, o T4 (substrato institucional) apresentou os menores valores de SPAD, decrescendo de ~21 para ~15 unidades, com discreta recuperação posterior, mas sem atingir os níveis considerados satisfatórios. Esse comportamento indica estresse fisiológico severo, potencialmente relacionado à deficiência nutricional, má estrutura física do substrato ou acúmulo de sais.

Estudos de Castro et al. (2014) e Foyer & Shigeoka (2011) indicam que valores baixos de SPAD estão associados à menor eficiência fotossintética, aumento da respiração foliar e acúmulo de espécies reativas de oxigênio (ROS), comprometendo a maquinaria bioquímica da fotossíntese.

Dessa forma, os tratamentos T1, T2, T3 e T5 mostraram melhor desempenho na manutenção da clorofila A, refletindo maior integridade fisiológica e capacidade de assimilação de carbono — parâmetros fundamentais para o desenvolvimento de mudas vigorosas. O conteúdo de clorofila A, mensurado via SPAD, confirma-se como um indicador confiável da qualidade fisiológica das mudas, conforme discutido por diversos autores, e deve ser considerado critério relevante na avaliação da eficiência de substratos para a produção de mamoeiro.

4.5 Clorofila B

O tratamento T1 apresentou acentuada redução de clorofila B, caindo de cerca de 12 para ~5 SPAD entre as Avaliações 6 e 9 (Figura 16), mas com recuperação para ~13 SPAD na Avaliação 10, indicando oscilação fisiológica possivelmente ligada à disponibilidade de nutrientes. A clorofila B atua como pigmento acessório, expandindo o espectro de absorção de luz para a fotossíntese. Variações significativas como essa podem indicar um ajuste da planta a condições ambientais ou disponibilidade de recursos, afetando a composição dos complexos antena (Paixão et al., 2019).

T3 manteve-se estável, entre 13 e 10 SPAD, sugerindo equilíbrio fisiológico e metabolismo fotossintético consistente. A estabilidade da clorofila B é um indicador de um aparato fotossintético robusto e bem ajustado, contribuindo para a eficiência da captação de energia luminosa (Paixão et al., 2019)

T2 apresentou os menores valores entre os principais substratos, com queda contínua de 9,5 para ~6 SPAD, demonstrando baixa eficiência na manutenção da qualidade fisiológica. Baixos teores de clorofila B podem comprometer a eficiência na captação de luz e sua transferência para a clorofila A nos centros de reação, limitando a capacidade fotossintética da planta (Paixão et al., 2019).

T5 oscilou, entre 9, e ~14 SPAD seguido de redução até ~9 SPAD, mostrando desempenho intermediário e pouca estabilidade. A flutuação nos teores de clorofila B pode refletir uma menor capacidade do substrato em fornecer condições ótimas e estáveis para a biossíntese e manutenção desse pigmento.

T4 iniciou com o maior desempenho (~21 SPAD), e teve o pior resultado, com queda drástica até ~4 SPAD já na Avaliação 7, mantendo-se muito baixo, indicando severa limitação fisiológica, provavelmente por deficiências nutricionais. Valores tão baixos de clorofila B, juntamente com a clorofila A, são indicativos de um estresse severo que compromete a integridade do aparato fotossintético.

O estudo de Paixão et al. (2018) mostrou que genótipos de mamoeiro com menor concentração de clorofila total (que inclui clorofila B) apresentaram menor capacidade fotossintética máxima (A_{max}) e maior taxa de respiração, o que é consistente com um cenário de deficiência nutricional ou estresse extremo. A baixa concentração de clorofila B afeta diretamente a eficiência de absorção de luz e, conseqüentemente, a capacidade de assimilação de carbono da planta.

Em síntese, T1 e T3 destacaram-se pela manutenção de níveis superiores e mais estáveis de clorofila B, enquanto T2 e T5 apresentaram desempenho intermediário e T4 foi inadequado. A estabilidade desse pigmento é essencial para a eficiência fotossintética e o vigor das mudas após o transplante, uma vez que a clorofila B desempenha um papel crucial na captação de luz e na manutenção da estrutura dos complexos antena, impactando diretamente a capacidade de assimilação de carbono e o crescimento da planta (Paixão et al., 2019).

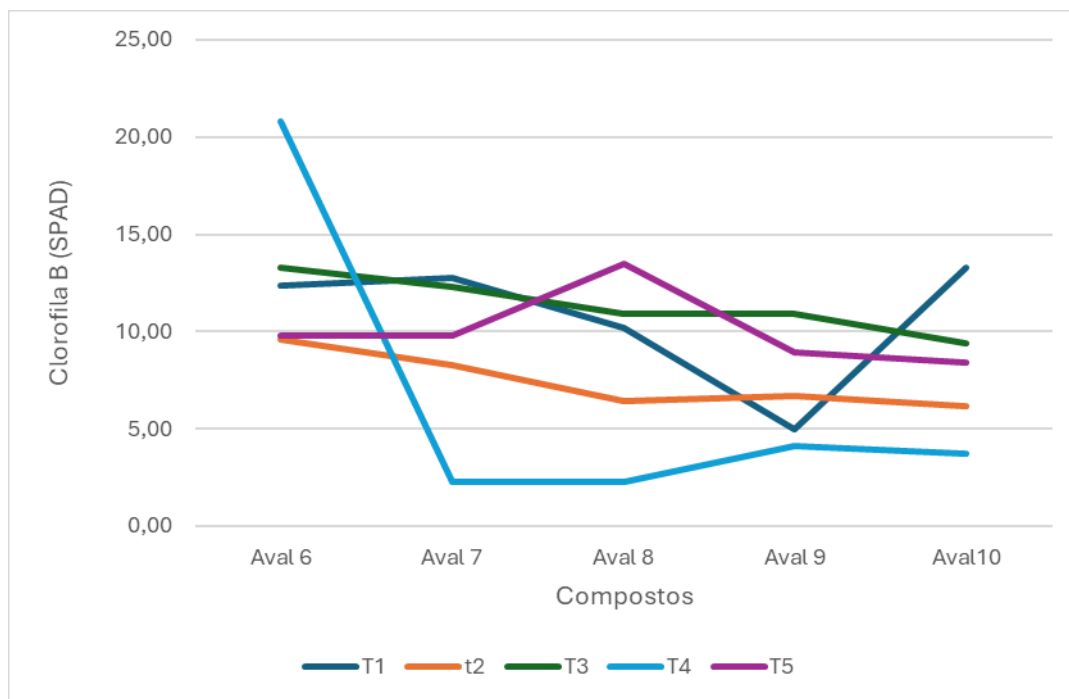


Figura 16. Médias obtidas para a avaliação de Clorofila B das plantas de mamoeiro cv. BR2000.

4.6 Massa fresca parte aérea

A análise da massa fresca das mudas de mamão (*Carica papaya* L.), expressa em gramas, evidencia diferenças marcantes no desenvolvimento biométrico das plantas em função dos substratos utilizados, conforme ilustrado na figura 17.

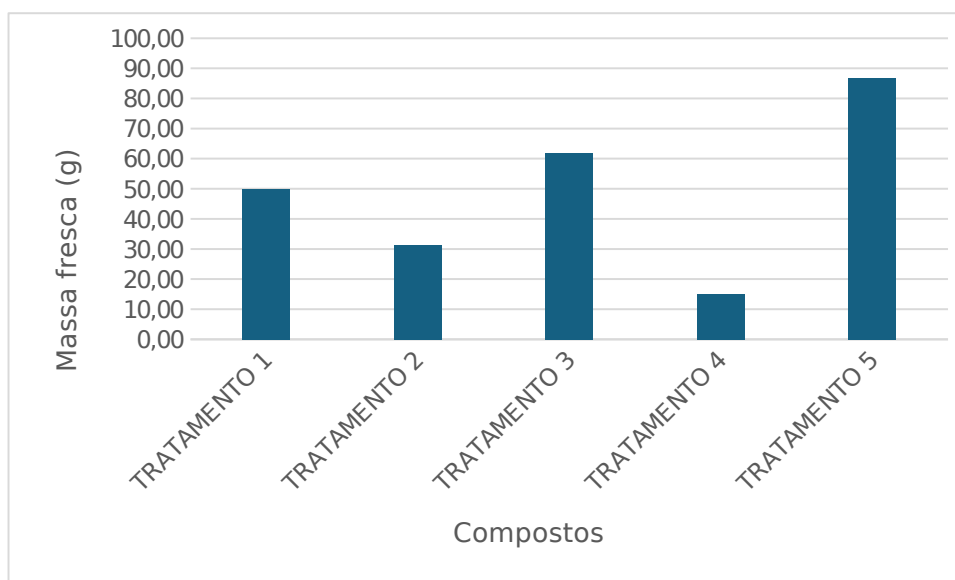


Figura 17: Médias obtidas para a avaliação de Massa fresca da parte aérea das plantas de mamoeiro cv. BR2000.

O tratamento T5 apresentou o maior acúmulo de massa fresca (~90 g), destacando-se na promoção do crescimento vegetativo das mudas. Esse desempenho superior pode ser atribuído à composição físico-química equilibrada do substrato comercial Mecplant®, capaz de proporcionar melhor retenção de água, aeração e disponibilidade de nutrientes, elementos fundamentais para a produção de biomassa aérea. O tratamento T3 (Organosolo® Cultivo Fino) ficou em segundo lugar, com aproximadamente 62 g, resultado coerente com sua estabilidade fisiológica ao longo das avaliações, principalmente no que tange à manutenção dos teores de clorofilas e ao número de folhas.

O tratamento T1 (Organosolo® Cultivo) apresentou resultado intermediário (~50 g), ainda dentro de um padrão considerado satisfatório, embora inferior aos tratamentos com maior desempenho. Já o tratamento T2 (Organosolo® Floreira) obteve aproximadamente 32 g de massa fresca, evidenciando um desempenho limitado, possivelmente em razão de deficiências estruturais ou nutricionais do substrato. O pior resultado foi registrado no tratamento T4 (substrato institucional), com acúmulo de apenas 15 g, o que confirma sua inadequação para a produção de mudas vigorosas. Esse resultado se correlaciona com os baixos teores de clorofila e a reduzida estabilidade fisiológica verificados nas avaliações anteriores.

Azevedo (2023) também observou variações na formação de biomassa aérea em função do tipo de substrato utilizado. Segundo o autor, compostos como Organosolo® Mix, Organosolo® Cultivo e Organosolo® Floreira promoveram maior robustez nas mudas, com massas secas variando entre 1,05 e 1,10 g por planta, sem diferença estatística entre esses tratamentos. Por outro lado, o composto Organosolo® Cultivo Fino resultou em valores inferiores, sugerindo que sua granulometria fina pode ter limitado a disponibilidade de oxigênio e o desenvolvimento radicular, o que compromete o acúmulo de biomassa — comportamento divergente do observado no presente estudo, onde esse mesmo substrato (T3) apresentou desempenho destacado.

Além disso, os achados de Silva et al. (2001) corroboram que a adição de compostos orgânicos (como esterco e húmus) a substratos comerciais melhora o desempenho das mudas, especialmente no acúmulo de massa seca aérea. Em seu estudo, valores médios variaram entre 1,06 a 1,98 g/planta aos 90 dias após a semeadura, com destaque para os tratamentos que associaram o substrato Plantmax® a aditivos orgânicos. Ainda que os valores médios obtidos no presente estudo tenham sido expressos como massa fresca, o padrão de desempenho observado segue a mesma tendência: substratos comerciais e bem estruturados favorecem significativamente a produção de biomassa aérea em mudas de mamoeiro.

Esses resultados reforçam a importância de considerar, além da composição química, as características físicas dos substratos, como: porosidade, densidade aparente e retenção hídrica, na seleção de meios de cultivo para a produção de mudas de qualidade. A capacidade de promover o acúmulo de massa seca aérea está diretamente ligada à eficiência fotossintética, à absorção de nutrientes e à funcionalidade do sistema radicular, sendo, portanto, um dos indicadores mais relevantes de desempenho agrônomo na fase de viveiro.

4.7 Massa seca parte aérea

O tratamento T5 (Figura 18) condicionou a maior massa seca da parte aérea, com aproximadamente 10 gramas, evidenciando sua eficiência em promover crescimento e acúmulo de biomassa, resultando em mudas mais robustas e de melhor qualidade para o transplântio.

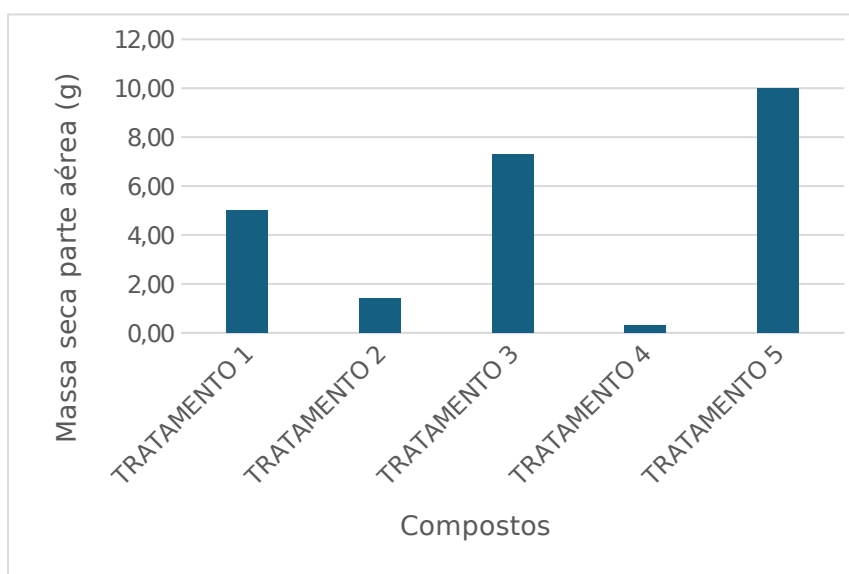


Figura 18: Médias obtidas para a avaliação de Massa seca da parte aérea das plantas de mamoeiro cv. BR2000.

Esse desempenho superior pode ser atribuído à composição físico-química equilibrada do substrato comercial Mecplant®, que favorece a retenção de água, aeração e disponibilidade de nutrientes essenciais, elementos fundamentais para a produção de biomassa aérea e o desenvolvimento vegetativo.

Em segundo lugar, o tratamento T3 (Organosolo® Cultivo Fino) acumulou cerca de 7,5 gramas de massa seca, apresentando desempenho satisfatório e confirmando a eficácia desse substrato. Esse resultado está em consonância com o acúmulo de massa fresca (aproximadamente 62 g) e o crescimento vegetativo das mudas, refletindo sua estabilidade fisiológica ao longo das avaliações, especialmente na manutenção dos teores de clorofilas e no número de folhas.

O tratamento T1 (Organosolo® Cultivo) demonstrou um valor intermediário, próximo a 6 gramas, indicando desenvolvimento adequado, ainda que inferior aos tratamentos T3 e T5. Esse comportamento pode estar relacionado a limitações nas características físico-químicas do substrato, que embora promova crescimento, não atinge os níveis superiores observados nos substratos mais equilibrados.

Já o tratamento T2 (Organosolo® Floreira) apresentou massa seca reduzida, com aproximadamente 1,5 grama, sugerindo inadequação do substrato para favorecer o desenvolvimento da parte aérea das mudas. Esse desempenho limitado pode estar associado a deficiências estruturais ou nutricionais, que comprometem a formação de biomassa aérea.

Estudos prévios corroboram esses achados. Azevedo (2023), por exemplo, observou que compostos como Organosolo® Mix, Organosolo® Cultivo e Organosolo® Floreira promoveram maior robustez nas mudas, com massas secas entre 1,05 e 1,10 g por planta, sem diferenças estatísticas significativas entre eles. Curiosamente, o Organosolo® Cultivo Fino apresentou massas secas inferiores (0,72 g/planta), indicando que sua granulometria fina pode limitar a disponibilidade de oxigênio e o desenvolvimento radicular, prejudicando o acúmulo de biomassa aérea — um comportamento divergente do presente estudo, onde o mesmo substrato apresentou desempenho destacado.

Por fim, o tratamento T4 (substrato orgânico) obteve o pior desempenho, com cerca de 0,3 grama de massa seca, confirmando sua inadequação para a produção de mudas vigorosas de mamão. Tal resultado é consistente com os baixos valores observados para massa fresca e crescimento vegetativo, bem como com os baixos teores de clorofila e reduzida estabilidade fisiológica verificados nas avaliações.

Em contrapartida Silva et al. (2001) observaram que a adição de compostos orgânicos, como esterco e húmus, a substratos comerciais melhora significativamente o desempenho das mudas, especialmente no acúmulo de massa seca aérea. Seus resultados indicaram valores médios entre 1,06 g/planta (Plantmax® + areia) e 1,98 g/planta (Plantmax® + húmus de minhoca) aos 90 dias após a semeadura, destacando o benefício da associação do substrato a aditivos orgânicos.

Embora os valores médios do presente estudo estejam expressos em massa fresca, o padrão de desempenho observado segue tendência semelhante: substratos comerciais e bem estruturados favorecem significativamente a produção de biomassa aérea em mudas de mamoeiro.

Esses resultados reforçam a importância de considerar, além da composição química, as propriedades físicas dos substratos — como porosidade, densidade aparente e capacidade de retenção hídrica — na seleção do meio de cultivo para mudas de qualidade. A eficiência fotossintética, a absorção de nutrientes e a funcionalidade do sistema radicular estão diretamente relacionadas à capacidade de acumular massa seca aérea, constituindo, assim, um dos principais indicadores de desempenho agrônômico durante a fase de viveiro.

4.8 Massa fresca Raiz

O tratamento T3 (Figura 19) proporcionou o maior valor de massa fresca das raízes do mamoeiro, com aproximadamente 48 g, evidenciando o excelente desempenho do substrato em favorecer o desenvolvimento do sistema radicular.

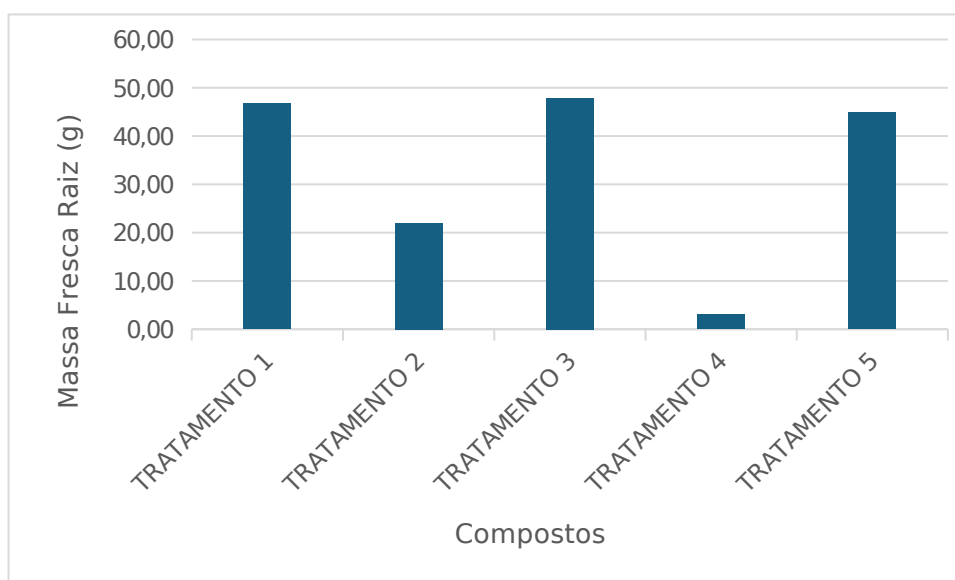


Figura 19: Médias obtidas para a avaliação de Massa fresca das raízes das plantas de mamoeiro cv. BR2000.

Esse resultado é de grande importância, pois um sistema radicular robusto é fundamental para a absorção eficiente de água e nutrientes, além de proporcionar maior estabilidade mecânica às mudas durante o processo de transplante, contribuindo para seu estabelecimento e vigor no campo.

Em sequência, os tratamentos T1 e T5 também registraram massas frescas elevadas, próximas de 47 g e 45 g, respectivamente. Esses valores indicam que os substratos utilizados nesses tratamentos ofereceram condições físicas e químicas adequadas para o crescimento radicular, refletindo em mudas com maior potencial de sobrevivência e desenvolvimento após o transplante.

Por outro lado, o tratamento T2 apresentou massa fresca significativamente inferior, em torno de 22 g, caracterizando um desempenho moderado. Embora não seja um valor desprezível, ele sugere que esse substrato pode apresentar limitações estruturais ou nutricionais que impactam negativamente o estímulo ao crescimento radicular, reduzindo a eficiência da absorção e o desenvolvimento do sistema radicular.

O tratamento T4, mais uma vez, apresentou o pior desempenho, com massa fresca da raiz de apenas ~3 g, confirmando sua inadequação para a produção de mudas vigorosas. Esse resultado corrobora os dados observados para os demais parâmetros avaliados, indicando limitações importantes deste substrato para a sustentação do crescimento radicular e, consequentemente, do desenvolvimento global das mudas.

Em consonância com esses achados, Moraes (2017) observou que, para a cultivar Sunrise Solo, os substratos compostos por solo + areia + esterco bovino e substrato comercial proporcionaram melhor desempenho das mudas, sem diferenças significativas entre si. Já para a cultivar Tainung nº1, as maiores médias de massa fresca do sistema radicular foram obtidas com o substrato comercial, seguido pelo substrato contendo solo + areia + esterco bovino. Interessantemente, as cultivares apresentaram diferenças significativas apenas no substrato comercial, onde a cultivar Tainung nº1 exibiu maior massa fresca do sistema radicular em comparação à cultivar Sunrise Solo, sugerindo que a interação entre cultivar e substrato pode influenciar o desenvolvimento radicular.

Esses resultados reforçam a importância da escolha criteriosa do substrato para a produção de mudas, destacando que tanto a composição física quanto a química dos meios de cultivo impactam diretamente o crescimento radicular.

Um sistema radicular bem desenvolvido não apenas facilita a absorção de água e nutrientes, mas também aumenta a resistência das mudas a estresses ambientais, elevando o sucesso do transplante e o desempenho agrônômico futuro.

4.9 Massa seca Raiz

O tratamento T1 destacou-se com a maior massa seca das raízes do mamoeiro, atingindo aproximadamente 9,0 g (Figura 20).

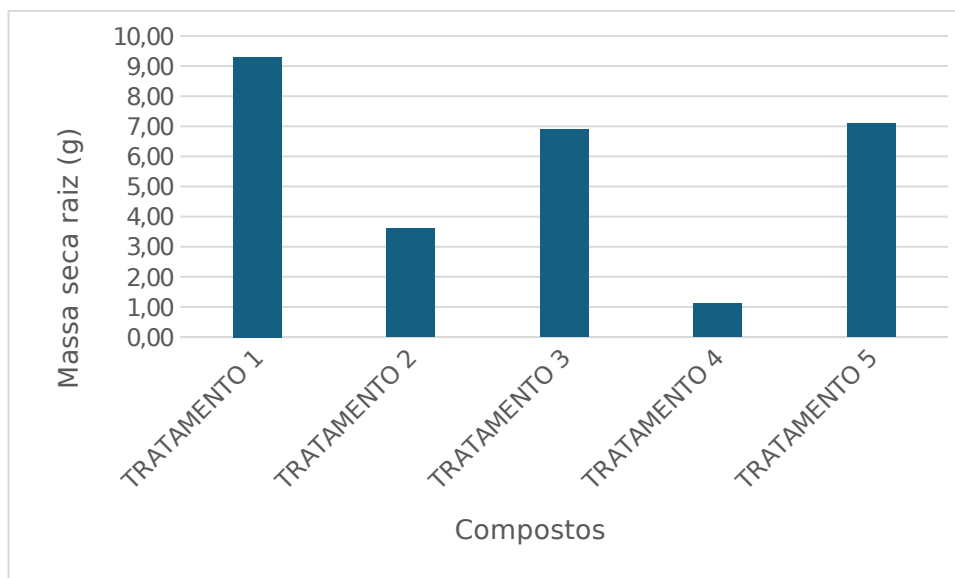


Figura 20: Médias obtidas para a avaliação de Massa seca das raízes das plantas de mamoeiro cv. BR2000.

Esse resultado evidencia a capacidade do substrato associado a esse tratamento em favorecer não apenas o crescimento, mas também a consolidação da estrutura radicular, aspecto fundamental para o suporte da planta e o armazenamento de reservas.

Na sequência, os tratamentos T5 e T3 apresentaram massas secas bastante semelhantes, com valores próximos a 7,0g. Esses resultados corroboram os dados obtidos na análise da massa fresca da raiz, reforçando o bom desempenho desses tratamentos no estímulo ao desenvolvimento radicular.

O tratamento T2, embora tenha apresentado uma massa seca inferior, em torno de 3,6 g, superou o tratamento T4, que mais uma vez demonstrou o pior desempenho, com um valor residual de aproximadamente 1,0 g. Esses resultados indicam que o substrato utilizado no T4 é inadequado, possivelmente devido a limitações físicas ou químicas que comprometem o crescimento e a lignificação das raízes.

A relação entre a massa seca e a massa fresca da raiz é um indicativo da eficiência no acúmulo de matéria orgânica e da qualidade do sistema radicular.

Dessa forma, os tratamentos T1, T3 e T5 evidenciam-se como mais eficientes e promissores para a produção de mudas de mamão vigorosas e aptas ao transplante (Tabela 3).

Tabela 3 — Resumo dos Resultados de Biomassa (Massa Fresca e Seca) por Tratamento

Tratamento	Massa Fresca Parte Aérea (g)	Massa Seca Parte Aérea (g)	Massa Fresca Raiz (g)	Massa Seca Raiz (g)
T1 (Organosolo Cultivo)	~50 g	~6,0 g	~47 g	~9,0 g
T2 (Organosolo Floreira)	~32 g	~1,5 g	~22 g	~3,6 g
T3 (Organosolo Fino)	~62 g	~7,5 g	~48 g	~7,0 g
T4 (Substrato Inst.)	~15 g	~0,3 g	~3 g	~1,0 g
T5 (Mecplant)	~90 g	~10,0 g	~45 g	~7,0 g

Em contrapartida, Morais (2017) observou que os compostos organosolos com solo + areia + esterco bovino proporcionaram maior crescimento das raízes. Segundo Afonso et al. (2012), raízes com maior quantidade de massa seca apresentam maior número de ápices radiculares, região da raiz com maior eficiência na absorção e transporte de água e nutrientes, resultando em maior acúmulo de biomassa.

Para a massa seca do sistema radicular, os valores encontrados por Morais variaram entre 0,67 e 1,01 g/planta. Os maiores valores foram obtidos nos tratamentos conduzidos com o composto T4 (Organosolo® Floreira) (1,01 g/planta) e T2 (Organosolo® Cultivo) (1,0 g/planta), não se diferenciando estatisticamente entre si. Já os tratamentos compostos pelos compostos T1 (Organosolo® Mix) e T3 (Organosolo® Cultivo Fino) apresentaram as menores médias para massa seca radicular (0,75 g/planta e 0,67 g/planta, respectivamente), diferenciando-se estatisticamente dos demais.

Trabalhando com substratos à base de palha de café e diferentes resíduos animais, Coelho (2021) constatou, aos 90 dias após plantio (DAP), que plantas formadas a partir do substrato comercial Tropstrato ht® hortaliças apresentaram menor crescimento em massa radicular (0,02 g/planta), enquanto mudas obtidas pelo composto formulado na proporção de 50% palha de café + 50% esterco de ovino apresentaram maiores médias gerais em massa seca radicular (0,17 g/planta).

Silva et al. (2001), ao verificar a qualidade de mudas de mamoeiro produzidas com diferentes substratos comerciais e orgânicos aos 90 dias após semeadura (DAS), constataram que as mudas produzidas a partir do substrato à base de esterco de curral + esterco de galinha apresentaram as menores médias de massa seca da raiz (0,20 g/planta). O composto formado pelo substrato comercial Plantmax® + areia lavada também produziu baixos valores de massa seca radicular (0,29 g/planta), demonstrando-se inferior aos valores obtidos no presente experimento.

4.10 Índice de Qualidade de Dickson

O **Índice de Qualidade de Muda**, desenvolvido por Dickson et al. (1960), é um parâmetro integrado utilizado para avaliar a qualidade morfofisiológica de mudas de maneira mais abrangente do que medidas isoladas de crescimento. Esse índice considera aspectos como equilíbrio entre parte aérea e sistema radicular, robustez da muda e eficiência na alocação de biomassa, sendo amplamente adotado em estudos sobre produção de mudas florestais e agrícolas.

A fórmula do **Índice de Dickson (IQD)** é representada por:

$$IQD = \frac{MST}{\left(\frac{ALT}{DAC} + \frac{MSPA}{MSR}\right)}$$

Onde:

- **MST** = massa seca total da muda (g)
- **ALT** = altura da parte aérea (cm)
- **DAC** = diâmetro do coleto (mm)
- **MSPA** = massa seca da parte aérea (g)
- **MSR** = massa seca das raízes (g)
-

O valor do IQD se destaca como uma ferramenta confiável para seleção de mudas com maior potencial de sobrevivência e desempenho pós-plantio.

Conforme apontado por Rosa et. al. (2013) e Silva et al. (2001), mudas que apresentam um Índice de Qualidade de Dickson (IQD) mais elevado são aquelas que demonstram maior robustez e uma distribuição mais equilibrada de biomassa. Essas características conferem às

mudas um alto vigor, possibilitando um maior potencial de desenvolvimento quando transplantadas para o campo.

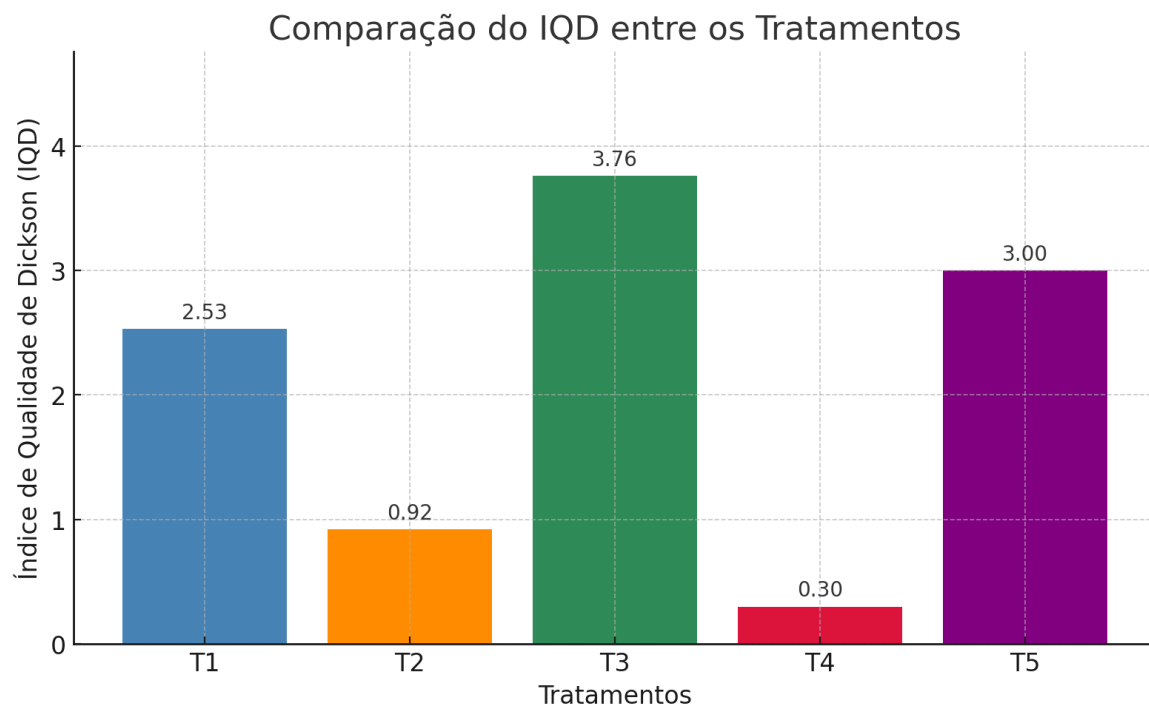


Figura 21: Médias obtidas para a avaliação do IQD das plantas de mamoeiro cv. BR2000.

Souza et. Al (2014) avaliaram mudas de mamoeiro em diferentes substratos e concluíram que os melhores tratamentos apresentaram IQD entre 1,2 e 1,8, sendo considerados adequados para o plantio a campo.

Após a avaliação descritiva das variáveis, procedeu-se à verificação da adequação dos pressupostos estatísticos necessários para a realização da análise inferencial. Inicialmente, foi aplicado o teste de normalidade de Shapiro-Wilk, metodologia recomendada para amostras de pequeno e médio porte e amplamente utilizada em estudos agrônômicos por sua sensibilidade na detecção de desvios da normalidade.

O teste foi conduzido para as variáveis altura da planta, diâmetro do caule, número de folhas, clorofila A e clorofila B. Os resultados indicaram que todas as variáveis apresentaram valores de $p \leq 0,05$, permitindo rejeitar a hipótese nula de normalidade (Tabela 4).

Tabela 4 — Valores de p obtidos nos testes de normalidade (Shapiro-Wilk) para as variáveis analisadas.

Variável	Valor p
Altura da planta	1.916482e-22
Número de folhas	1.0628e-07
Diâmetro do caule	2.566279e-10
Clorofila A	2.3788e-11
Clorofila B	7.920738e-17

Complementarmente, a homogeneidade das variâncias foi avaliada por meio do teste de Bartlett, cujos resultados também indicaram valores de $p \leq 0,05$ para todas as variáveis. Tal cenário reforçou a necessidade de se adotarem procedimentos estatísticos robustos e adequados para distribuições não normais e heterocedásticas. Nesse contexto, a análise inferencial entre os tratamentos foi realizada por meio do teste de Kruskal-Wallis, recomendado para a comparação de múltiplos grupos independentes sob condições de não normalidade e heterogeneidade de variâncias. Para as variáveis que apresentaram diferenças significativas no teste global, as comparações múltiplas foram conduzidas por meio do teste de Dunn, com aplicação do ajuste de Benjamini-Hochberg, assegurando o controle da taxa de erro tipo I em múltiplas comparações.

A utilização conjunta da análise descritiva e dos testes inferenciais possibilita uma abordagem metodológica robusta e abrangente, permitindo não apenas identificar diferenças estatisticamente significativas entre os substratos, mas também compreender de forma integrada os fatores que conferem superioridade a determinadas formulações. Tal estratégia é particularmente relevante no contexto da agricultura orgânica, onde a escolha criteriosa de insumos, como substratos e bioestimulantes, desempenha um papel fundamental na construção de sistemas produtivos sustentáveis e de elevada eficiência.

A análise dos resultados consolidados revela variações significativas entre os substratos utilizados no cultivo das mudas de mamoeiro, evidenciando o papel determinante das características físico-químicas do meio de cultivo no desempenho morfofisiológico das plantas.

De maneira consistente, o substrato T3, correspondente ao Organosolo® Fino, destacou-se em praticamente todos os parâmetros avaliados, demonstrando superioridade não apenas em termos quantitativos, mas, sobretudo, em aspectos qualitativos do desenvolvimento das mudas.

O desempenho superior de T3 foi evidenciado inicialmente pelas maiores médias de altura da planta e diâmetro do caule, indicando um crescimento vigoroso, possivelmente favorecido pela granulometria fina do substrato, que proporcionou uma combinação ideal de retenção de umidade, aeração e estabilidade estrutural. Conforme destacado por Caldeira et al. (2008), substratos com granulometria equilibrada tendem a minimizar estresses hídricos e nutricionais, criando um ambiente propício para a elongação celular e o acúmulo de biomassa. No presente estudo, este efeito foi claramente refletido no crescimento vertical e no espessamento do caule das mudas em T3.

Além da morfologia estrutural, variáveis funcionais como o número de folhas e a área foliar também foram superiores no T3, refletindo uma capacidade fotossintética ampliada. Este resultado sugere que a arquitetura radicular desenvolvida neste substrato, favorecida pela homogeneidade física e pela disponibilidade adequada de água e nutrientes, resultou em uma maior eficiência na absorção de elementos essenciais, particularmente nitrogênio, diretamente relacionado à síntese de clorofila e ao desenvolvimento foliar. Os teores de clorofila A e B reforçam esta interpretação, indicando não apenas um estado nutricional favorável, mas também um menor grau de estresse oxidativo, uma vez que a estabilidade dos pigmentos clorofilados é sensível a desequilíbrios nutricionais e condições subótimas de cultivo.

O acúmulo de biomassa, avaliado pelas massas fresca e seca da parte aérea e do sistema radicular, confirma que o substrato T3 proporcionou condições ideais não apenas para o crescimento vegetativo, mas também para a construção de uma planta funcionalmente equilibrada. Este ponto é de especial relevância, pois o simples crescimento em altura ou massa fresca, isoladamente, pode mascarar problemas de desbalanço morfofisiológico. Neste sentido, o Índice de Qualidade de Dickson (IQD), que integra múltiplas variáveis em um único indicador, apresentou seu maior valor em T3, evidenciando um desenvolvimento harmônico entre parte aérea e sistema radicular — aspecto considerado fundamental para a rusticidade e o potencial de sobrevivência das mudas no campo.

Complementando esta análise integrada, a matriz de correlação de Spearman (Tabela 5) forneceu *insights* adicionais sobre as relações funcionais entre as variáveis avaliadas.

Tabela 5 — Coeficientes de correlação de Spearman entre variáveis.

Variáveis correlacionadas	Coeficiente ρ
Altura da planta $\times$ Clorofila A	0,66
Clorofila A $\times$ Massa fresca de raízes	0,72
Massa seca da parte aérea $\times$ Massa seca de raízes	0,69
IQD $\times$ Clorofila B	0,39

As correlações positivas observadas reforçam a consistência dos dados e a interação funcional entre os atributos morfológicos e fisiológicos das mudas. A correlação expressiva entre altura da planta e clorofila A ($\rho = 0,66$) sugere que plantas com maior eficiência fotossintética apresentam, de fato, maior capacidade de crescimento longitudinal, o que corrobora a relação entre metabolismo primário e crescimento estrutural. A forte correlação entre clorofila A e massa fresca de raízes ($\rho = 0,72$) revela uma importante retroalimentação entre o desenvolvimento radicular e a atividade fotossintética, indicando que um sistema radicular robusto sustenta uma maior assimilação de carbono, enquanto o aumento da assimilação fotossintética fortalece, por sua vez, a capacidade de absorção de água e nutrientes pelas raízes.

De igual relevância, a correlação elevada entre as massas secas da parte aérea e das raízes ($\rho = 0,69$) indica um desenvolvimento equilibrado, desejável em mudas de alta qualidade, pois plantas que alocam biomassa de forma proporcional entre sistemas de captação e sistemas de sustentação tendem a apresentar maior estabilidade fisiológica e resistência a estresses pós-transplante. A correlação moderada entre IQD e clorofila B ($\rho = 0,39$), embora não tão elevada quanto as anteriores, ainda assim sugere que a eficiência no uso da luz, potencializada pelos pigmentos acessórios, contribui para a obtenção de mudas estruturalmente superiores.

Não obstante os resultados obtidos sejam consistentes e robustos, é necessário reconhecer que todo ensaio experimental carrega consigo limitações inerentes. Embora a análise estatística tenha revelado diferenças significativas entre os tratamentos, e as correlações reforcem a coerência interna dos dados, a extrapolação desses resultados para outras condições edafoclimáticas ou para diferentes genótipos de mamoeiro deve ser feita com cautela. Uma

possível limitação reside no fato de que o estudo se concentrou na fase inicial de desenvolvimento das mudas, em ambiente protegido.

O comportamento das mudas após o transplântio em campo, sob condições variáveis de solo, clima e manejo, constitui uma etapa crítica que poderia revelar aspectos adicionais não capturados neste estágio.

Além disso, embora a análise de correlação tenha fornecido importantes indícios de interação entre as variáveis, ela não permite estabelecer relações de causalidade. Nesse sentido, análises complementares, como modelagem de caminhos (path analysis) ou análise de componentes principais (PCA), poderiam contribuir para uma compreensão mais profunda das inter-relações entre os atributos morfofisiológicos e sua contribuição relativa para a qualidade final das mudas.

Por fim, a caracterização físico-química mais detalhada dos substratos (por exemplo, análise granulométrica completa, capacidade de troca catiônica, disponibilidade de macro e micronutrientes, potencial redox e condutividade elétrica ao longo do tempo) poderia fornecer informações adicionais que ajudariam a elucidar os mecanismos subjacentes às diferenças de desempenho observadas entre os tratamentos.

Ainda assim, de forma integrada, os resultados obtidos reforçam que o substrato T3 (Organosolo® Fino) oferece, no contexto avaliado, as condições mais favoráveis para a produção de mudas de mamoeiro de alta qualidade, com crescimento equilibrado, acúmulo eficiente de biomassa, robustez estrutural e elevada atividade fotossintética. A combinação de substratos bem estruturados com bioestimulantes adequados se apresenta como uma estratégia tecnicamente sólida e promissora para a maximização da qualidade de mudas em sistemas de produção, seja orgânico ou convencional. Por outro lado, o substrato T4, embora tradicionalmente utilizado na fazendinha experimental, demonstrou limitações importantes que comprometem seu uso isolado em escalas comerciais, sendo recomendável sua reformulação ou substituição por alternativas mais eficazes, como o Organosolo® Fino.

Os resultados obtidos neste estudo, especialmente no que se refere aos valores elevados de IQD para os tratamentos T1, T3 e T5, ganham ainda mais relevância quando comparados com achados de Azevedo, que relatou variações do IQD entre 0,23 e 0,38, sendo os maiores valores obtidos para os compostos T1 (Organosolo® Mix), T2 (Organosolo® Cultivo) e T4 (Organosolo® Floreira), com 0,31, 0,38 e 0,37, respectivamente. O menor valor foi observado no tratamento com Organosolo® Cultivo Fino (T3), com IQD de 0,23 — resultado que contrasta com o desempenho superior do mesmo tratamento no presente estudo. Essa

divergência pode estar associada a diferenças na formulação do substrato, nas condições ambientais ou nos protocolos de condução das mudas.

Complementarmente, Coelho (2021), ao utilizar substratos compostados à base de palha de café e resíduos animais, obteve IQD superiores aos apresentados no estudo de Azevedo, com exceção do tratamento com o substrato comercial Tropstrato ht® hortaliças, cujo valor foi significativamente inferior (IQD = 0,11). Tais comparações reforçam a robustez dos dados aqui apresentados e evidenciam o potencial técnico dos substratos testados, especialmente do T3, na formação de mudas vigorosas e de alta qualidade.

5 CONCLUSÃO

Este estudo evidencia que a escolha criteriosa de substratos desempenha um papel fundamental na otimização do desempenho morfofisiológico de mudas de mamoeiro, refletindo-se diretamente na eficiência produtiva e na sustentabilidade dos sistemas agrícolas. A investigação revelou não apenas a importância intrínseca das propriedades físicas e químicas dos substratos testados, mas também ressaltou o potencial sinérgico quando associados ao uso estratégico de bioestimulantes de origem microbiológica, destacando uma dimensão inovadora e de alta relevância tecnológica para o manejo de viveiros comerciais.

Para além da comprovação empírica das vantagens específicas de determinados substratos, como os de granulometria fina enriquecidos com materiais orgânicos, os achados desta pesquisa apontam caminhos promissores para aprimorar práticas agrícolas sustentáveis, reforçando a ideia de que a qualidade das mudas constitui um pilar essencial para o sucesso subsequente das lavouras.

Nesse sentido, investir em tecnologias que proporcionam melhor estruturação radicular e equilíbrio morfofisiológico inicial emerge como uma estratégia fundamental para reduzir a vulnerabilidade das plantas jovens a fatores ambientais adversos após o transplante, resultando em economias significativas no uso de insumos adicionais, como fertilizantes químicos e defensivos agrícolas.

Do ponto de vista ambiental, a incorporação consistente de substratos à base de resíduos agroindustriais e bioinsumos representa um avanço importante em direção a sistemas produtivos de menor impacto ecológico, alinhados às práticas da agricultura circular. Ao transformar passivos ambientais em recursos valiosos para o desenvolvimento inicial das plantas, amplia-se a sustentabilidade dos sistemas agrícolas e reduz-se a pressão sobre recursos não-renováveis,

promovendo simultaneamente a conservação ambiental e o aumento da resiliência produtiva diante de oscilações climáticas cada vez mais frequentes.

Economicamente, a adoção em larga escala dessas estratégias tem potencial significativo para aumentar a eficiência operacional de viveiros e produtores agrícolas, especialmente agricultores familiares e pequenos empreendedores rurais, que frequentemente enfrentam limitações de recursos. Ao reduzir custos com replantio, aumentar a uniformidade e diminuir a dependência de insumos sintéticos, essas práticas potencialmente melhoram a rentabilidade e a sustentabilidade financeira da produção agrícola, fortalecendo toda a cadeia produtiva do mamão.

Cabe salientar que, embora este estudo forneça um avanço técnico-científico robusto, novas investigações são recomendáveis para ampliar e validar essas estratégias em cenários produtivos diversificados. Estudos subsequentes poderiam explorar em maior profundidade as interações específicas entre diferentes substratos e bioestimulantes em outros cultivos agrícolas ou condições ambientais mais adversas, assim como avaliar o comportamento das mudas após o transplante em campo, a fim de verificar a estabilidade dos benefícios observados na fase de viveiro.

Ademais, os resultados observados ao longo do experimento evidenciam que a granulometria do substrato exerce influência direta sobre o desempenho inicial e progressivo das mudas, sobretudo ao afetar propriedades físicas críticas como a retenção de água, a aeração e a estabilidade estrutural do meio de cultivo. O comportamento inferior observado no tratamento T4, mesmo utilizando material orgânico, ilustra que granulometrias excessivamente finas (< 2,00 mm) podem comprometer o desenvolvimento radicular ao limitar a oxigenação e favorecer o encharcamento, criando condições fisiológicas desfavoráveis. Em contrapartida, substratos com granulometria intermediária (4,0–9,0 mm) mostraram-se mais eficientes ao longo do tempo, oferecendo melhor equilíbrio entre retenção hídrica e porosidade. Essa constatação reforça a necessidade de que a escolha do substrato considere não apenas sua composição química ou origem orgânica, mas também sua estrutura física e distribuição granulométrica, elementos decisivos para a qualidade das mudas e, por conseguinte, para o sucesso da produção agrícola em seus estágios posteriores.

Considerando os resultados obtidos, é possível afirmar que a formulação do Organosolo® com granulometria intermediária (T3) apresentou o melhor desempenho como substrato para a produção de mudas de mamoeiro, favorecendo significativamente o desenvolvimento

morfofisiológico das plantas. Essa formulação destacou-se pela estabilidade estrutural, adequada retenção hídrica e boa aeração, condições essenciais para o crescimento radicular saudável e equilíbrio fisiológico das mudas.

Tais resultados sintetizados no quadro 4, evidenciam a viabilidade do uso do Organosolo® não apenas como condicionador de solo, mas também como uma alternativa eficaz, sustentável e tecnicamente superior para a fase de viveiro, ampliando seu potencial de aplicação agrícola e contribuindo para práticas integradas e ambientalmente responsáveis.

Quadro 4: Descrição das características relacionadas a cultivares e híbridos explorados no Brasil

Categoria Teórica	Evidência da Pesquisa (Resultado Chave)	Tratamento de Destaque
Qualidade Físico-Química do Substrato (Salles et al., 2019)	Substratos com granulometria fina e equilibrada (T3) proporcionaram maior vigor e desenvolvimento balanceado entre parte aérea e raiz.	T3 (Organosolo Fino)
Eficiência Fotossintética e Nutrição (Castro et al., 2014)	Maiores teores de clorofila A e B (indicativo de bom estado nutricional) foram observados em mudas com maior desenvolvimento geral.	T3 (Organosolo Fino)
Qualidade da Muda e Robustez (Índice de Qualidade de Dickson)	Mudas com maior IQD apresentaram desenvolvimento mais equilibrado, indicando maior chance de sobrevivência no campo. Os valores de IQD para T1, T3 e T5 foram superiores a 1,5.	T3 (Maior IQD), T1 e T5 (IQD alto)

Por fim, este trabalho contribui de forma significativa para a construção de uma base técnico-científica sólida que poderá subsidiar políticas públicas, programas de extensão rural e decisões técnicas dos agricultores. Ao promover o avanço nas práticas de manejo inicial das mudas, consolida-se uma estratégia de baixo custo, ambientalmente consciente e tecnicamente eficaz para enfrentar os desafios atuais e futuros da produção agrícola sustentável.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo contribuiu significativamente para o avanço do conhecimento técnico e científico sobre a produção de mudas de mamoeiro por meio da utilização de substratos orgânicos associados. Os resultados obtidos apontam claramente a importância da granulometria fina e das propriedades físicas e químicas ideais dos substratos para a obtenção de mudas robustas e fisiologicamente equilibradas, abrindo caminho para pesquisas mais aprofundadas que possam explorar ainda mais detalhadamente essas relações.

Nesse contexto, futuros trabalhos acadêmicos, particularmente aqueles desenvolvidos em nível doutoral, têm à sua disposição diversas oportunidades de aprimoramento e expansão metodológica que podem potencializar e ampliar as contribuições alcançadas. Uma das abordagens mais promissoras consiste em acompanhar longitudinalmente o desenvolvimento das mudas desde o viveiro até a fase produtiva em condições de campo, avaliando variáveis agronômicas fundamentais, tais como produtividade, qualidade final dos frutos, resistência a estresses bióticos e abióticos, e resposta adaptativa das plantas ao manejo agrícola continuado. Tal abordagem permitiria validar os efeitos positivos observados na fase inicial e consolidar recomendações técnicas ainda mais completas para o setor produtivo.

Outro aspecto com grande potencial para investigação aprofundada diz respeito à caracterização detalhada das propriedades físico-químicas e microbiológicas dos substratos utilizados. Cabe destacar que a granulometria dos substratos revelou-se um fator determinante para o desempenho morfofisiológico das mudas ao longo do tempo. Embora todos os tratamentos tenham utilizado materiais orgânicos ou comerciais com potencial agrônomo reconhecido, os resultados evidenciaram que substratos com granulometria extremamente fina, como no caso do tratamento T4 (< 2,00 mm), apresentaram desempenho inferior nas avaliações finais, possivelmente devido à compactação excessiva, menor aeração e drenagem deficiente.

Em contrapartida, substratos com granulometria intermediária (entre 4,0 e 9,0 mm), como o T3, mostraram maior estabilidade estrutural, favorecendo o desenvolvimento radicular e a performance geral das mudas. Esses achados reforçam a necessidade de que futuras pesquisas aprofundem a caracterização granulométrica e sua relação com propriedades físico-hídricas do substrato, estabelecendo critérios técnicos mais refinados para seleção e formulação de substratos ideais para diferentes cultivos.

Estudos futuros poderão contemplar a avaliação sistemática de parâmetros como disponibilidade temporal e dinâmica dos nutrientes essenciais no substrato, potencial redox, capacidade de troca catiônica, condutividade elétrica e evolução das comunidades microbiológicas benéficas ao longo do tempo. Investigações dessa natureza forneceriam insights valiosos sobre os mecanismos responsáveis pelas respostas fisiológicas e morfológicas das plantas observadas neste estudo.

Paralelamente, estudos subsequentes poderiam incorporar análises fisiológicas, bioquímicas e moleculares mais sofisticadas para revelar os mecanismos subjacentes ao crescimento e desenvolvimento vegetal. Avaliações detalhadas do perfil hormonal das mudas (como citocininas, auxinas, ácido abscísico e giberelinas), atividade de enzimas fotossintéticas

(Rubisco e PEP-carboxilase), níveis de metabólitos secundários e compostos antioxidantes, bem como a expressão gênica associada a respostas ao estresse e desenvolvimento vegetativo, enriqueceriam substancialmente a compreensão da interação substrato–bioestimulante–planta.

Do ponto de vista estatístico e interpretativo, a aplicação de técnicas mais avançadas de modelagem multivariada, tais como Análise de Componentes Principais (PCA), Análise Discriminante Linear (LDA) e Análise de Agrupamento Hierárquico, pode ser considerada uma estratégia metodológica poderosa para esclarecer interações complexas entre as variáveis morfofisiológicas analisadas. Da mesma forma, o emprego de Modelagem por Equações Estruturais (SEM) e Modelagem de Caminhos (Path Analysis) poderia elucidar com maior precisão as relações causais entre substratos, bioestimulantes e desempenho das mudas, contribuindo para conclusões ainda mais robustas e aplicáveis à realidade prática.

Adicionalmente, estudos futuros poderiam expandir o escopo experimental para uma diversidade maior de condições edafoclimáticas e regiões produtoras, avaliando a resposta das mudas cultivadas em diferentes contextos ambientais e produtivos. Pesquisas conduzidas em múltiplas regiões com variações de temperatura, radiação solar, regimes pluviométricos e características específicas do solo proporcionariam recomendações técnicas ainda mais robustas e amplamente aplicáveis, beneficiando diretamente produtores e técnicos do setor.

Uma linha complementar promissora para futuros estudos reside na avaliação econômica detalhada da adoção dessas tecnologias, como análises de custo-benefício, retorno sobre investimento, impacto operacional e viabilidade logística em larga escala.

Finalmente, considerando a crescente importância das políticas públicas e da regulamentação para a implementação eficaz de novas tecnologias agrícolas, futuras pesquisas poderiam fornecer subsídios concretos para o desenvolvimento de diretrizes regulatórias específicas relacionadas ao uso seguro e eficiente de substratos orgânicos e bioinsumos microbiológicos. Trabalhos acadêmicos nessa direção ampliariam a segurança operacional e jurídica dos agricultores ao adotarem essas tecnologias inovadoras, contribuindo para a rápida difusão e ampla adoção das melhores práticas agrícolas no setor produtivo brasileiro e internacional.

Em síntese, este estudo fornece uma base sólida que possibilita o desenvolvimento de futuras pesquisas com maior complexidade e abrangência. Explorar essas perspectivas em trabalhos subsequentes não apenas potencializará os benefícios já obtidos, mas contribuirá decisivamente para a consolidação de práticas agrícolas sustentáveis, inovadoras e altamente

eficazes, fortalecendo o setor produtivo e gerando benefícios ambientais, econômicos e sociais em escala ampla.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, H. A. F. Bagana de carnaúba como substrato na produção de mudas de mamoeiro cultivar ‘Golden’ sob substâncias húmicas. 2018. 48 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia). Universidade Federal do Maranhão, Chapadinha – MA, 2018.

ARAÚJO, J. R. G.; ARAÚJO JÚNIOR, M. M.; MENEZES, R. H. N. DE; MARTINS, M. R.; LEMOS, R. N. S.; CERQUEIRA, M. C. M. Efeito do recipiente e ambiente de cultivo sobre o desenvolvimento de mudas de mamoeiro cv. Sunrise Solo. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 28, n. 3, p. 526-529, 2006.

BRAGA, H. F. Mamão: Aspectos Econômicos, Biológicos E Potencialidades No Processamento Para Obtenção Do Néctar. *Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer - Jandaia-GO*, v.17, n.31, p.140, 2020.

CARVALHO, D. F.; SILVA, L. D. B.; FOLEGATTI, M. V.; COSTA, J. R.; CRUZ, F. A. Avaliação da evapotranspiração de referência na região de Seropédica-RJ, utilizando lisímetro de pesagem. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v. 14, n. 2, p. 108-116, 2006.

CASTRO, F. A. et al. Portable chlorophyll meter (PCM-502) values are related to total chlorophyll concentration and photosynthetic capacity in papaya (*Carica papaya* L.). *Theoretical and Experimental Plant Physiology*, v. 26, p. 201–210, 2014.

CNA/ CEPEA. PIB do Agronegócio alcança participação de 26,6% no PIB brasileiro em 2020. Disponível em: <https://www.cnabrazil.org.br/publicacoes/pib-do-agronegocio-alcanca-participacao-de-26-6-no-pib-brasileiro-em-2020>. Acesso em: 11 de set. 2023.

COSTA, A. F. S.; PACOVA, B. E. V. Caracterização de cultivares, estratégias e perspectivas do melhoramento genético do mamoeiro. *In*: MARINS, D. S; COSTA, A. F. S. A cultura do mamoeiro: tecnologias de produção. Vitória: Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural, p.59-102, 2003.

COSTA, E. et al. Produção de mudas de mamoeiro utilizando diferentes substratos, ambientes de cultivo e recipientes. *Engenharia Agrícola, Jaboticabal*, v.29, n.4, p.528–537, 2009.

COSTA, E. et al. Formação de mudas de mamão em ambientes de cultivo protegido em diferentes substratos. *Revista Ceres, Viçosa*, v.57, n.5, p.679–685, set./out.2010.

COSTA, A. F.; ABREU, E. F. M.; SCHMILDT, E. R.; COSTA, A. N.; SCHMILDT, O. Advances observed in papaya tree propagation. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 41, n. 5, 2019.

COSTA, A.F. S. Aspectos gerais do melhoramento do mamoeiro. Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural. Disponível em: <http://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/handle/item/862>. Acesso em: 11 de set. 2023.

DANTAS, J. L. L.; CASTRO NETO, M. T. Aspectos botânicos e fisiológicos. *In*: TRINDADE, A. V. Mamão produção: aspectos técnicos. Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura; Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2000. 77 p.

DE SOUZA, Rafaela Ribeiro et al. Qualidade de mudas de mamão produzidas em substrato com esterco caprino e doses de superfosfato simples. *Agrarian*, v. 8, n. 28, p. 139-146, 2015.

DICKSON, A., FOLHA, A. L.; e HOSNER, J. F. Avaliação da Qualidade de Estoque de Mudas de Abeto Branco e Pinheiro Branco em Viveiros. *Forest Chronicles*, v. 36, p. 10-13, 1960.

ESCALONA, J. et al. Irrigation effects on grapevine photosynthesis. *Acta Horticulturae*, v. 449, p. 449–455, 1997.

ECKARDT, N. A. The future of science: food and water for life. *The Plant Cell*, v. 21, p. 368–372, 2009.

FARIA, A. R. N.; NORONHA, A. C. S.; OLIVEIRA, A. M. G.; CARDOSO, C. E. L.; RITZINGER, C. H. S. P.; OLIVEIRA, E. J.; COELHO, E. F.; SANTOS FILHO, H. P.; CRUZ, J. L.; OLIVEIRA, J. R. P.; DANTAS, J. L. L.; SOUZA, L. D.; OLIVEIRA, M. A.; COELHO FILHO, M. A.; SANCHES, N. F.; MEISSNER FILHO, P. E.; MEDINA, V. M.; COROLEIRO, Z. J. M. A cultura do mamão. Coleção Edição Plantar. Embrapa Informação Tecnológica. 3 ed. Brasília-DF, 2009.

FASUSI, O. A.; CRUZ, C.; BABALOLA, O. O. Agricultural Sustainability: Microbial Biofertilizers in Rhizosphere Management. *Agriculture*. v. 11, n. 2, p. 163, 2021.

- FAVALESSA, M. Substratos renováveis e não renováveis na produção de mudas de Acácia mangium. 2011. 60f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2011.
- FOYER, C. H.; SHIGEOKA, S. Understanding oxidative stress and antioxidant functions to enhance photosynthesis. *Plant Physiology*, v. 155, p. 93–100, 2011.
- FREITAS, G. A.; SILVA, R. R.; BARROS, H. B.; MELO, A. V.; ABRAHÃO, W. A. P. Produção de mudas de alface em função de diferentes combinações de substratos. *Revista Ciência Agronômica*, Fortaleza/CE, v.44, n.1, p.159-166, Jan./Mar. 2013.
- FUKAMI, J.; CERZINI, P.; HUNGRIA, M. *Azospirillum*: benefits that go far beyond biological nitrogen fixation. *AMB Express*. 8:73. doi: 10.1186/s13568-018-0608-1. 2018.
- GALVÃO, R. O.; ARAUJO NETO, S. E. A.; SANTOS, F. C. B.; SILVA, S. S. Desempenho de mudas de mamoeiro cv. Sunrise Solo sob diferentes substratos orgânicos. *Revista Caatinga*, v.20, n.3, p144-151, 2007.
- GRIFFIN, K. L.; SEEMANN, J. R. Plants, CO₂ and photosynthesis in the 21st century. *Chemistry & Biology*, v. 3, p. 245–254, 1996.
- GUERRA, H. G. Mamão: gestão integrada de cultivo. 2 ed. Independently Published. 128 p. 2020.
- GUIMARÃES, G. R.; PEREIRA, F. T.; MELLO, S. C. M.; CARVALHO, D. D. C. Employment of *Trichoderma* to control *Cladosporium* sp. and *Sclerotinia sclerotiorum* and bean growth promoting in Brazil. *Caderno de Pesquisa*, v. 30, n. 2, p. 28-37. 2018.
- HOROVITZ, S, ZERPA, D.M.; ARNAL, H. Frecuencias de equilibrio de las formas sexuales en poblaciones de *Carica papaya* L. *Agronomia Tropical*., v.3, n.3, p.149-174, 1953.
- HUNGRIA, M. Inoculação com *Azospirillum brasilense*: inovação em rendimento a baixo custo. Londrina: Embrapa Soja, 2011. 36p.
- Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística – IBGE. (2020) Produção Agrícola Municipal: Área Plantada ou Destinada à Colheita, Área Colhida, Quantidade Produzida, Rendimento Médio e Valorda Produção das Culturas Temporárias e Permanentes. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br>. Acesso em: 11 set. de 2023.

Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural. Polos de Fruticultura – Mamão. Disponível em: <https://incaper.es.gov.br/fruticultura-mamao>. Acesso em: 12 set. de 2023.

LEITE, K. de J. Substratos orgânicos na produção de mudas de mamoeiro (*Carica papaya*) cv. Taiwan. 2022. Monografia (graduação em Agronomia) – IFES-Instituto Federal do Espírito Santo, Coordenadoria do Curso de graduação em Agronomia. Santa Teresa/ES, 26 f. : il. ; 30 cm. 2022.

LIMA, J. B. P. Produção de mudas de mamoeiro ‘Sunrise solo’ em diferentes substratos. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação). UFC- Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Curso de Agronomia, Fortaleza, 38 f.: il. color. Fortaleza/CE, 2019.

LUCON, C.M.M. Promoção de crescimento de plantas com o uso de *Trichoderma* spp (em linha). Infobibos, Informações Tecnológicas. 2009. Disponível em: http://www.infobibos.com/Artigos/2009_1/trichoderma/index.htm. Acesso em: 30 de set. de 2023.

MACHADO, D. F. M., PARZIANELLO, F. R., SILVA, A. C. F., ANTONIOLLI, Z. I. *Trichoderma* no Brasil: o fungo e o bioagente. Revista de Ciências Agrárias, v. 35, n. 1, p. 274-288, 2012.

MARTELLETO, M. S. Seleção de isolados de *Trichoderma* spp. para o tratamento de sementes de tomate visando a proteção contra patógenos de solo e de armazenamento e promoção de crescimento. 2005. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-graduação em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica – RJ, 2005.

MATIAS, S. S. R.; COSTA JUNIOR, E. S.; MORAIS, D. B.; SILVA, R. L.; SOUSA, S. J. C. Substratos orgânicos na produção de mudas do mamoeiro havaí. Magistra, v. 30, p. 179 - 188, 2019.

NASCIMENTO, A. L.; NASCIMENTO, A. L.; DOS SANTOS, K. T. H.; MALIKOUSKI, R. G.; SCHMILDT, O.; ALEXANDRE, R. S.; CZEPAK, M. P.; CATTANEO, L.F.; FERREGUETTI, G. A.; DO AMARAL, J. A. T.; SCHMILDT, E. R. Obtaining and evaluating new hybrids of papaya tree. Journal Agriculturae Scientiae, v.10, p.146–155, 2018.

NOGUEIRA FILHO G.C; CASTRO A.M. Recomendações técnicas para o cultivo do mamoeiro em Roraima. Boa Vista, Embrapa Roraima. 2003.

OLIVEIRA, A. M. G. S.; FARIAS, A. R. N.; SANTOS FILHO, H. P. S.; OLIVEIRA, J. R. P.; DANTAS, J. L. L.; SANTOS, L. B.; OLIVEIRA, M. A.; SOUZA JUNIOR, M. T. S.; SILVA, M. J.; ALMEIDA, O. A.; NICKEL, O.; MEDINA, V. M.; CORDEIRO, Z. J. M. Mamão para exportação: aspectos técnicos da produção. Ministério da Agricultura do Abastecimento e da Reforma Agrária - Secretaria de Desenvolvimento Rural. Programa de Apoio à Produção e Exportação de Frutas, Hortaliças, Flores e Plantas Ornamentais. Brasília/DF: EMBRAPA-SPI. 1994. 52p.

OLIVEIRA, A. M. G.; MEISSNER FILHO, P. E. A cultura do mamoeiro. Embrapa. Brasília – DF. 2021. 430 p.

OLIVEIRA, J. R. P.; CARVALHO, J. E. B.; PÁDUA, T. R. P.; TRINDADE, A. V. Propagação, plantio e práticas culturais. *In*: Mamoeiro do Grupo Solo: cultivo, colheita, pós-colheita e comercialização. Embrapa Mandioca e Fruticultura. 2022.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A AGRICULTURA E ALIMENTAÇÃO. FAO. FAOSTAT. Divisão de estatística. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#home>. Acesso em: 11 de set. de 2023

PADOVANI, R. M.; AMAYA-FARFÁN, J.; COLUGNATI, F. A. B.; DOMENE, S. M. Á. Dietary reference intakes: application of tables in nutritional studies. *Revista de Nutrição, Campinas*, v.19, n.6, p.741-760, 2006.

PAIXÃO, M. V. S.; GROBÉRIO, R. B. C.; FERNANDES, A. R.; JUNIOR, H. P. D. F.; MEIRELES, R. C.; DE SOUSA, G. B. Esterco bovino e fertilizante na emergência e desenvolvimento inicial de plântulas de mamoeiro. *Brazilian Journal of Development*, v.6, n.8, p.59048-59057, 2020.

PAIXÃO, J. S., SILVA, J. R., RUAS, K. F., RODRIGUES, W. P., MACHADO FILHO, J. A., BERNARDO, W. P., ABREU, D. P., FERREIRA, L. S., GONZALEZ, J. C., GRIFFIN, K. L., RAMALHO, J. C., & CAMPOSTRINI, E. (2019). Photosynthetic capacity, leaf respiration and growth in two papaya (*Carica papaya*) genotypes with different leaf chlorophyll concentrations. *AoB Plants*.

PINHO, A. V.; BARROS, E. N.; OLIVEIRA, F. R. A.; SILVA, T. C.; CASTRO, N. R. Avaliação de compostos orgânicos como substrato alternativo para produção de mudas de

tomateiro. I simpósio de manejo de solo e água. PPGMSA/UFERSA. Mossoró/RN. Dez. 2016.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2023. Disponível em: <http://www.r-project.org/>.

RAMOS, J. D.; CHLFUN, N. N. J.; PASQUAL, M.; RUFINI, J. C. M. Produção de mudas de plantas frutíferas por semente. Informe Agropecuário, v.23, n.216, p.64-72, 2002.

SAGE, R. F. Photorespiratory compensation: a driver for biological diversity. Plant Biology, v. 15, p. 624–638, 2013

SALLES, J. S. et al. Papaya seedling production under different shading levels and substrate compositions. Engenharia Agrícola, 39(6):698-706. (2019)

SANTOS, V. E. dos. Substratos minerais na emergência de plântulas de mamoeiro cv. Aliança. Revista Foco. Curitiba/PR, v.16, n.2, e1216, p.01-10, Fev/Mar 2023..

SILVA, F. C.; ALVES, F. Q. G.; ALVES, F. G.; RESENDE, J. C. F.; CUNHA, L. M. V. Qualidade de mudas de mamoeiro utilizando diferentes substratos comerciais e orgânicos. VII Congresso Brasileiro de Agroecologia, v. 6, Resumos Expandidos, Fortaleza, CE, dezembro 2011.

SILVA, G. W. Implantação de um pomar de mamão para consumo in natura no município de Rosalândia Velha – TO. Brasília – DF: União Pioneira de Integração Social. 78 p.

SILVA, M. A.; NASCENTE, A. S.; FILIPPI, M. C. C.; LANNA, A. C.; SILVA, G. B.; SILVA, J. F. A. Individual and combined growth-promoting microorganisms affect biomass production, gas exchange and nutrient content in soybean plants. Revista Caatinga, v. 33, n. 3, p. 619-632, 2020.

SILVA, S. O.; CARVALHO, F. D.; LEDO, C. A. S.; OLIVEIRA, A. M. G. Variedades. In: Mamoeiro do Grupo Solo: cultivo, colheita, pós-colheita e comercialização. Embrapa Mandioca e Fruticultura. 2022.

SILVA-MATOS, R.R.S.; SILVA JR., G.B.; MARQUES, A.S.; MONTEIRO, M.L.; CAVALCANTE, I. H. L.; OSAJIMA, J. A. New organic substrates and boron fertilizing for

production of yellow passion fruit seedlings. Archives of Agronomy and Soil Science, v. 62, n. 3, p. 445-455, 2016.

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

SOUZA, J. A.; LÉDO, F. J.; SILVA, M. R. da. Produção de mudas de hortaliças em recipientes. Rio Branco: Embrapa, 19p. Embrapa-CPAF/AC. Circular Técnica, 1997.

SOBRE NÓS. Organosolo, 2022. Disponível em: <https://www.organosolo.com/>

SPREITZER, R. J.; SALVUCCI, M. E. Rubisco: structure, regulatory interactions, and possibilities for a better enzyme. Annual Review of Plant Biology, v. 53, p. 449–475, 2002.

TRINDADE, A.V. Mamão. Produção: aspectos técnicos. Brasília: Embrapa Mandioca e Fruticultura (C.A.B.A), Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. 77 p.

VEJAN, P.; ABDULLAH, R.; KHADIRAN, T.; ISMAIL, S.; NASRULHAQ BOYCE, A. Role of Plant Growth Promoting Rhizobacteria in Agricultural Sustainability - A Review. Molecules, v. 21, n. 5, p. 573, 2016.

VIDAL, M. C.; SALDANHA, R.; VERISSIMO, M. A. A. BioInsumos: o programa nacional e sua relação com a produção sustentável. In: GINDRI, D. M.; MOREIRA, P. A. B.; VERISSIMO, M. A. A. Sanidade vegetal: uma estratégia global para eliminar a fome, reduzir a pobreza, proteger o meio ambiente e estimular o desenvolvimento econômico sustentável. 1 ed. Florianópolis: CIDASC, 2020. 486 p.