



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO
CAMPUS POSSE

**USO DE ÁCIDOS HUMICOS E FULVICOS NO DESENVOLVIMENTO INICIAL DO
MAMOEIRO**

Camila Wisniewski Possebom

Orientador: Prof. Dr.Elson Barbosa da Silva Junior

Posse – GO
2025
SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO
CAMPUS POSSE

**USO DE ÁCIDOS HUMICOS E FULVICOS NO DESENVOLVIMENTO INICIAL DO
MAMOEIRO**

Camila Wisniewski Possebom

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Instituto Federal Goiano – Campus Posse,
como requisito parcial para obtenção do título
de Bacharelado em Agronomia.

Orientação: Prof^ª. Dr.Elson Barbosa da Silva
Junior

Posse – GO

2025

**Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do
Programa de Geração Automática do Sistema Integrado de Bibliotecas do IF Goiano - SIBi**

P856u Possebom, Camila Wisniewski
 USO DE ÁCIDOS HUMICOS E FULVICOS NO
 DESENVOLVIMENTO INICIAL DO MAMOEIRO / Camila
 Wisniewski Possebom. Posse 2025.

 51f. il.

 Orientador: Prof. Dr. Prof. Dr.Elson Barbosa da Silva Junior.
 Tcc (Doutor) - Instituto Federal Goiano, curso de 0720024 -
 Bacharelado em Agronomia - Posse (Campus Posse).

 1. Acidos Humicos. 2. Fruticultura. 3. Susbstancias humicas. 4.
 Crescimento Vegetal. I. Título.

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO

PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS

NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano a disponibilizar gratuitamente o documento em formato digital no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

Tese (doutorado)

Dissertação (mestrado)

Monografia (especialização)

TCC (graduação)

Artigo científico

Capítulo de livro

Livro

Trabalho apresentado em evento

Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor:

Matrícula:

Título do trabalho:

RESTRIÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial: Não Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: / /

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O(a) referido(a) autor(a) declara:

- Que o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- Que obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autoria, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- Que cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

/ /

CAMILA WISNIEWSKI

POSSEBOM:0389029912

1

Assinado de forma digital por

CAMILA WISNIEWSKI

POSSEBOM:03890299121

Dados: 2025.09.26 17:24:54 -03'00'

Local

Data

Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Ciente e de acordo:

Assinatura do(a) orientador(a)

Documento assinado digitalmente

gov.br

ELSON BARBOSA DA SILVA JUNIOR

Data: 26/09/2025 18:15:15-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Ata nº 11/2025 - CCBAGR-POS/CE-POS/GE-POS/CMPPPOS/IFGOIANO

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO

Aos dezesseis dias do mês de setembro do ano de dois mil e vinte cinco, realizou-se a defesa de Trabalho de Curso da acadêmica Camila Wisniewski Possebom, do Curso de Bacharel em Agronomia, matrícula 2020107200240364, cuja monografia intitula-se USO DE ÁCIDOS HUMICOS E FULVICOS NO CRESCIMENTO INICIAL DO MAMOEIRO. A defesa iniciou-se às 09 horas e 53 minutos, finalizando-se às 12 horas e 06 minutos. Após apresentação do Trabalho de Curso, a Comissão Examinadora realizou a arguição que foi respondida pelo(a) discente, a média da apresentação oral foi de 9,00, a média do trabalho escrito foi de 8,00 perfazendo média geral de 8,5.

A comissão examinadora considerou o Trabalho de Curso:

- () Reprovado/Ausente
- (X) Aprovado, com recomendações que devem ser incorporadas à versão final.
- () Aprovado, sem recomendações de modificação da versão final.

Após atender às considerações da banca e respeitando o prazo disposto em calendário acadêmico, o discente deverá fazer a submissão da versão corrigida em formato digital (.pdf) no Repositório Institucional do IF Goiano – RIIF, acompanhado do Termo Ciência e Autorização Eletrônico (TCAE), devidamente assinado pelo autor e orientador. Os integrantes da banca examinadora assinam a presente.

(Assinado Eletronicamente)

Elson Barbosa da Silva Júnior
Presidente/Orientador(a)

(Assinado Eletronicamente)

Samuel Dias Moreira
Membro

(Assinado Eletronicamente)

Camilla Oliveira Rios
Membro

Documento assinado eletronicamente por:

- **Elson Barbosa da Silva Junior**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO , em 19/09/2025 13:41:00.
- **Camilla Oliveira Rios**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO , em 19/09/2025 14:00:05.
- **Samuel Dias Moreira**, PROF ENS BAS TEC TECNOLOGICO-SUBSTITUTO , em 19/09/2025 14:41:34.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 16/09/2025. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 744804

Código de Autenticação: 1c1aee72c4



INSTITUTO FEDERAL GOIANO

Campus Posse

Rodovia GO - 453 km 2,5, Fazenda Vereda do Canto, SN, Distrito Agroindustrial, POSSE / GO, CEP 73900-000

(62) 9390-5391, (62) 3605-3698

INSTITUTO FEDERAL GOIANO
CAMPUS POSSE
Coordenação do Curso Bacharelado em Agronomia

Trabalho de Conclusão de Curso
Camila Wisniewski Possebom

**USO DE ÁCIDOS HUMICOS E FULVICOS NO DESENVOLVIMENTO INICIAL DO
MAMOEIRO NO CERRADO**

Comissão Examinadora:

Prof. Dr. Elson Barbosa da Silva Junior
Presedente/Orientador
IF Goiano – Campus Posse

Prof. Dr. Samuel Dias Moreira
IF Goiano - Campus Posse

Prof. Dra. Camilla Oliveira Rios
IF Goiano – Campus Posse

Posse – GO, 16 de Setembro de 2025

AGRADECIMENTO

A Deus, por ser meu alicerce em todos os momentos. Pela força nos dias de fraqueza, pela esperança quando pensei em desistir e pela luz que sempre iluminou o meu caminho.

À minha família, porto seguro da minha vida. Aos meus pais, pelo amor incondicional, pela confiança e por acreditarem em mim mesmo quando eu duvidava das minhas capacidades. Cada gesto de carinho, cada palavra de incentivo e cada oração foram fundamentais para que eu chegasse até aqui.

Ao meu namorado, pelo amor, paciência e por estar ao meu lado em todos os momentos, compartilhando não apenas alegrias, mas também angústias e incertezas. Obrigada por acreditar em mim quando eu mesma duvidei e por me lembrar, todos os dias, que sou capaz.

Ao meu orientador Elson, pela paciência, dedicação e ensinamentos que foram muito além da academia. Obrigada por me guiar, me corrigir quando necessário e acreditar no potencial deste trabalho.

Aos meus amigos, que estiveram presentes nos momentos de alegria e também nos de dificuldade. Obrigada pelas palavras de apoio, pelas conversas que aliviaram a mente e pela amizade que tornou essa caminhada mais leve.

Este trabalho é fruto não apenas do meu esforço, mas também do amor, do apoio e da presença de cada um que caminhou comigo. A todos vocês, minha eterna gratidão.

Na natureza nada se cria, nada se perde, tudo se transforma.” – *Antoine Lavoisier*.

RESUMO

O cultivo do mamoeiro (*Carica papaya L.*) no Cerrado enfrenta limitações relacionadas à baixa fertilidade natural dos solos, elevada acidez, alta saturação por alumínio e reduzido teor de matéria orgânica, fatores que comprometem o crescimento inicial da cultura. Nesse contexto, o uso de condicionadores orgânicos à base de ácidos húmicos e fúlvicos tem se mostrado uma alternativa sustentável para melhorar a qualidade do solo e estimular o desenvolvimento das plantas. Este trabalho avaliou os efeitos da aplicação de diferentes doses do produto à base de ácidos húmicos e fúlvicos no desenvolvimento inicial do mamoeiro cultivado em vasos, em condições de Cerrado. O experimento foi conduzido em delineamento blocos casualizado (DBC), em esquema fatorial 4×4 , com quatro épocas de avaliação (15, 30, 45 e 60 dias após o transplante), quatro doses (0; 1,25; 2,5 e 4,5 mL vaso⁻¹) e três repetições. As variáveis analisadas incluíram altura, diâmetro do caule, número de folhas, índice de clorofila, massa seca da parte aérea e das raízes. Os resultados indicaram incrementos significativos em altura, diâmetro, número de folhas e acúmulo de biomassa aérea e radicular nas doses de 2,5 e 4,5 mL vaso⁻¹, enquanto o índice de clorofila não apresentou diferenças estatísticas. Conclui-se que o uso de substâncias húmicas e fúlvicas favorece o crescimento inicial do mamoeiro, destacando-se a dose de 4,5 mL vaso⁻¹ como a mais eficiente, o que reforça seu potencial como estratégia de manejo sustentável para o cultivo da cultura no Cerrado.

Palavras-chave: Fruticultura tropical; Solos ácidos; Condicionadores orgânicos; Substâncias húmicas; Crescimento vegetal.

ABSTRACT

The cultivation of papaya (*Carica papaya* L.) in the Cerrado faces limitations related to the low natural fertility of soils, high acidity, aluminum saturation, and reduced organic matter content, factors that compromise the initial growth of the crop. In this context, the use of organic conditioners based on humic and fulvic acids has proven to be a sustainable alternative to improve soil quality and stimulate plant development. This study evaluated the effects of different doses of a product based on humic and fulvic acids on the initial development of papaya cultivated in pots under Cerrado conditions. The experiment was conducted in a randomized block design (RBD), in a 4×4 factorial scheme, with four evaluation times (15, 30, 45, and 60 days after transplanting), four doses (0; 1.25; 2.5; and 4.5 mL per pot), and three replications. The evaluated variables included plant height, stem diameter, number of leaves, chlorophyll index, and shoot and root dry mass. The results indicated significant increases in height, diameter, number of leaves, and biomass accumulation in shoots and roots at doses of 2.5 and 4.5 mL per pot, while the chlorophyll index did not show statistical differences. It was concluded that the use of humic and fulvic substances favors the initial growth of papaya, highlighting the dose of 4.5 mL per pot as the most efficient, reinforcing its potential as a sustainable management strategy for the cultivation of papaya in the Cerrado.

Keywords: tropical fruit crops; acid soils; organic conditioners; humic substances; plant growth.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Produto comercial BlackGold® utilizado como fonte de ácidos húmicos e fúlvicos no experimento. Fonte: Autora, (2025).....	21
Figura 2 – Mudas de mamoeiro (<i>Carica papaya</i> L.) utilizadas no experimento: (A) mudas após o transplante para vasos de 5 L.....	23
Figura 4 – Regressão linear da massa seca da parte aérea de plantas de mamoeiro em função do tempo de avaliação (15, 30, 45 e 60 dias), considerando diferentes doses do condicionador de solo Black Gold®.....	29
Figura 5 – Regressão polinomial da massa seca da raiz de plantas de mamoeiro em função das doses do condicionador de solo Black Gold®, avaliadas aos 15, 30, 45 e 60 dias.....	31
Figura 6 – Regressão linear da massa seca da raiz de plantas de mamoeiro em função do tempo de avaliação (15, 30, 45 e 60 dias), considerando diferentes doses do condicionador de solo Black Gold®.....	32
Figura 9 – Regressão polinomial do diâmetro do caule de plantas de mamoeiro em função das doses do condicionador de solo Black Gold®, avaliadas aos 15, 30, 45 e 60 dias.....	37
Figura 10 – Regressão linear do diâmetro do caule de plantas de mamoeiro em função do tempo de avaliação (15, 30, 45 e 60 dias), considerando diferentes doses do condicionador de solo Black Gold®.....	38
Figura 11 – Regressão polinomial do número de folhas de plantas de mamoeiro em função das doses do condicionador de solo Black Gold®, avaliadas aos 15, 30, 45 e 60 dias.....	40
Figura 12 – Regressão linear do número de folhas de plantas de mamoeiro em função do tempo de avaliação (15, 30, 45 e 60 dias), considerando diferentes doses do condicionador de solo Black Gold®.....	41
Figura A1 – Etapas do preparo das amostras de mudas de mamoeiro (<i>Carica papaya</i> L.).....	50
Figura A2 – Sistema radicular de mudas de mamoeiro (<i>Carica papaya</i> L.).....	50
Figura A3 – Diferenças de altura entre mudas de mamoeiro (<i>Carica papaya</i> L.).....	51
Figura A4 – Avaliação do diâmetro do caule em mudas de mamoeiro (<i>Carica papaya</i> L.).....	51

LISTA DE TABELAS

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS.....	9
Tabela 1. Temperatura média do ar (°C) e umidade relativa (%) registradas nos meses de abril a julho, durante o período experimental.	20
Tabela 2 – Descrição dos tratamentos aplicados no experimento, com respectivas porcentagens em relação à dose de referência (2,5 mL vaso ⁻¹) e volumes efetivamente aplicados por vaso.....	25
Tabela 3. Massa seca da parte aérea das plantas de mamoeiro (g) em função de diferentes doses do condicionador de solo Black Gold® e épocas de avaliação.....	27
Tabela 4. Massa seca da raiz das plantas de mamoeiro (g) em função de diferentes doses do condicionador de solo Black Gold® e épocas de avaliação.....	30
Tabela 6. Diâmetro médio do caule de plantas de mamoeiro (cm) em função de diferentes doses do condicionador de solo Black Gold® e épocas de avaliação.....	36
Tabela 7. Número médio de folhas de plantas de mamoeiro em função de diferentes doses do condicionador de solo Black Gold® e épocas de avaliação.....	39
Tabela 8. Conteúdo de clorofila em plantas de mamoeiro em função de diferentes doses do condicionador de solo Black Gold® e épocas de avaliação.....	42

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

cm	.....	Centímetro
mm	.....	Milímetro
g	.....	Grama
kg	.....	Quilograma
L	.....	Litro
mL	.....	Mililitro
mmolc	.....	Milimol de carga por decímetro cúbico
°C	.....	Grau Celsius
%	.....	Porcentagem
AIA	.....	Ácido Indolacético
ANOVA	.....	Análise de Variância
COT	.....	Carbono Orgânico Total
CTC	.....	Capacidade de Troca Catiônica
DBC	.....	Delineamento blocos casualizados
MAPA	.....	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
NPK	.....	Nitrogênio, Fósforo e Potássio
SPAD	.....	Soil Plant Analysis Development (Índice de clorofila)
IF Goiano	.....	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano
R	.....	Coeficiente de Correlação
μL	.....	Microlitro

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. JUSTIFICATIVA	13
3. OBJETIVOS	13
Objetivos Específicos	13
4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	14
4.1. A cultura do mamoeiro	14
4.2. Desafios no cultivo no Cerrado	15
4.3. Origem das substâncias Húmicas e Fúlvicas	15
4.4. Efeitos fisiológicos das substâncias húmicas nas plantas	16
4.5. Uso das substâncias húmicas e fúlvicas	17
5. METODOLOGIA	19
5.1. Local e metodologia utilizada	19
5.2. Caracterização do produto comercial	21
5.3. Delineamento experimental	22
5.4. Condução do experimento	23
5.5. Tratamentos	24
5.6. Variáveis avaliadas	25
6. RESULTADOS E DISCUSSÕES	26
6.1. Massa seca da parte aérea (g)	26
6.2. Massa seca de raízes (g)	30
6.3. Altura de plantas (mm)	33
6.4. Diâmetro do caule (mm)	36
6.5. Número de folhas (unid.)	39
6.6. Clorofila	42
7. CONCLUSÃO	43
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44
APÊNDICE A – REGISTRO FOTOGRÁFICO DA CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO	50

1. INTRODUÇÃO

O mamoeiro (*Carica papaya L.*) é uma frutífera de grande importância econômica e social no Brasil, devido ao valor nutricional de seus frutos — ricos em vitamina C, licopeno, fibras e papaína — e à geração de empregos em toda a cadeia produtiva (CARTAXO, 2021). O país está entre os maiores produtores e exportadores mundiais, com destaque para os estados da Bahia, Espírito Santo e Rio Grande do Norte (EMBRAPA, 2021; SEAGRI-BA, 2024). Essa expressiva participação é resultado da adaptabilidade da cultura às condições tropicais e dos avanços nas práticas de manejo, como irrigação e fertirrigação, que elevaram a produtividade e melhoraram a eficiência no uso da água (FEITOSA et al., 2016), bem como do melhoramento genético, que tem gerado linhagens e híbridos mais produtivos e resistentes (EMBRAPA, 2023).

Apesar desse potencial produtivo, o cultivo do mamoeiro no bioma Cerrado enfrenta entraves expressivos. Os solos da região, em sua maioria de origem ácida e altamente intemperizados, apresentam baixa fertilidade natural, baixos teores de cálcio, magnésio e fósforo, além de concentrações elevadas de alumínio trocável, que pode ser tóxico para as plantas e comprometer o desenvolvimento radicular (FIGUEIREDO, 2016). A saturação por alumínio frequentemente ultrapassa 40%, inibindo a absorção de nutrientes essenciais e reduzindo a eficiência da adubação química (SOUSA; LOBATO, 2004). Outro fator limitante é a escassez de matéria orgânica, que restringe a atividade microbiana, a capacidade de retenção de água e a disponibilidade de nutrientes para as plantas (HARIDASAN, 2000). Além disso, a compactação e a baixa porosidade em algumas áreas dificultam a penetração das raízes e o aproveitamento dos recursos do solo (SOARES et al., 2020). Em conjunto, essas limitações exigem práticas de correção e manejo criteriosas, como calagem, adubação equilibrada e o uso de condicionadores de solo, para que a cultura do mamoeiro possa expressar seu potencial produtivo no Cerrado (OLIVEIRA; COELHO, 2021).

Nesse contexto, o uso de substâncias húmicas, especialmente os ácidos húmicos e fúlvicos, surge como alternativa de manejo sustentável. As substâncias húmicas são compostos orgânicos derivados da decomposição de resíduos vegetais e animais, no processo de humificação. São consideradas a principal fração da matéria orgânica do solo e exercem papel essencial na fertilidade e na disponibilidade de nutrientes (NARDI et al., 2016). Essas

substâncias são divididas em três frações principais: humina, ácidos húmicos e ácidos fúlvicos, que se diferenciam pela cor, peso molecular e solubilidade (STEVENSON, 1994; TREVISAN et al., 2010).

Os ácidos húmicos apresentam maior peso molecular, coloração mais escura e são insolúveis em meio ácido, atuando principalmente na melhoria das propriedades químicas e físicas do solo, como capacidade de troca catiônica (CTC), retenção de água e disponibilidade de nutrientes. Já os ácidos fúlvicos têm menor peso molecular, coloração mais clara e são solúveis tanto em meio ácido quanto alcalino, o que lhes confere maior mobilidade, favorecendo a complexação e a translocação de nutrientes no interior das plantas (TREVISAN et al., 2010; CANELLAS et al., 2014).

Além de condicionadores de solo, essas substâncias também funcionam como bioestimulantes. Elas interagem com membranas celulares, estimulam enzimas e rotas hormonais, como a do ácido indolacético (AIA), promovendo maior emissão de raízes laterais, expansão celular e absorção de nutrientes (CANELLAS; OLIVARES, 2014; CANELLAS et al., 2023). Entre os efeitos fisiológicos mais importantes destacam-se o estímulo ao crescimento radicular, a maior eficiência fotossintética, o aumento do conteúdo de clorofila e a melhoria da tolerância a estresses como seca, salinidade e toxidez por alumínio (NARDI et al., 2016; ZANDONADI et al., 2014).

Estudos recentes comprovam que a aplicação de ácidos húmicos e fúlvicos pode resultar em plantas mais vigorosas, com maior acúmulo de biomassa e maior capacidade de adaptação a condições adversas (CASTRO, 2023; MA et al., 2024). Dessa forma, o uso dessas substâncias representa uma estratégia promissora para conciliar a alta produtividade com a sustentabilidade agrícola, especialmente em solos tropicais como os do Cerrado.

Uma grande hipótese usada neste trabalho é a aplicação de doses de ácidos húmicos e fúlvicos até o limite de 180% do recomendado não causa danos às raízes do mamoeiro e promove um desenvolvimento inicial mais vigoroso da planta no Cerrado. Partindo do pressuposto de que doses superiores a 180% poderiam ser prejudiciais, a hipótese central deste trabalho é que 180% representa um nível seguro e eficaz para otimizar o crescimento inicial, enquanto 200% resultaria em estresse radicular.

Diante do exposto, torna-se essencial avaliar o efeito de doses de ácidos húmicos e fúlvicos no desenvolvimento inicial do mamoeiro em condições de Cerrado, a fim de identificar estratégias de manejo que favoreçam a formação de mudas mais robustas e adaptadas.

2. JUSTIFICATIVA

O cultivo do mamoeiro no Cerrado é limitado pela baixa fertilidade natural dos solos, caracterizados por acidez elevada, baixa disponibilidade de nutrientes e alta saturação por alumínio, fatores que comprometem o desenvolvimento inicial das plantas. Apesar da correção com calcário e adubação, essas condições ainda representam obstáculos típicos da região. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, permitindo controle ambiental sem perder a representatividade das condições de solo do Cerrado.

Nesse cenário, o uso de condicionadores orgânicos, como ácidos húmicos e fúlvicos, constitui uma alternativa promissora por melhorar as propriedades químicas do solo e estimular processos fisiológicos nas plantas. Contudo, ainda são escassos estudos que comprovem seus efeitos no desenvolvimento inicial do mamoeiro em condições de Cerrado. Assim, este trabalho se justifica por gerar informações científicas e práticas que possam subsidiar estratégias de manejo mais eficientes e sustentáveis, contribuindo para a viabilidade da cultura na região.

3. OBJETIVOS

Avaliar os efeitos da aplicação de diferentes doses de um condicionador orgânico à base de ácidos húmicos e fúlvicos sobre o desenvolvimento inicial do mamoeiro (*Carica papaya L.*) cultivado em vasos.

Objetivos Específicos

- Analisar o crescimento inicial do mamoeiro, considerando altura da planta, diâmetro do caule, número de folhas e teor de clorofila em função das doses aplicadas;
- Avaliar o impacto das diferentes doses no acúmulo de massa seca da parte aérea e das raízes;
- Comparar os efeitos das doses aplicadas (0, 50, 100 e 180% da recomendação comercial) e identificar a mais eficiente para o desenvolvimento inicial da cultura.

4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

4.1. A cultura do mamoeiro

O Brasil se destaca como um dos principais produtores e exportadores de mamão, fruta amplamente consumida no país, com alto valor nutricional e relevante contribuição para a economia agrícola nacional (EMBRAPA, 2021). Além de sua grande importância econômica, deve ser ressaltada sua função social, pois o mamoeiro produz durante o ano todo e necessita de renovação periódica das lavouras, o que gera empregos e absorve mão de obra continuamente (FARIA et al., 2009). O principal produtor de mamão papaia do Brasil, a Bahia tem no Extremo-Sul e no Oeste do Estado as principais áreas de cultivo. No ano passado, o destaque da produção foi para o município de Luís Eduardo Magalhães, que, com apenas três fazendas, foi responsável por mais da metade das exportações de mamão do estado, cerca de 4,3 mil toneladas (SEAGRI-BA, 2025).

O mamoeiro (*Carica papaya L.*) é uma das frutíferas mais comuns em diversos países da América Tropical e a espécie é considerada uma das mais cultivadas e consumidas em regiões tropicais e subtropicais ao redor do mundo (SERRANO; CAETANO, 2010). O mamão é cultivado em quase todo o território brasileiro, sobretudo nos estados da Bahia, do Espírito Santo e do Ceará (FARIA et al., 2009). Essa relevância se deve à combinação de condições climáticas favoráveis, avanços tecnológicos e práticas agrícolas eficientes que impulsionam a produtividade e a qualidade dos frutos (EMBRAPA, 2021). O mamoeiro adapta-se bem a diferentes tipos de solo, prefere solos profundos, bem drenados, férteis e ricos em matéria orgânica, com textura areno-argilosa ou arenosa. Solos excessivamente argilosos, compactados ou sujeitos a encharcamento são inadequados, pois favorecem a ocorrência de doenças radiculares. (NOGUEIRA FILHO; CASTRO, 2003; MARTELLETO et al., 2009). O mamoeiro responde bem à adubação orgânica, que traz como vantagem a melhoria das condições físicas, químicas e biológicas do solo. (FARIA et al., 2009). O mamoeiro pode ser propagado por meio de sementes, estaquia e enxertia. Contudo, para as nossas condições, as sementes são mais utilizadas (IDAM, 2020).

A frutífera possui grande importância econômica e social no Brasil, mas sua produtividade depende de condições edafoclimáticas favoráveis e do uso de práticas de manejo adequadas, como irrigação e melhoramento genético (COELHO FILHO et al., 2023; EMBRAPA, 2021).

4.2. Desafios no cultivo no Cerrado

O bioma Cerrado ocupa cerca de 24% do território brasileiro e abriga solos altamente intemperizados, predominantemente Latossolos e Argissolos, que apresentam limitações significativas para a agricultura (BECERRA et al., 2023). Esses solos, em sua maioria, possuem acidez elevada, baixa disponibilidade de nutrientes essenciais, como cálcio, magnésio e fósforo, além de apresentarem alta saturação por alumínio, elemento tóxico para as plantas em concentrações elevadas (FIGUEIREDO, 2016; SOUSA; LOBATO, 2004). Essa combinação de fatores compromete o crescimento radicular e a absorção de nutrientes, dificultando o pleno desenvolvimento do mamoeiro em condições de Cerrado (YAN et al., 2024).

Além das restrições químicas, os solos do Cerrado também enfrentam problemas relacionados ao baixo teor de matéria orgânica, o que reduz substancialmente a capacidade de retenção de água (SANTOS et al., 2025). A baixa matéria orgânica reduz a atividade microbiana e limita a capacidade de retenção de água e nutrientes, agravando os efeitos da acidez e da baixa fertilidade (HARIDASAN, 2000). Essa característica impõe maior dependência do uso de insumos externos, como fertilizantes e corretivos, encarecendo a produção e aumentando a vulnerabilidade de pequenos produtores que não dispõem de recursos financeiros para adotar pacotes tecnológicos intensivos (WEKESA, 2024).

A compactação é um entrave recorrente nos solos do Cerrado, resultante de práticas de manejo inadequadas, como preparo intensivo e uso contínuo de máquinas pesadas, que reduzem a porosidade, dificultam a infiltração de água e diminuem a disponibilidade hídrica para as plantas (SOARES et al., 2020). A soma desses fatores, que são acidez, baixa fertilidade, alta saturação por alumínio, baixos teores de matéria orgânica e compactação, evidencia os desafios de se estabelecer o cultivo do mamoeiro no Cerrado e reforça a necessidade do uso de práticas corretivas, como a calagem, a adubação equilibrada e o emprego de condicionadores de solo, para garantir o potencial produtivo da cultura (BOAVENTURA et al., 2023).

4.3. Origem das substâncias Húmicas e Fúlvicas

As substâncias húmicas são formadas ao longo da decomposição de resíduos vegetais e animais, em um processo de humificação que envolve transformações químicas e biológicas mediadas por microrganismos. Esse processo gera frações distintas, como ácidos húmicos, ácidos fúlvicos e humina, que diferem em peso molecular, cor e solubilidade (STEVENSON,

1994; TREVISAN et al., 2010; NARDI et al., 2016). Essas moléculas apresentam alta capacidade de troca catiônica e interação com nutrientes do solo, favorecendo sua disponibilidade às plantas (CANELLAS et al., 2014).

Dentro desse complexo, os ácidos húmicos e os ácidos fúlvicos se diferenciam pela solubilidade e pelo peso molecular, enquanto os ácidos húmicos apresentam maior peso molecular, coloração mais escura e permanecem insolúveis em meio ácido, enquanto os ácidos fúlvicos têm menor peso molecular, coloração mais clara e solubilidade tanto em meio ácido quanto alcalino (TREVISAN et al., 2010). Nesse sentido, os mesmos autores destacam que as características estruturais das substâncias húmicas explicam a diversidade de funções que exercem no solo e nas plantas, desde a melhoria da estrutura física até a indução de respostas fisiológicas que estimulam o crescimento vegetal.

As substâncias húmicas, formadas pela decomposição de resíduos orgânicos ao longo do tempo, representam a principal fração da matéria orgânica do solo e exercem papel central na fertilidade e na disponibilidade de nutrientes (NARDI et al., 2016; SUN et al., 2024). Para além de sua origem, é essencial compreender como estes compostos interagem com as plantas, desencadeando efeitos fisiológicos que favorecem seu crescimento (TREVISAN et al., 2010).

4.4. Efeitos fisiológicos das substâncias húmicas nas plantas

As substâncias húmicas não atuam apenas como condicionadores de solo, mas também exercem funções de bioestimulantes, influenciando processos fisiológicos essenciais nas plantas (CANELLAS; OLIVARES, 2014). Estudos demonstram que essas moléculas podem interagir com membranas celulares, estimular a atividade de enzimas e modular a expressão gênica, resultando em maior eficiência na absorção de nutrientes e na utilização de recursos do ambiente (NARDI et al., 2016).

Um dos efeitos mais destacados é o estímulo ao crescimento radicular. Os ácidos húmicos promovem a elongação das raízes laterais e o aumento do volume radicular, o que amplia a exploração do solo e melhora a absorção de água e nutrientes (TREVISAN et al., 2010). Esse efeito tem sido atribuído à ativação de rotas hormonais, como a do ácido indolacético (AIA), que regula processos de divisão e expansão celular nas raízes (CANELLAS et al., 2023).

Além disso, as substâncias húmicas contribuem para a resiliência das plantas frente a estresses ambientais, como déficit hídrico, salinidade e toxidez por alumínio (NARDI et al.,

2016). Elas atuam melhorando o balanço osmótico, aumentando a eficiência do uso da água e ativando mecanismos antioxidantes, o que resulta em maior tolerância a condições adversas. Esses efeitos bioestimulantes reforçam o potencial das substâncias húmicas como ferramentas sustentáveis para a agricultura, reduzindo a dependência de insumos químicos e favorecendo a produtividade em sistemas tropicais (CANELLAS et al., 2023).

Além dos efeitos diretos no crescimento e na tolerância ao estresse, as substâncias húmicas também impactam positivamente a produtividade e a qualidade das culturas (MA et al., 2024). Pesquisas mostram que sua aplicação pode aumentar a taxa fotossintética, o conteúdo de clorofila e a eficiência do uso de nutrientes, refletindo em maior acúmulo de biomassa e produção de frutos com melhores características físico-químicas (ZANDONADI et al., 2025). Esses resultados indicam que o uso de substâncias húmicas, especialmente em sistemas agrícolas tropicais, representa uma estratégia promissora para conciliar alta produtividade com sustentabilidade, reduzindo a necessidade de insumos químicos e melhorando a eficiência dos recursos naturais (CANELLAS et al., 2023).

Os efeitos fisiológicos das substâncias húmicas incluem a indução do crescimento radicular, a maior eficiência fotossintética e a tolerância a estresses ambientais, o que resulta em incrementos na produtividade agrícola (CANELLAS et al., 2002; NARDI et al., 2016; CANELLAS et al., 2023). No entanto, para que esses benefícios sejam aplicados de forma prática, é necessário considerar seu uso direcionado em sistemas de cultivo específicos, como o mamoeiro (ZANDONADI et al., 2014).

4.5. Uso das substâncias húmicas e fúlvicas

Na natureza, ocorrem processos naturais de decomposição da matéria orgânica, seja de origem vegetal ou animal. Processos bióticos e abióticos, como microorganismos e umidade, resultam na degradação da estrutura celular do material orgânico. Quando essa estrutura não é mais reconhecível, o material se transforma em húmus (BALDOTTO, M.; BALDOTTO, L., 2023). Nas plantas, o húmus atua diretamente no seu desenvolvimento ou até indiretamente na solubilização de nutrientes do solo. (GARCÍA et al., 2019). As substâncias húmicas são classificadas como compostos orgânicos concentrados, gerados por ação microbiana e pela sua elevada permanência no solo (BALDOTTO, 2023).

O uso de substâncias húmicas no cultivo de plantas tem se mostrado uma estratégia promissora para promover melhorias na qualidade do solo e no desenvolvimento vegetal.

Segundo Rosa et al. (2017), a presença dessas substâncias no solo, resultantes da decomposição de material orgânico, influencia positivamente diversas propriedades físicas, químicas e biológicas, além de atuar diretamente na absorção de nutrientes pelas plantas. De maneira complementar, Castro (2023) destaca que as substâncias húmicas e seus extratos, incluindo combinações com extratos de algas, exercem ação bioestimulante sobre as plantas. Estes compostos promovem alterações na estrutura celular e no metabolismo vegetal, favorecendo o crescimento radicular, o aumento da área foliar e a tolerância a estresses abióticos. A atuação dessas substâncias no mamoeiro pode ser especialmente relevante nas fases iniciais de desenvolvimento, contribuindo para a formação de um sistema radicular robusto e para o estabelecimento de plantas mais vigorosas, o que é fundamental para garantir a produtividade e a qualidade dos frutos (CASTRO, 2023).

Os bioestimulantes são definidos como a mistura de reguladores de crescimento de plantas com substâncias orgânicas (ROUPHAEL; COLLA, 2020). são classificados como reguladores algas marinhas, hidrolisados de proteínas (aminoácidos), microrganismos promotores de crescimento e ácidos húmicos e fúlvicos (ROMERO FÉLIX et al., 2023). Esses reguladores são capazes de alterar os processos fisiológicos da planta, favorecendo a aquisição de nutrientes e o desenvolvimento vegetativo e reprodutivo (LOCONSOLE; CRISTIANO; DE LUCIA, 2023). As substâncias húmicas, compostas principalmente de ácidos húmicos e fúlvicos, contribuem para o crescimento e o desenvolvimento de diferentes espécies vegetais (CANELLAS et al., 2023). Os ácidos húmicos ajudam na germinação de sementes, aumentando a retenção de calor pelo solo, graças à coloração tipicamente escura que têm, atuando também no aumento da capacidade de troca catiônica (CTC) e na capacidade tampão do solo. A estrutura e a composição química dessas substâncias orgânicas devem ser conhecidas para poder entender sua participação em processos químicos, biológicos e ambientais (MA et al., 2016).

Bioestimulantes, como os ácidos húmicos, têm natureza complexa, e seu efeito nas plantas ainda não é totalmente elucidado (CANELLAS et al., 2020; FEDOTOV, G. et al., 2018). A atividade biológica do ácido húmico depende de sua dosagem, origem e tamanho molecular (NARDI; SCHIAVON; FRANCIOSO, 2021). Indiretamente, são incluídas melhorias nas propriedades do solo, como agregação, aeração, permeabilidade, capacidade de retenção de água e transporte e disponibilidade de micronutrientes, enquanto a influência direta inclui melhoria na biomassa vegetal (ASIK et al., 2009).

No Brasil, produtos à base de substâncias húmicas oriundos da leonardita são comercializados e usados em várias culturas para aumento da produtividade e da resistência das plantas. A leonardita é resultado da decomposição de animais e plantas em decorrência da ação de microrganismos. Nesse processo, ocorre a oxidação atmosférica da linhita e sedimentos de substâncias húmicas, resultando na formação de ácidos húmicos e fúlvicos. Esses ácidos são essenciais para a matéria orgânica no solo, desempenhando papel importante na sua propriedade (DELLA LUCIA et al., 2021; CARRILLO et al., 2015).

Um amplo espectro de produtos comerciais contendo substâncias húmicas extraídas de fontes minerais está disponível como condicionadores de solo e estimulantes vegetais. Além do uso agrícola, estes condicionadores têm um alto potencial de remediação de solos e aquíferos poluídos com metais pesados e moléculas orgânicas tóxicas, em razão da sua capacidade de complexação com poluentes, tornando-os bioindisponíveis ou acelerando sua biodegradação (GUO, X-x, 2019; ZHANG, L. et al., 2020).

O uso agrícola de substâncias húmicas e fúlvicas representa uma alternativa sustentável capaz de melhorar a fertilidade do solo, estimular processos fisiológicos das plantas e aumentar a produtividade com menor dependência de insumos químicos (ZANDONADI et al., 2014; MA; CHENG; ZHANG, 2024). Considerando a escassez de estudos voltados especificamente ao mamoeiro, torna-se relevante avaliar seus efeitos no desenvolvimento inicial da cultura em condições do Cerrado (CASTRO, 2023).

5. METODOLOGIA

5.1. Local e metodologia utilizada

O experimento foi conduzido no Instituto Federal Goiano – Campus Posse, localizado na área experimental da Fazenda Escola, em casa de vegetação, sob coordenadas geográficas 14°06'31"S e 46°19'39"W, a 811 metros de altitude. O período de condução foi de cinco meses (abril a agosto), abrangendo condições climáticas típicas do Cerrado goiano, caracterizadas por temperatura média anual de aproximadamente 23 °C. Durante o período experimental, as condições de temperatura média do ar e umidade relativa registrada estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Temperatura média do ar (°C) e umidade relativa (%) registradas nos meses de abril a julho, durante o período experimental. Fonte: Autora (2025), a partir de dados da Estação Meteorológica do IF Goiano – Campus Posse.

Mês	Temperatura Média (°C)	Umidade Relativa (%)
Abril	24,64	77,17
Maio	23,12	68,10
Junho	22,82	59,89
Julho	22,22	52,63

O solo utilizado no experimento foi coletado manualmente na área da Fazenda Escola, na camada de 0–20 cm de profundidade, correspondente à zona de maior atividade radicular e de maior influência das práticas de manejo. Em seguida, o solo foi peneirado em malha de 4 mm, com o objetivo de uniformizar a granulometria, eliminar torrões e resíduos grosseiros, assegurando maior homogeneidade dos vasos experimentais.

Após o preparo, cada vaso de polietileno rígido, com capacidade de 5 L, foi preenchido com aproximadamente 7 kg de solo. Antes da instalação, foi realizada a análise química inicial que indicou pH ácido em CaCl_2 (4,24), baixos teores de cálcio (2,15 mmolc/dm³), magnésio (1,50 mmolc/dm³) e potássio (0,11 mmolc/dm³), além de elevados valores de alumínio trocável (2,85 mmolc/dm³) e acidez potencial (29,0 mmolc/dm³). A matéria orgânica apresentou teor de 12,73 g/dm³, com capacidade de troca catiônica (CTC) a pH 7,0 de 32,76 mmolc/dm³, porém CTC efetiva de apenas 6,61 mmolc/dm³. Esses resultados apontam para uma baixa saturação por bases (11,46%) e elevada saturação por alumínio (43,15%), condições características dos solos do Cerrado, limitantes para o crescimento inicial de mudas de mamoeiro.

Considerando as limitações detectadas, foi realizada a correção da acidez por meio da aplicação de calcário dolomítico, assegurando a homogeneização completa do corretivo no substrato. Após a incorporação, o solo permaneceu incubado por 30 dias em ambiente protegido, sendo umedecido diariamente até atingir 60–70% da capacidade de campo, com a finalidade de favorecer a reação do corretivo, reduzir a acidez e permitir a estabilização do

pH. Esse procedimento é fundamental para criar um ambiente mais favorável ao desenvolvimento inicial das mudas, aumentando a disponibilidade de cálcio e magnésio e reduzindo a toxicidade do alumínio (FARIA et al., 2009).

O registro fotográfico das principais etapas da condução do experimento, incluindo o preparo das mudas, o transplante, a adubação, o desenvolvimento radicular e as avaliações morfológicas, encontra-se apresentado no Apêndice A deste trabalho.

5.2. Caracterização do produto comercial

O produto avaliado neste estudo foi o BlackGold® (Fortegreen, Curitiba, Brasil), um condicionador orgânico classificado como fertilizante organomineral para aplicação via solo, registrado no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Trata-se de uma formulação obtida a partir da decomposição de matéria vegetal, contendo 3,0% de ácidos húmicos, 2,0% de ácidos fúlvicos e 6,0% de carbono orgânico total (COT).



Figura 1 – Produto comercial BlackGold® utilizado como fonte de ácidos húmicos e fúlvicos no experimento. **Fonte:** Autora, (2025)

Os ácidos húmicos presentes no produto atuam principalmente na melhoria das propriedades químicas e físicas do solo, aumentando a capacidade de retenção de água e nutrientes, além de estimular a absorção de íons pelas raízes (KANDRA *et al.*, 2024). Já os ácidos fúlvicos, por apresentarem menor peso molecular, possuem maior mobilidade e favorecem a complexação e a translocação de nutrientes no interior das plantas,

desempenhando papel importante no metabolismo celular (LV *et al.*, 2024). O carbono orgânico total, por sua vez, contribui como fonte de energia para microrganismos benéficos, promovendo maior atividade biológica e auxiliando na manutenção da fertilidade do solo (CARNEIRO *et al.*, 2008; SILVA *et al.*, 2023).

Além desses componentes, o BlackGold® inclui microrganismos benéficos, como bactérias e fungos, além de bioestimulantes e nutrientes complementares. Essa combinação favorece a germinação, estimula o crescimento radicular e aumenta a tolerância das plantas a estresses abióticos e bióticos. Por essa razão, sua aplicação é recomendada especialmente nas fases iniciais de cultivo, promovendo maior uniformidade na emergência e desenvolvimento vigoroso das mudas.

As informações referentes à composição, forma de uso e recomendações técnicas foram obtidas diretamente da embalagem do produto e do material técnico disponibilizado pela empresa Fortegreen.

5.3. Delineamento experimental

O experimento foi conduzido em delineamento de blocos casualizados (DBC), em esquema fatorial 4×4 , correspondendo a quatro doses do produto BlackGold® (0, 50, 100 e 180% da recomendação comercial) e quatro épocas de avaliação (15, 30, 45 e 60 dias após o transplântio), com três repetições, totalizando 48 unidades experimentais ($4 \text{ doses} \times 4 \text{ épocas} \times 3 \text{ repetições}$).

As doses foram definidas de modo a contemplar diferentes cenários de uso do condicionador orgânico. A dose 0% representou a testemunha sem aplicação; a dose 50% buscou avaliar um uso conservador em relação à recomendação; a dose 100% correspondeu à indicação prática do fabricante; e a dose 180% foi escolhida como limite superior seguro, inferior a 200%, visando explorar possíveis respostas adicionais sem risco de efeitos osmóticos ou fitotóxicos nas mudas, considerando observações preliminares em substratos de textura arenosa. Dessa forma, cada vaso de 5 L recebeu, respectivamente, 0 mL, 1,25 mL, 2,5 mL e 4,5 mL do produto, aplicados via drench no momento do transplântio.

Cada unidade experimental foi constituída por um vaso de 5 L contendo aproximadamente 7 kg de solo arenoso do Cerrado, previamente corrigido com calcário

dolomítico e homogeneizado. Em cada vaso foi transplantada uma muda de mamoeiro (*Carica papaya L.*), com cerca de 25 dias após a germinação. As mudas utilizadas foram doadas pela empresa Frutas Futuro Agrícola, sediada em São Félix do Coribe – BA, tradicional produtora de mamão no Oeste baiano, reconhecida por sua infraestrutura de produção e beneficiamento para abastecimento de mercados nacional e internacional.

5.4. Condução do experimento

As mudas de mamoeiro (*Carica papaya L.*), com aproximadamente 25 dias após a germinação, foram obtidas por doação da empresa Frutas Futuro Agrícola, sediada em São Félix do Coribe – BA, reconhecida como uma das principais produtoras de mamão no Oeste baiano. No momento do recebimento, as mudas apresentavam três a quatro folhas verdadeiras, altura uniforme e bom estado fitossanitário. A seleção foi realizada considerando a homogeneidade do lote, a fim de reduzir a variabilidade experimental e assegurar maior confiabilidade nos resultados.

Figura 2 – Mudas de mamoeiro (*Carica papaya L.*) utilizadas no experimento: (A) mudas após o transplante para vasos de 5 L.



Fonte: A autora (2025).

Posteriormente ao transplante, as mudas passaram por um período de aclimação de sete dias, durante o qual receberam apenas irrigação frequente, sem aplicação de insumos adicionais. Esse procedimento teve como objetivo reduzir o estresse decorrente do transplante, favorecer a emissão de novas raízes e garantir a adaptação das plantas ao novo ambiente.

Nos vasos, com capacidade de 5 L, foi aplicada a dose de 2,5 g de adubo NPK 4-14-8 por vaso, valor ajustado de forma proporcional às recomendações usuais de campo, que variam entre 300 e 800 kg ha⁻¹ para culturas frutíferas (RAIJ et al., 1996; MALAVOLTA, 2006). Essa adequação visou manter a representatividade da adubação em condições experimentais, evitando excessos que poderiam mascarar os efeitos das substâncias húmicas e fúlvicas avaliadas.

A dose de adubação de base foi estabelecida com base em critérios de proporcionalidade entre volume de solo e quantidade de fertilizante. Trata-se de prática comum em experimentos conduzidos em vasos, conforme exemplificado por Saraiva et al. (2011), que utilizaram doses de superfosfato simples expressas em kg por metro cúbico de substrato (0 a 8 kg m⁻³) na formação de mudas de mamoeiro, objetivo semelhante ao proposto neste estudo. A irrigação foi realizada diariamente, com lâmina suficiente para manter a umidade próxima à capacidade de campo, evitando déficit hídrico ou encharcamento.

Durante a condução do experimento, foram adotados os tratos culturais necessários, incluindo a remoção manual de plantas invasoras que surgiram em alguns vasos e o monitoramento fitossanitário periódico. Não houve necessidade de aplicação de defensivos químicos, uma vez que eventuais ocorrências de pragas ou doenças foram esporádicas e controladas por manejo preventivo e condições adequadas de cultivo.

5.5. Tratamentos

Os tratamentos foram definidos a partir da recomendação do fabricante do condicionador de solo *BlackGold*® para a cultura do mamoeiro, a dose de referência do produto, calculada diretamente da recomendação de campo (5 L ha⁻¹), corresponderia a 0,0125 mL por vaso de 5 L, valor considerado impraticável em condições experimentais, tanto pela baixa precisão de aplicação quanto pela dificuldade em promover resposta biológica detectável.

Em experimentos de vasos, as raízes encontram-se restritas a um volume fixo de substrato, sem a possibilidade de explorar horizontes mais profundos ou laterais como ocorre

em campo. Essa limitação reduz a capacidade de absorção do produto, justificando a necessidade de doses relativamente maiores.

Além disso, o presente estudo foi conduzido em curto período (60 dias após o transplante), representando apenas a fase inicial do desenvolvimento do mamoeiro. Como em campo o produto é aplicado em ciclos mais longos, tornou-se necessário intensificar a dose aplicada no vaso, de modo a antecipar a manifestação dos efeitos fisiológicos e bioquímicos do condicionador orgânico em um intervalo reduzido de tempo.

Considerando esses aspectos, definiu-se um fator de ajuste de 200 vezes, estabelecendo a dose de referência em 2,5 mL vaso⁻¹. A partir dessa dose, foram definidos os demais tratamentos: testemunha (0 mL), 50% da dose de referência (1,25 mL) e superdose (180%, equivalente a 4,5 mL vaso⁻¹). Esse procedimento buscou garantir faixa de resposta mensurável, viabilidade metodológica e ausência de fitotoxicidade, conforme observado em ensaios preliminares e respaldado por estudos em vasos com ajustes de escala semelhantes (SARAIVA et al., 2011; BALDOTTO et al., 2012).

Tabela 2 – Descrição dos tratamentos aplicados no experimento, com respectivas porcentagens em relação à dose de referência (2,5 mL vaso⁻¹) e volumes efetivamente aplicados por vaso.
Fonte: Autora, (2025)

Tratamentos	Porcentagem a ser aplicada	Dose aplicada (mL vaso ⁻¹)
T0	Testemunha 0,00%	0
T50	Subdose (50% da referência)	1,25
T100	Dose de referência (100%)	2,5
T180	Superdose (180%)	4,5

5.6. Variáveis avaliadas

Durante o período experimental, as avaliações foram realizadas em quatro épocas (15, 30, 45 e 60 dias após o transplântio), contemplando variáveis de crescimento, estado nutricional e acúmulo de biomassa.

Altura de plantas (mm): determinada com régua milimetrada, medindo-se a distância do colo até a última folha totalmente expandida. Essa variável expressa o crescimento vegetativo e reflete a resposta inicial das mudas às doses aplicadas.

Diâmetro do colo (mm): medido com paquímetro digital de precisão (0,01 mm), a 1 cm da superfície do solo. Essa característica está associada ao vigor e à rusticidade, sendo indicativa da capacidade de adaptação após o transplântio.

Número de folhas (unidade): obtido por contagem manual, considerando apenas folhas expandidas com limbo ativo, desconsiderando as cotiledonares. Esse parâmetro reflete a emissão foliar e a capacidade fotossintética da planta.

Índice de clorofila: avaliado com clorofilômetro portátil. Foram realizadas três leituras por planta, no terço médio de folhas expandidas, considerando-se a média final. Esse índice indica indiretamente o teor relativo de clorofila, refletindo o estado nutricional em nitrogênio e a condição fisiológica das mudas.

Massa seca da parte aérea (g): após cada coleta, a parte aérea (caule e folhas) foi lavada, acondicionada em sacos de papel Kraft e levada à estufa de circulação forçada (65 ± 5 °C) até peso constante. A pesagem foi feita em balança analítica (0,001 g). Essa variável reflete a eficiência no aproveitamento de nutrientes e no acúmulo de biomassa fotossinteticamente ativa.

Massa seca das raízes (g): o sistema radicular foi separado do solo por lavagem em peneira, seco em estufa de circulação forçada (65 ± 5 °C) até peso constante e pesado em balança analítica. Essa variável avalia o desenvolvimento radicular, diretamente relacionado à absorção de água e nutrientes.

Essas variáveis foram escolhidas por constituírem indicadores em experimentos de crescimento inicial de mudas, permitindo uma avaliação integrada da resposta morfológica do mamoeiro às diferentes doses do condicionador *BlackGold®*.

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1. Massa seca da parte aérea (g)

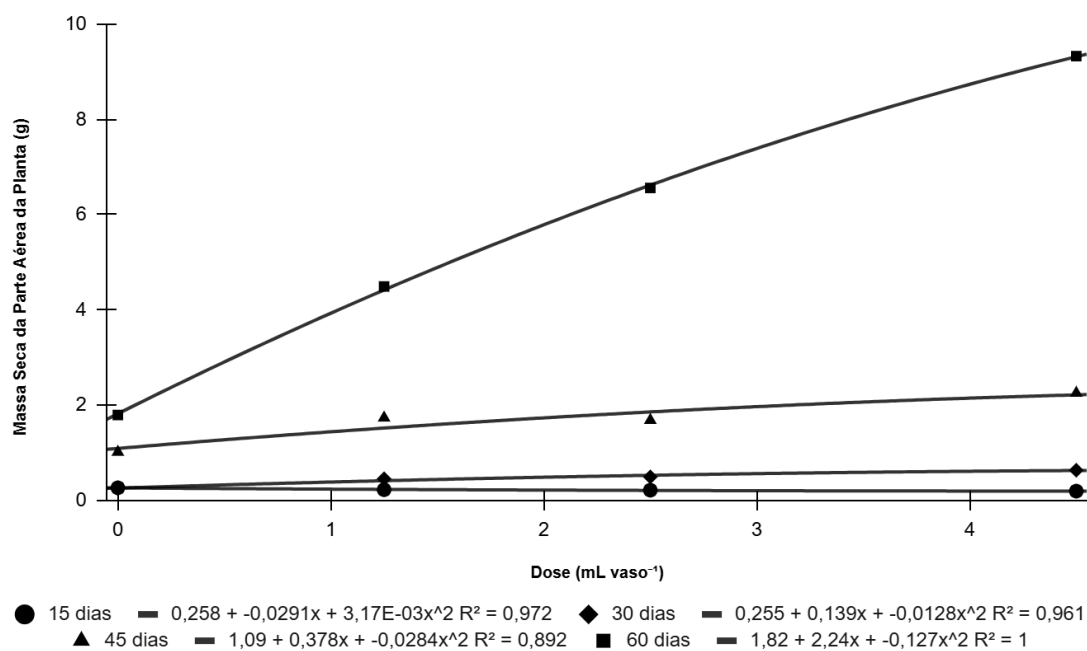
A análise de variância indicou efeito significativo de tratamento, época e da interação A 5%, com coeficiente de variação de 37% e média geral de 1,95 g. As médias por tratamento mostraram tendência crescente em função das doses, variando de 0,83 g na testemunha a 3,10 g com 4,5 mL vaso⁻¹ do produto. Aos 60 dias, a dose de 4,5 mL alcançou quase quatro vezes o valor da testemunha (Tabela 2), evidenciando maior acúmulo de biomassa aérea. A regressão polinomial apresentou ajuste significativo ($p < 0,05$), com coeficientes de determinação acima de 90%, confirmando a relação positiva entre o aumento das doses e a produção de massa seca. Em síntese, a aplicação de ácidos húmicos e fúlvicos promoveu incremento expressivo de biomassa aérea, com destaque para as doses de 2,5 e 4,5 mL vaso⁻¹, sobretudo nas avaliações finais.

Tabela 3. Massa seca da parte aérea das plantas de mamoeiro (g) em função de diferentes doses do condicionador de solo *Black Gold®* e épocas de avaliação.

Dose (mL vaso ⁻¹)	Massa Seca da Parte Aérea da Planta (g)			
	15 dias	30 dias	45 dias	60 dias
0	0.26 a	0.24 a	1.00 a	1.79 d
1,25	0.22 a	0.45 a	1.73 a	4.49 c
2,5	0.21 a	0.49 a	1.68 a	6.56 b
4,5	0.19 a	0.63 a	2.25 a	9.33 a
CV (%)	37.68			

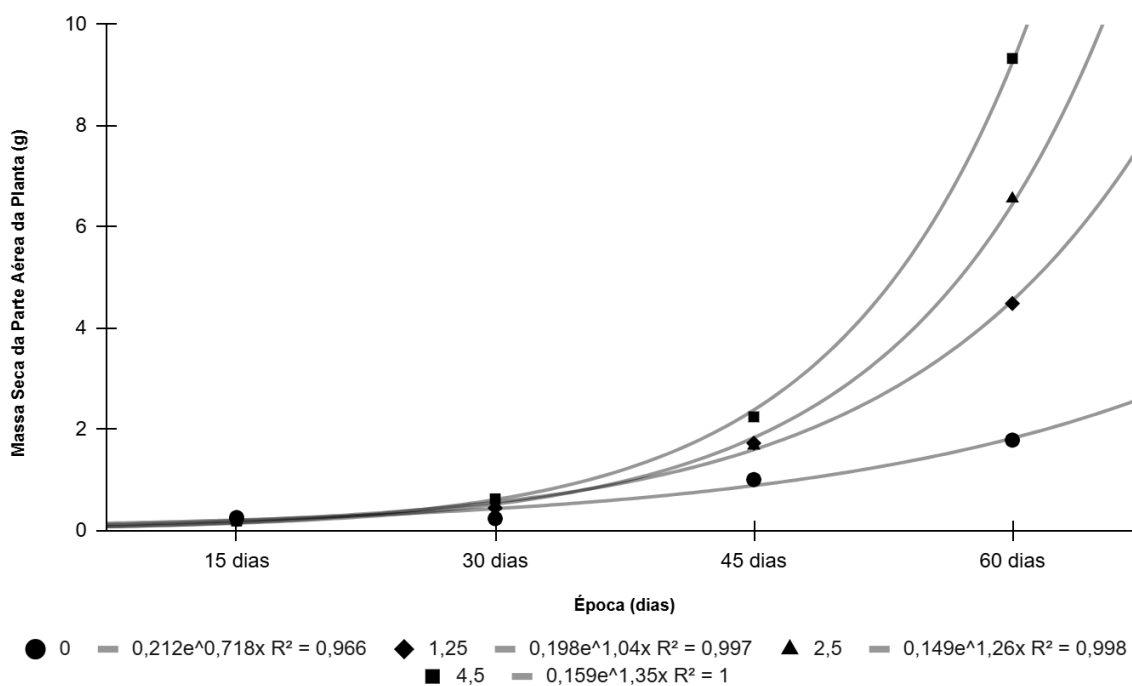
Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Houve interação significativa entre doses do produto e épocas de avaliação. Fonte: Autora (2025).

Figura 3 – Regressão polinomial da massa seca da parte aérea de plantas de mamoeiro em função das doses do condicionador de solo *Black Gold*®, avaliadas aos 15, 30, 45 e 60 dias.



Fonte: Autora (2025).

Figura 4 – Regressão linear da massa seca da parte aérea de plantas de mamoeiro em função do tempo de avaliação (15, 30, 45 e 60 dias), considerando diferentes doses do condicionador de solo *Black Gold*®.



Fonte: Autora (2025).

O acúmulo de massa seca da parte aérea foi positivamente influenciado pelas doses crescentes de BlackGold®, com destaque para a dose de 4,5 mL vaso⁻¹, que resultou em incremento de quase quatro vezes em relação à testemunha aos 60 dias. Esse efeito está de acordo com resultados obtidos por Baldotto et al. (2012) em mamoeiro e por Moraes et al. (2020) em milho, reforçando o potencial das substâncias húmicas em estimular a assimilação e alocação de fotoassimilados.

Embora o coeficiente de variação tenha sido relativamente elevado (37%), esse comportamento é comum em experimentos conduzidos em vasos, devido às diferenças microambientais e ao número reduzido de repetições. Ainda assim, os ajustes de regressão apresentaram coeficientes de determinação superiores a 90%, confirmando a consistência da tendência observada.

O experimento foi conduzido por 60 dias após o transplante, período correspondente à fase inicial de desenvolvimento do mamoeiro. Essa delimitação deve-se ao fato de que, em

vasos, as plantas passam a sofrer restrições de crescimento radicular após esse intervalo, o que poderia comprometer a interpretação dos resultados. Além disso, o objetivo central do estudo foi avaliar os efeitos das substâncias húmicas especificamente no estabelecimento inicial da cultura, etapa decisiva para a formação de mudas vigorosas no Cerrado.

6.2. Massa seca de raízes (g)

A análise de variância indicou efeito significativo de tratamento, época e da interação A 5%, com coeficiente de variação de 40.76%. Na Tabela 3, são apresentados os valores médios de massa seca da raiz do mamoeiro em função das doses do condicionador orgânico e das épocas de avaliação. As diferenças tornaram-se mais marcantes nas avaliações finais, quando o crescimento radicular foi mais pronunciado. Aos 60 dias, as raízes sob 4,5 mL, atingiram valores superiores a 20 g, enquanto a testemunha permaneceu abaixo de 5 g, demonstrando forte resposta ao condicionador orgânico em doses intermediárias e altas.

Tabela 4. Massa seca da raiz das plantas de mamoeiro (g) em função de diferentes doses do condicionador de solo *Black Gold*® e épocas de avaliação.

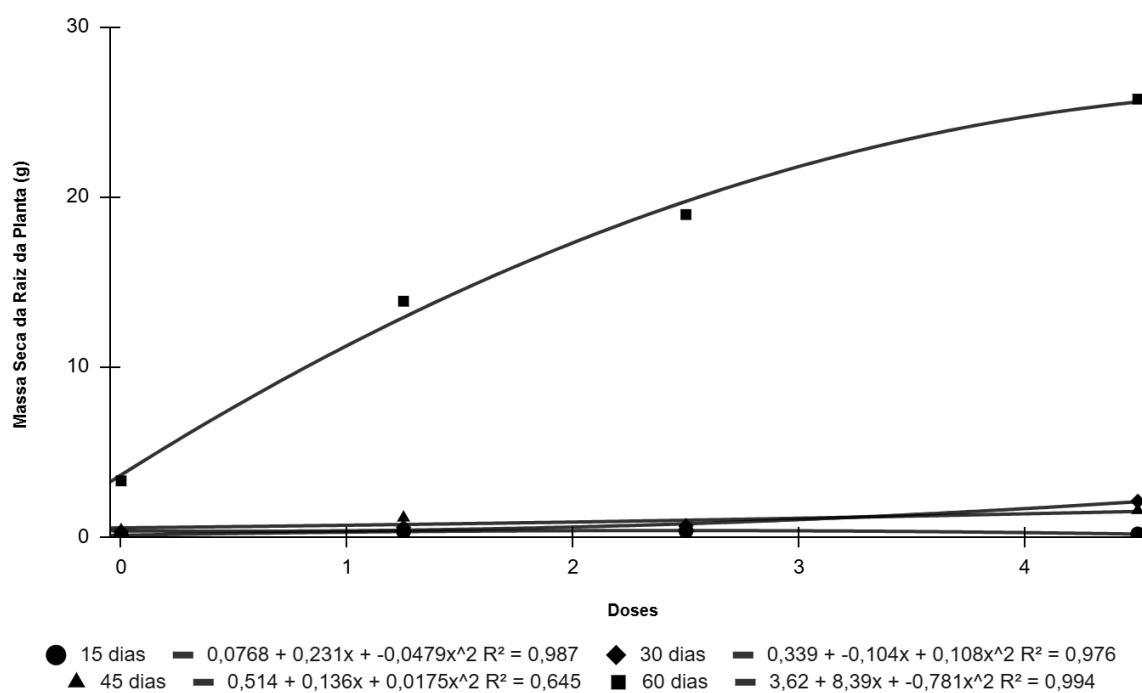
Dose (mL vaso ⁻¹)	Massa Seca da Raiz da Planta (g)			
	15 dias	30 dias	45 dias	60 dias
0	0.07 a	0.28 a	0.37 a	3.28 d
1,25	0.31 a	0.54 a	1.11 a	13.85 c
2,5	0.34 a	0.62 a	1.64 a	18.95 b
4,5	0.45 a	2.08 a	1.55 a	25.74 a
CV (%)	40.76			

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Houve interação significativa entre doses e épocas ($p < 0,05$). Fonte: A autora (2025).

A regressão polinomial (Fig. 5) apresentou ajuste altamente significativo ($p < 0,05$), com coeficientes de determinação acima de 95%, confirmando a tendência crescente e não linear da massa seca radicular em função das doses aplicadas. Já a regressão linear em função do tempo (Fig. 6) demonstrou incremento progressivo do acúmulo de biomassa ao longo dos 60 dias, evidenciando a ação cumulativa das substâncias húmicas. Em síntese, os ácidos

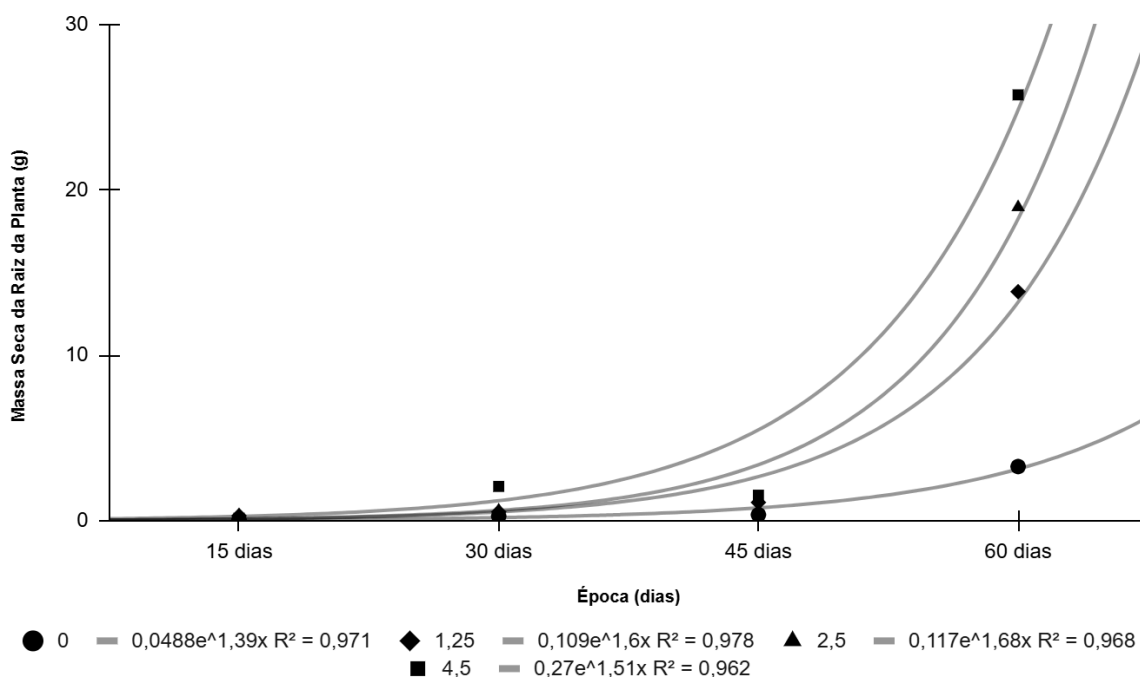
húmicos e fúlvicos estimularam expressivamente o desenvolvimento radicular, com destaque para as doses de 2,5 e 4,5 mL vaso⁻¹, que proporcionaram maior acúmulo de massa seca e são essenciais para a formação de mudas mais vigorosas.

Figura 5 – Regressão polinomial da massa seca da raiz de plantas de mamoeiro em função das doses do condicionador de solo *Black Gold*®, avaliadas aos 15, 30, 45 e 60 dias.



Fonte: Autora (2025).

Figura 6 – Regressão linear da massa seca da raiz de plantas de mamoeiro em função do tempo de avaliação (15, 30, 45 e 60 dias), considerando diferentes doses do condicionador de solo *Black Gold®*.



Fonte: Autora (2025).

O incremento expressivo da massa seca radicular em resposta às doses de BlackGold® confirma o potencial das substâncias húmicas em estimular a emissão de raízes laterais e secundárias, ampliando a capacidade de absorção de água e nutrientes. Esse efeito é particularmente relevante para o Cerrado, onde solos ácidos e com elevada saturação por alumínio normalmente restringem o desenvolvimento radicular. Os resultados obtidos estão em consonância com estudos de Canellas e Olivares (2014) e Baldotto et al. (2012), que também observaram maior vigor radicular em diferentes culturas sob aplicação de ácidos húmicos.

Embora a avaliação tenha sido realizada em vasos, condição em que a expansão do sistema radicular é fisicamente limitada, a consistência dos dados, aliada aos elevados coeficientes de determinação obtidos nas regressões, reforça a confiabilidade das respostas encontradas. Além disso, o aumento de massa radicular observado já no curto prazo de 60 dias demonstra a rapidez com que as substâncias húmicas podem atuar no estabelecimento inicial da cultura.

Recomenda-se, contudo, a realização de estudos complementares em campo, que permitam avaliar o desempenho radicular em solos mais profundos e por períodos mais longos, integrando análises químicas do solo para elucidar melhor a dinâmica de nutrientes. Ainda assim, os resultados deste estudo fornecem evidências sólidas de que o uso de ácidos húmicos e fúlvicos representa uma estratégia eficiente para favorecer o crescimento inicial do mamoeiro em condições de Cerrado.

6.3. Altura de plantas (mm)

A análise de variância indicou efeito significativo de tratamentos, épocas e da interação a 5%, com CV de 11,97% e altura média geral de 195,25 mm. A testemunha (0 mL) apresentou o menor valor (158,0 cm), enquanto a dose de 4,5 mL atingiu 223,9 cm, sendo que as doses intermediárias também superaram a testemunha.

Conforme a tabela 4, observa que o efeito foi mais evidente a partir dos 45 dias, tendo com aos 60 dias a dose de 4,5 mL um incremento de cerca de 120 mm acima da testemunha, demonstrando a ação progressiva do condicionador. Sendo superior estatisticamente aos demais tratamentos. Ainda observa-se que com 45 dias o controle apresentou o menor altura sendo inferior estatisticamente.

Tabela 5. Altura média das plantas de mamoeiro (mm) em função de diferentes doses do condicionador de solo Black Gold® e épocas de avaliação.

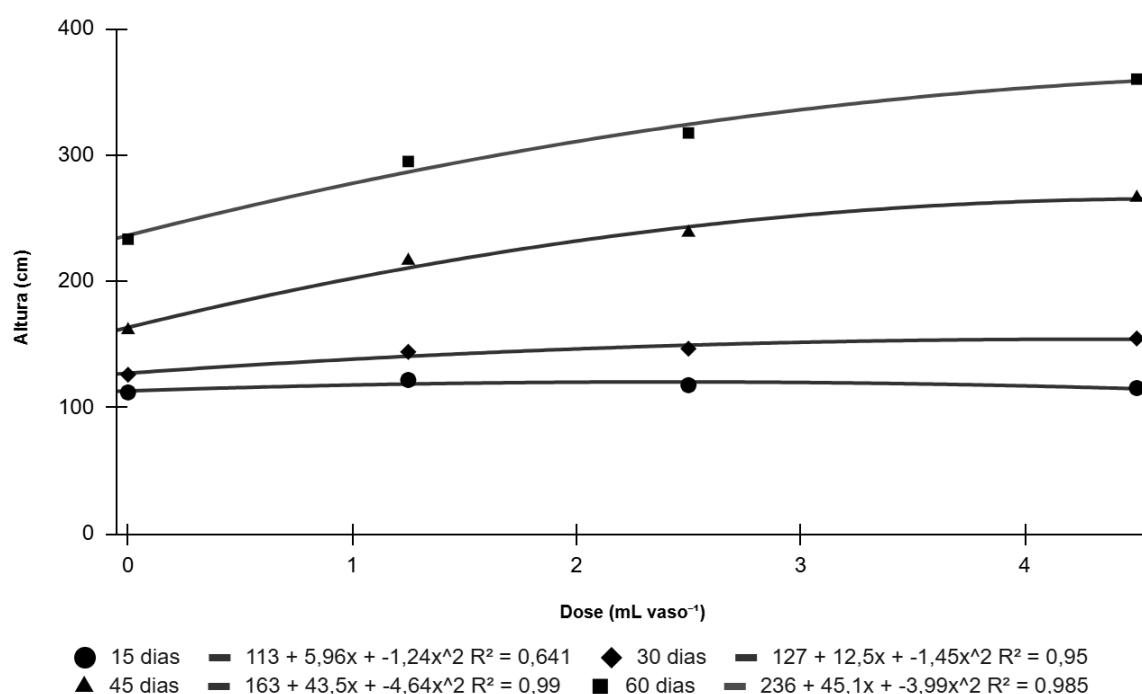
Dose (mL vaso ⁻¹)	Altura das Plantas (mm)			
	15 dias	30 dias	45 dias	60 dias
0	111.84 a	125.84 a	161.20 b	233.21 c
1,25	121.68 a	143.90 a	216.16 a	294.73 b
2,5	117.57 a	146.44 a	238.35 a	317.30 ab
4,5	115.29 a	154.54 a	266.04 a	359.94 a
CV (%)	11.97			

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Autora, (2025)

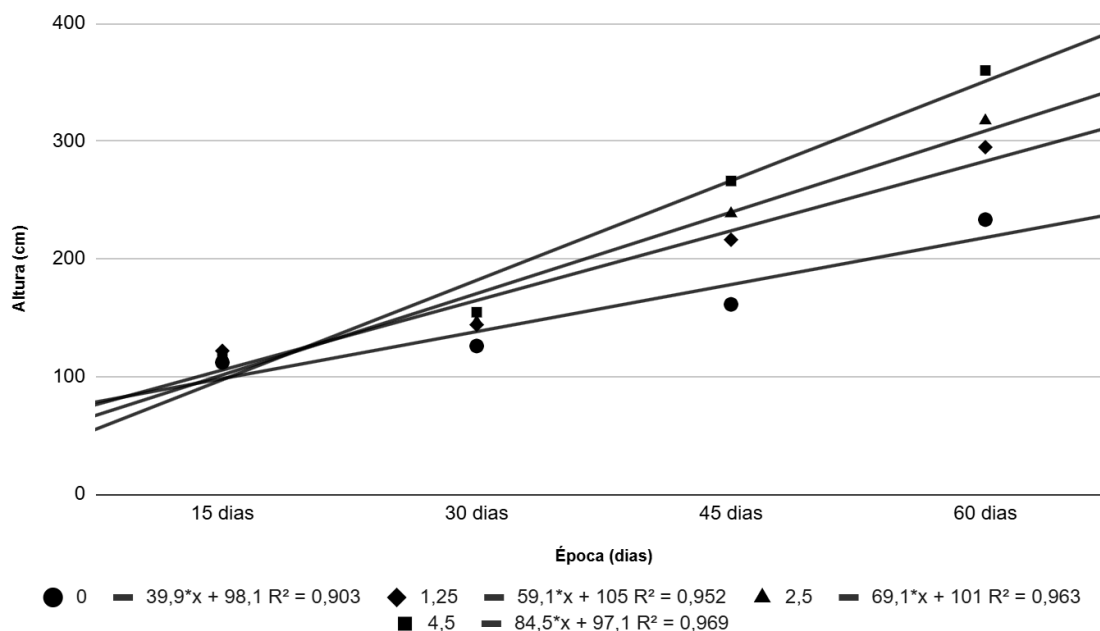
A regressão polinomial apresentou ajuste consistente ($R^2 > 95\%$), confirmando a tendência geral de incremento em altura conforme o aumento das doses. Contudo, observa-se que até os 30 dias não houve diferenças estatísticas entre os tratamentos, indicando que os efeitos das substâncias húmicas ainda não haviam se manifestado plenamente nessa fase inicial. A partir dos 45 dias, entretanto, o efeito tornou-se evidente, e aos 60 dias a dose de 4,5 mL apresentou incremento significativo em relação à testemunha, confirmando a ação progressiva do BlackGold® sobre o crescimento em altura.

Figura 7 – Regressão polinomial da altura de plantas de mamoeiro em função das doses do condicionador de solo *Black Gold*®, avaliadas aos 15, 30, 45 e 60 dias.



Fonte: Autora, (2025)

Figura 8 – Regressão linear da altura de plantas de mamoeiro em função do tempo de avaliação (15, 30, 45 e 60 dias), considerando diferentes doses do condicionador de solo *Black Gold*®.



Fonte: Autora, (2025)

O aumento da altura das mudas de mamoeiro em resposta às doses crescentes de ácidos húmicos e fúlvicos pode ser atribuído ao estímulo fisiológico dessas substâncias, que atuam como bioestimulantes, favorecendo a expansão celular, a atividade enzimática e a eficiência fotossintética (CANELLAS; OLIVARES, 2014). Resultados semelhantes foram relatados por Baldotto et al. (2012) em mudas de mamoeiro, por Silva et al. (2020) em tomateiro e por Moraes et al. (2020) em milho, todos reforçando o efeito positivo das substâncias húmicas sobre o crescimento vegetativo, especialmente nas fases de maior demanda fisiológica.

No presente estudo, esse efeito foi mais evidente a partir dos 45 dias, evidenciando que as substâncias húmicas necessitam de um período de acúmulo no solo para manifestar seus efeitos fisiológicos. A opção por conduzir o ensaio em vasos, por 60 dias, esteve alinhada ao objetivo central do trabalho: avaliar o desenvolvimento inicial do mamoeiro em condições controladas de Cerrado. Essa estratégia metodológica possibilitou isolar os efeitos

do BlackGold® na fase crítica de estabelecimento das mudas, fornecendo dados consistentes sobre o potencial das substâncias húmicas neste estágio.

A resposta em altura, mais evidente a partir dos 45 dias, indica que o BlackGold® atua de maneira cumulativa no solo, sendo fundamental para garantir vigor inicial das mudas de mamoeiro em condições adversas do Cerrado.

6.4. Diâmetro do caule (mm)

A análise de variância indicou efeito significativo de tratamento, época e da interação tratamento $\times$ época a 5%, com coeficiente de variação de 14,08% e média geral de 6,63 mm. Nas médias por tratamento, observou-se a seguinte hierarquia: 4,5 mL (7,74 mm) > 2,5 mL (7,02 mm) > 1,25 mL (6,20 mm) > 0 mL (5,56 mm). O desdobramento por época mostrou que, aos 15 e 30 dias, não houve diferenças significativas entre as doses (Tab. 5). Entretanto, a partir dos 45 dias os efeitos se tornaram evidentes, e aos 60 dias a aplicação de 4,5 mL proporcionou o maior diâmetro (14,20 mm), seguida pelas doses de 2,5 mL (12,30 mm) e 1,25 mL (10,11 mm), enquanto a testemunha registrou apenas 8,79 mm.

A análise de regressão apresentou ajuste linear e quadrático com elevados coeficientes de determinação ($R^2 > 90\%$), confirmando a tendência de incremento progressivo do diâmetro do caule ao longo do tempo, especialmente nas doses de 2,5 e 4,5 mL vaso⁻¹. Em síntese, o diâmetro respondeu positivamente à aplicação de ácidos húmicos e fúlvicos, com maior espessamento nas doses mais altas, sobretudo nas avaliações tardias.

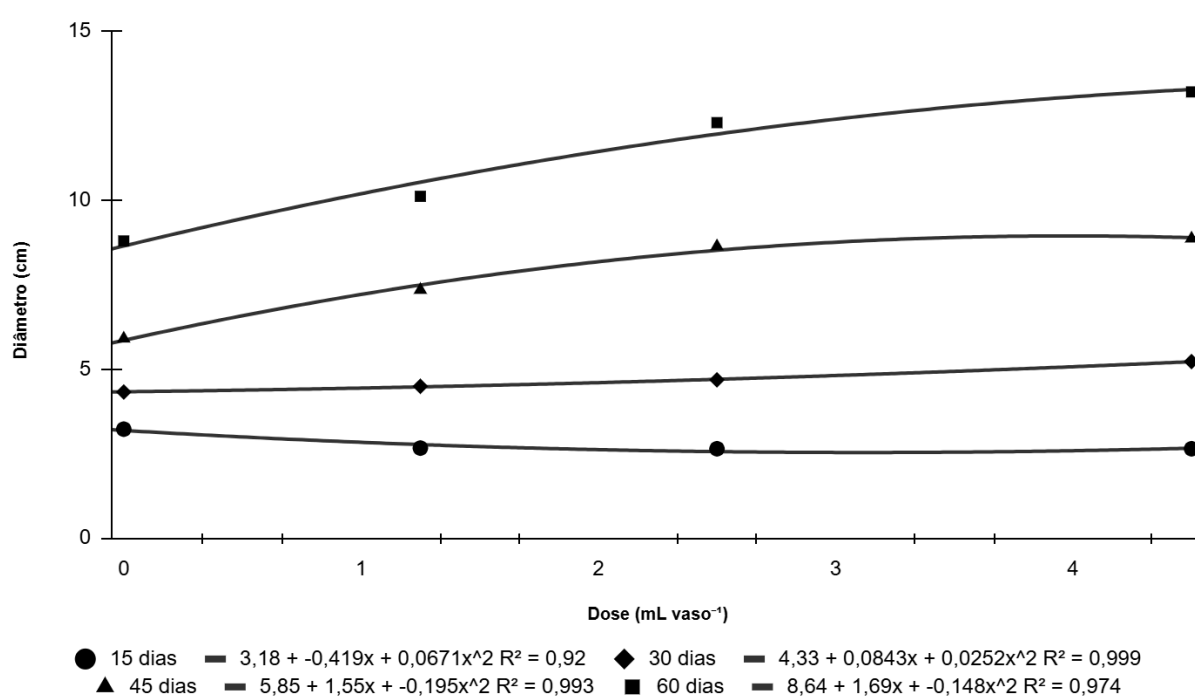
Tabela 6. Diâmetro médio do caule de plantas de mamoeiro (cm) em função de diferentes doses do condicionador de solo *Black Gold*® e épocas de avaliação.

Dose (mL vaso ⁻¹)	Diâmetro do caule (cm)			
	15 dias	30 dias	45 dias	60 dias
0	3.22 a	4.32 a	5.90 b	8.79 b
1,25	2.66 a	4.49 a	7.34 ba	10.11 b
2,5	2.64 a	4.68a	8.63 a	12.29 a
4,5	2.64 a	5.22 a	8.86 a	14.20 a

CV (%) 14.08

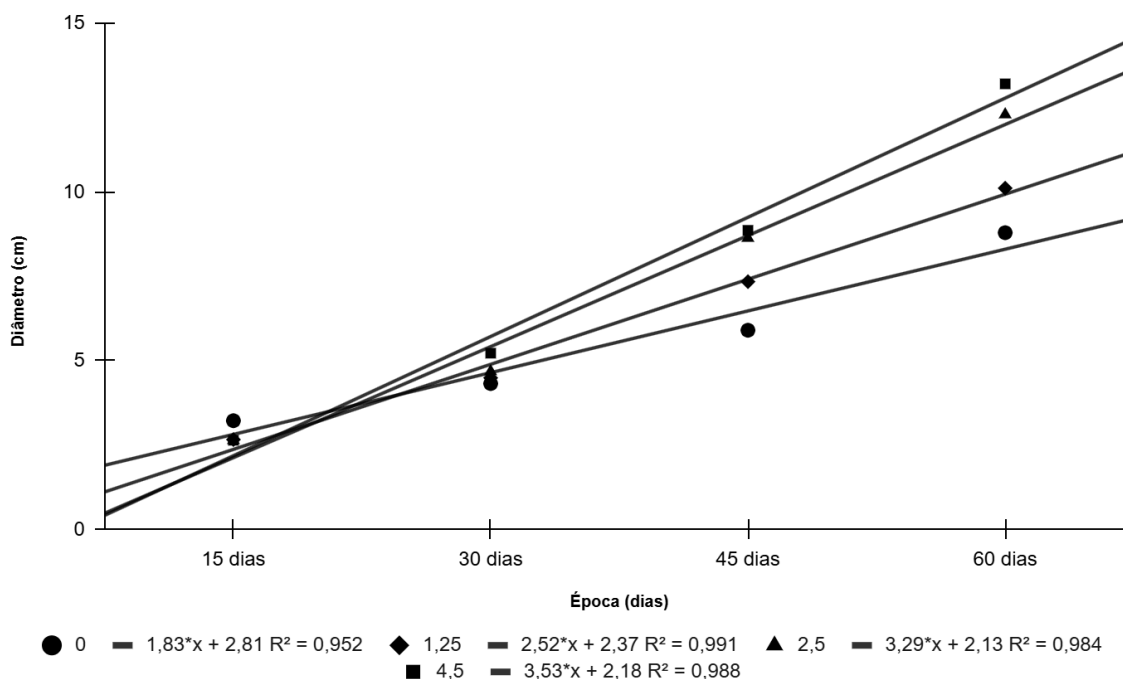
Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Fonte: Autora (2025).

Figura 9 – Regressão polinomial do diâmetro do caule de plantas de mamoeiro em função das doses do condicionador de solo *Black Gold®*, avaliadas aos 15, 30, 45 e 60 dias.



Fonte: Autora (2025).

Figura 10 – Regressão linear do diâmetro do caule de plantas de mamoeiro em função do tempo de avaliação (15, 30, 45 e 60 dias), considerando diferentes doses do condicionador de solo *Black Gold*®.



Fonte: Autora (2025).

O incremento do diâmetro do caule observado nas doses mais altas de BlackGold® evidencia maior vigor estrutural das mudas, já que caules mais espessos favorecem a sustentação, o fluxo de água no xilema e a translocação de fotoassimilados. Esse efeito está associado à ação das substâncias húmicas sobre a divisão e expansão celular, bem como ao favorecimento da absorção de cálcio e magnésio, nutrientes diretamente relacionados ao espessamento caulinar e à lignificação dos tecidos (CANELLAS; OLIVARES, 2014). Resultados semelhantes foram relatados por Baldotto et al. (2012) em mamoeiro, Silva et al. (2020) em tomateiro e Moraes et al. (2020) em milho, confirmando a ação bioestimulante dessas substâncias em diferentes culturas.

O efeito mais pronunciado foi registrado a partir dos 45 dias, o que indica que a resposta ao condicionador depende de acúmulo gradual e de adaptação fisiológica das mudas. Esse comportamento é coerente com estudos de bioestimulantes, nos quais respostas estruturais exigem tempo maior para se manifestar. Além disso, esse resultado tem relevância prática para o Cerrado, já que solos da região apresentam baixos teores de cálcio e magnésio, limitando naturalmente o desenvolvimento caulinar. Portanto, o aumento do diâmetro

registrado neste trabalho sugere que as substâncias húmicas podem contribuir para a formação de mudas mais resistentes e menos suscetíveis ao tombamento durante o transplante, agregando qualidade ao processo de implantação da cultura.

6.5. Número de folhas (unid.)

A análise de variância indicou efeito significativo de tratamento, época e da interação a 5%, com coeficiente de variação de 18,76% e média geral de 10,21 folhas. Nas médias por tratamento, as doses do produto comercial de 4,5 mL vaso⁻¹ apresentou o maior valor (11,67 folhas), seguida por 2,5 mL e 1,25 mL (11,17 folhas), enquanto a testemunha obteve o menor resultado (Tab. 6). O desdobramento por época mostrou que, aos 15 e 30 dias, não houve diferenças significativas entre os tratamentos, mas a partir dos 45 dias os efeitos se tornaram evidentes. Aos 60 dias, a testemunha apresentou apenas 9,33 folhas, enquanto a dose de 4,5 mL alcançou 20,33, evidenciando maior emissão foliar com o aumento da dose.

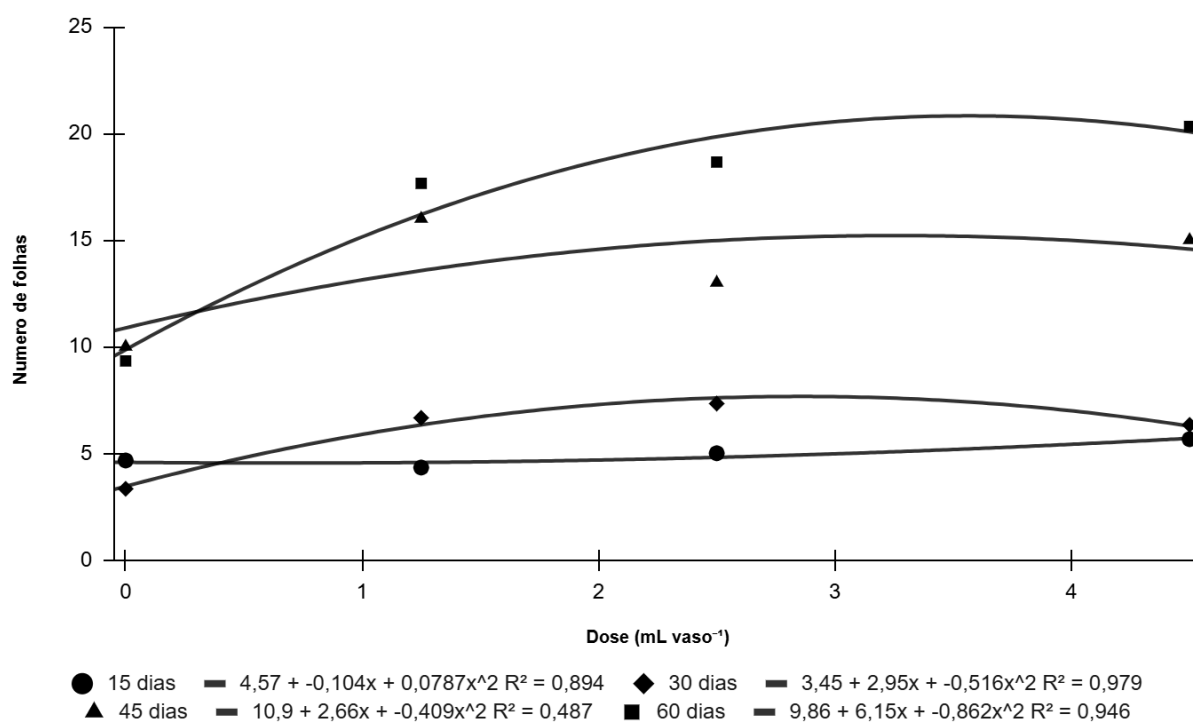
A regressão linear e quadrática apresentou ajustes significativos e altos coeficientes de determinação ($R^2 > 90\%$), confirmando a tendência de incremento no número de folhas em função das doses aplicadas. Em síntese, as doses de ácidos húmicos e fúlvicos estimularam expressivamente a emissão foliar, com destaque para a dose de 4,5 mL vaso⁻¹, que se mostrou mais eficiente, especialmente nas avaliações tardias.

Tabela 7. Número médio de folhas de plantas de mamoeiro em função de diferentes doses do condicionador de solo *Black Gold*® e épocas de avaliação

Dose (mL vaso ⁻¹)	Número de folhas			
	15 dias	30 dias	45 dias	60 dias
0	4.66 a	3.33 a	10.00 b	9.33 b
1,25	4.33 a	6.66 a	16.00 ab	17.66 a
2,5	5.00 a	7.33 a	13.00 a	18.66 a
4,5	5.66 a	6.33 a	15.00 a	20.33 a
CV (%)	18.76			

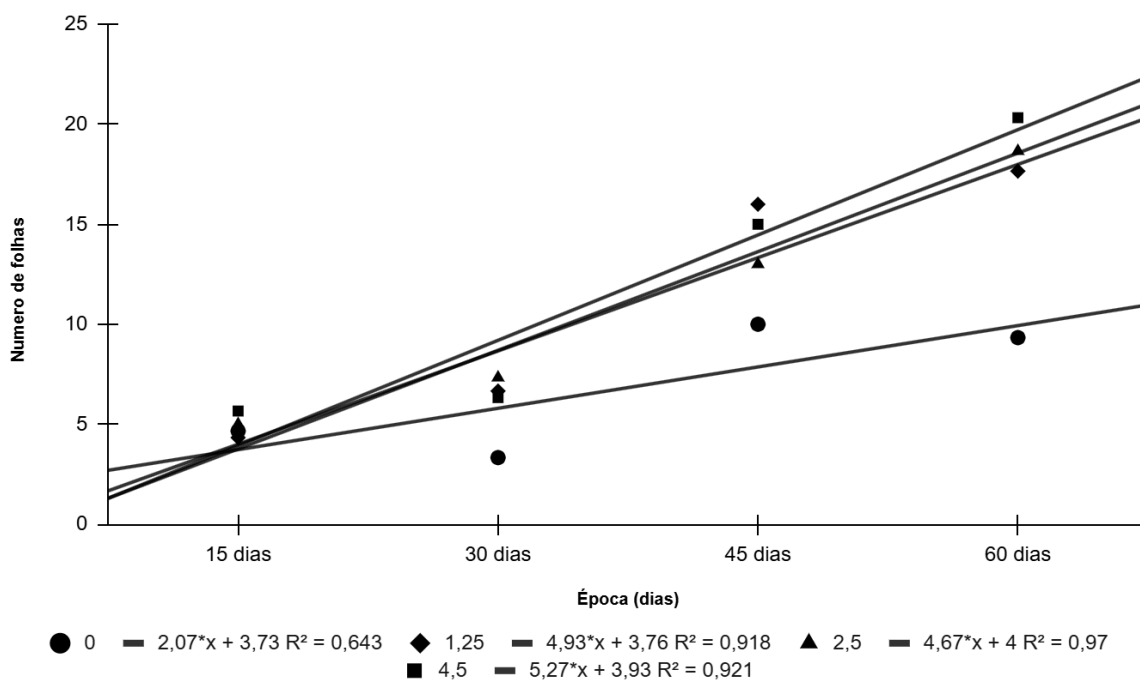
Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Fonte: Autora (2025).

Figura 11 – Regressão polinomial do número de folhas de plantas de mamoeiro em função das doses do condicionador de solo *Black Gold*®, avaliadas aos 15, 30, 45 e 60 dias.



Fonte: Autora (2025).

Figura 12 – Regressão linear do número de folhas de plantas de mamoeiro em função do tempo de avaliação (15, 30, 45 e 60 dias), considerando diferentes doses do condicionador de solo *Black Gold*®



Fonte: Autora (2025)

O número de folhas está associado ao potencial fotossintético da planta, já que, em geral, a maior emissão foliar amplia a área de interceptação de luz e a produção de fotoassimilados. Entretanto, essa relação depende também do tamanho, da integridade e do teor de clorofila das folhas, fatores que determinam a eficiência real da fotossíntese. Neste estudo, verificou-se que doses mais altas de BlackGold® favoreceram significativamente a emissão foliar, resultado coerente com os relatados por Baldotto et al. (2012) em mamoeiro, Silva et al. (2020) em tomateiro e Moraes et al. (2020) em milho, todos confirmando a ação estimulante das substâncias húmicas sobre a expansão foliar.

O aumento expressivo observado no número de folhas reforça a importância das substâncias húmicas para o crescimento vegetativo inicial do mamoeiro. Esse efeito é especialmente relevante para o Cerrado, onde a limitação de nutrientes normalmente reduz a emissão foliar. Os resultados obtidos já demonstram que, em apenas 60 dias, o BlackGold® contribuiu para maior vigor das mudas, indicando seu potencial para favorecer o estabelecimento da cultura. Avaliações futuras poderão incluir parâmetros fisiológicos, como

área foliar e taxa fotossintética, de modo a complementar a compreensão do impacto sobre a eficiência do uso da luz em estágios mais avançados do ciclo.

6.6. Clorofila

A análise de variância não revelou diferenças significativas entre tratamentos, épocas ou para a interação ($p > 0,05$), com coeficiente de variação de 17,94%. As médias apresentaram valores numéricos próximos, variando entre 52 e 62 unidades do índice de clorofila. Esses resultados indicam que, nas condições deste experimento, as doses de ácidos húmicos e fúlvicos não alteraram de forma mensurável o teor relativo de clorofila total nas folhas de mamoeiro (Tab. 7). A ausência de resposta pode estar relacionada ao curto período experimental e ao fato de o índice de clorofila ser uma variável menos sensível na fase inicial de crescimento, quando os efeitos das substâncias húmicas se manifestam mais intensamente em parâmetros morfológicos, como altura, diâmetro e biomassa.

Tabela 8. Conteúdo de clorofila em plantas de mamoeiro em função de diferentes doses do condicionador de solo *Black Gold*® e épocas de avaliação.

Dose (mL vaso ⁻¹)	Clorofila			
	15 dias	30 dias	45 dias	60 dias
0	58.86 a	41.33 a	54.33 a	56.33 a
1,25	57.36 a	61.03 a	67.76 a	55.50 a
2,5	67.93 a	57.86 a	59.26 a	61.26 a
4,5	62.20 a	56.83 a	61.63 a	65.26 a
CV (%)	17.94			

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Fonte: Autora (2025).

A aplicação de ácidos húmicos e fúlvicos não promoveu diferenças estatisticamente significativas no índice de clorofila ($p > 0,05$). Esse resultado é relevante, pois demonstra que, nas condições do presente estudo, o suprimento de nutrientes proporcionado pela adubação de base (NPK 4-14-8) foi suficiente para manter níveis adequados de clorofila, sem espaço para resposta adicional ao BlackGold®. Esse comportamento está de acordo com Baldotto et al. (2012) em mamoeiro e Moraes et al. (2020) em milho, que também relataram ausência de

resposta consistente do teor de clorofila às substâncias húmicas, reforçando que esse parâmetro não se mostra altamente sensível à aplicação do insumo.

Cabe destacar que o índice atLEAF® CH utilizado neste trabalho expressa uma estimativa indireta do teor relativo de clorofila total, não refletindo diretamente a taxa fotossintética ou a atividade fisiológica da planta. Além disso, o ensaio em casa de vegetação proporcionou ambiente controlado, com ausência de estresses hídricos ou nutricionais — condições em que as plantas tendem a manter o teor de clorofila estável. Assim, a ausência de diferenças entre os tratamentos não invalida os efeitos observados em variáveis morfológicas (altura, diâmetro, biomassa), mas evidencia que a clorofila não foi o indicador mais responsivo ao uso de ácidos húmicos e fúlvicos na fase inicial de desenvolvimento do mamoeiro.

7. CONCLUSÃO

Os resultados deste estudo demonstram de forma consistente que a aplicação de ácidos húmicos e fúlvicos favorece o desenvolvimento inicial do mamoeiro em condições de Cerrado, sobretudo nas doses de 2,5 e 4,5 mL vaso⁻¹ do produto. Foram observados incrementos significativos em altura, diâmetro do caule, número de folhas e acúmulo de biomassa aérea e radicular, evidenciando o potencial das substâncias húmicas como bioestimulantes capazes de melhorar o vigor vegetativo das mudas.

O delineamento em vasos e o período de 60 dias atenderam ao objetivo central do trabalho, que foi avaliar a fase inicial da cultura sob ambiente controlado. Nesse contexto, o estudo cumpriu seu propósito ao revelar que o BlackGold® pode contribuir para superar limitações típicas dos solos do Cerrado, como a baixa fertilidade e a alta acidez, proporcionando mudas mais vigorosas e adaptadas.

Assim, esta pesquisa oferece evidências científicas relevantes e inéditas para a cultura do mamoeiro no Cerrado, além de apontar perspectivas promissoras para o uso de condicionadores orgânicos como estratégia de manejo sustentável. Os resultados obtidos reforçam que as substâncias húmicas representam uma alternativa viável para promover maior eficiência no estabelecimento da cultura, contribuindo para práticas agrícolas mais produtivas e ambientalmente responsáveis.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASIK, B. B.; TURAN, M. A.; CELIK, H.; KATKAT, A. V. Effects of humic substances on plant growth and mineral nutrients uptake of wheat (*Triticum durum* cv. Salihli) under conditions of salinity. **Asian Journal of Crop Science**, v. 1, p. 87-95, 2009. DOI: 10.3923/ajcs.2009.87.95.
- BALDOTTO, M. A.; BALDOTTO, L. E. B. Substâncias húmicas: modo de ação e uso na agricultura. In: BETTIOL, W. (org.). **Entendendo a matéria orgânica do solo em ambientes tropical e subtropical**. Brasília: Embrapa, 2023. Cap. 13, p. 383-434.
- BALDOTTO, M. A.; BALDOTTO, L. E. B.; CANELLAS, L. P.; et al. Initial performance of papaya seedlings in response to application of humic acids. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 3, p. 983-992, 2012. DOI: 10.1590/S0100-06832012000300022.
- BECERRA, T. A.; OLIVEIRA, A. C.; ROCHA, G. N. Challenges of papaya production in the Cerrado biome. **Journal of Agricultural Studies**, v. 11, n. 2, p. 45-59, 2023.
- BOAVENTURA, M. E.; CARVALHO, R. S.; NASCIMENTO, P. R. Soil management strategies to overcome papaya production challenges in the Cerrado. **Agroecology and Sustainable Agriculture**, v. 17, p. 101-115, 2023.
- CANELLAS, L. P.; OLIVARES, F. L. Substâncias húmicas em plantas: mecanismos de ação fisiológica e aplicações agrícolas. **Scientia Agricola**, v. 71, n. 3, p. 203-209, 2014. DOI: 10.1590/0103-9016-2013-0186.
- CANELLAS, L. P.; OLIVARES, F. L.; OKOROKOVA-FAÇANHA, A. L.; FAÇANHA, A. R. Humic acids isolated from earthworm compost enhance root elongation, lateral root emergence, and plasma membrane H⁺-ATPase activity in maize roots. **Plant Physiology**, v. 130, p. 1951-1957, 2002. DOI: 10.1104/pp.010710.
- CANELLAS, L. P.; TEIXEIRA, L. R. L.; SILVA, L. C.; OLIVARES, F. L. Humic substances and plant hormones: synergistic effects on root growth. **Frontiers in Plant Science**, v. 11, art. 1053, 2020. DOI: 10.3389/fpls.2020.01053.

CARRILLO, J. A. G.; et al. Efecto de ácidos húmicos de Leonardita en la estabilidad de agregados del suelo y raíces de melón en condiciones de invernadero. **Phyton - Revista Internacional de Botánica Experimental**, v. 84, n. 2, p. 298-305, 2015.

CARTAXO, A. F. Produção e mercado do mamão no Brasil. *Anuário Estatístico da Fruticultura*, v. 11, p. 75-82, 2021.

CASTRO, T. A. V. T. de. **Potencialidades das substâncias húmicas, extratos de algas e suas combinações como bioestimulantes em plantas: características estruturais e modo de ação**. 2023. Tese (Doutorado em Agronomia - Ciência do Solo) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2023.

DELLA LUCIA, M. C.; et al. Novel effects of Leonardite-based applications on sugar beet. **Frontiers in Plant Science**, v. 12, p. 646025, 2021. DOI: 10.3389/fpls.2021.646025.

EMBRAPA. Mamão: características gerais e sistema de produção. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2021. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1136356>.

EMBRAPA. Melhoramento genético do mamoeiro: avanços e perspectivas. Brasília: Embrapa, 2023.

FARIA, A. R. N.; et al. **A cultura do mamão**. 3. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. (Coleção Plantar, 65).

FEITOSA, H. O.; SOUSA, V. F.; GOMES, T. M. Advances in irrigation and fertigation for papaya production. **Revista Irriga**, v. 21, n. 4, p. 793-806, 2016.

FIGUEIREDO, C. C. Soil chemical limitations for papaya cultivation in Cerrado soils. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 59, p. 12-21, 2016.

GARCÍA, A. C.; et al. Revisão crítica sobre a relação estrutura-propriedade-função das substâncias húmicas e sua regulação do metabolismo oxidativo em plantas. **Revista Virtual de Química**, v. 11, n. 3, 2019.

GUO, X. X.; LIU, H. T.; WU, S. B. Humic substances developed during organic waste composting: Formation mechanisms, structural properties, and agronomic functions. **Science of the Total Environment**, v. 662, p. 501-510, 2019. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.01.137.

HARIDASAN, M. Nutrição mineral de plantas nativas do Cerrado. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 12, n. 1, p. 54-64, 2000.

IDAM. Cultura do mamão. Manaus: Instituto de Desenvolvimento Agropecuário e Florestal Sustentável do Estado do Amazonas, 2020. Disponível em: <https://www.idam.am.gov.br/cultura-do-mamao/>.

KANDRA, B. et al. Effect of humic amendment on selected hydrophysical properties of sandy and clayey soils. *Water*, v. 16, n. 10, p. 1338, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/w16101338>.

LOCONSOLE, D.; CRISTIANO, G.; DE LUCIA, B. Biostimulant application under reduced nutrient supply enhances quality and sustainability of ornamental containerized transplants. **Agronomy**, v. 13, n. 3, art. 765, 2023. DOI: 10.3390/agronomy13030765.

MA, X.; et al. Assessment of heavy metals contamination in sediments from three adjacent regions of the Yellow River using metal chemical fractions and multivariate analysis techniques. **Chemosphere**, v. 144, p. 264-272, 2016. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2015.08.026.

MA, Y.; CHENG, Y.; ZHANG, X. Humic substances and plant productivity in tropical systems. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 167, art. 108648, 2024. DOI: 10.1016/j.soilbio.2022.108648.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. 1. ed. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 2006. 638 p.

MARTELLETO, L. A. P.; MARTINS, C. S.; REZENDE, J. O. A cultura do mamoeiro em diferentes sistemas de cultivo. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 31, p. 687-693, 2009.

MORAES, C. L.; et al. Humic substances improve maize root system development and yield. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 55, p. 1-10, 2020. DOI: 10.1590/S1678-3921.pab2020.55.

NARDI, S.; et al. Plant biostimulants: physiological responses induced by protein hydrolysate-based products and humic substances. *Scientia Agricola*, v. 73, n. 1, p. 18-23, 2016. DOI: 10.1590/0103-9016-2015-0006.

NARDI, S.; SCHIAVON, M.; FRANCIOSO, O. Chemical structure and biological activity of humic substances define their role as plant growth promoters. *Molecules*, v. 26, n. 8, p. 2256, 2021. DOI: 10.3390/molecules26082256.

NOGUEIRA FILHO, G. C.; CASTRO, A. M. Papaya cultivation and soil management. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 25, p. 123-132, 2003.

OLIVEIRA, F. M.; COELHO, R. I. Fertilidade do solo e cultivo do mamoeiro no Cerrado. *Agropecuária Técnica*, v. 42, p. 21-30, 2021.

OLIVEIRA, R. S.; et al. Soil fertility constraints in Cerrado agriculture. *Agronomy Journal*, v. 116, n. 2, p. 215-229, 2024.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Eds.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas (IAC), 1996. 285 p. (Boletim Técnico, 100).

ROMERO FÉLIX, C. S.; et al. Biostimulants on yield and its components in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Agro Productividad*, v. 16, n. 5, p. 121-127, 2023. DOI: 10.32854/agrop.v15i4.2462.

ROUPHAEL, Y.; COLLA, G. Editorial: Biostimulants in agriculture. *Frontiers in Plant Science*, v. 11, p. 40, 2020. DOI: 10.3389/fpls.2020.00040.

SANTOS, J. V.; et al. Low organic matter soils in the Cerrado: water retention and microbial activity. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 49, e0200152, 2025.

SARAIVA, K. R.; et al. Superphosphate doses in papaya seedling formation. *Revista Ciência Agronômica*, v. 42, p. 21-28, 2011.

SCHWAMBACK, L. Papaya root diseases in Cerrado soils. *Tropical Plant Pathology*, v. 49, p. 56-67, 2024.

SEAGRI-BA. Secretaria de Agricultura, Irrigação e Reforma Agrária. Estatísticas da produção de mamão. Salvador: SEAGRI, 2024/2025. Disponível em: <http://www.seagri.ba.gov.br/mamao.htm>.

SERRANO, L. A. L.; CATTANEO, L. F. O cultivo do mamoeiro no Brasil. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 32, n. 3, p. 803-812, 2010.

SILVA, A. F.; et al. Humic substances improve tomato seedling development. *Horticultura Brasileira*, v. 38, p. 21-29, 2020. DOI: 10.1590/S0102-0536202001004.

SOARES, M. R.; et al. Soil compaction and porosity in Cerrado areas. *Revista de Ciências Agrárias*, v. 63, p. 301-310, 2020.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. *Cerrado: correção do solo e adubação*. 2. ed. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2004.

STEVENSON, F. J. *Humus Chemistry: Genesis, Composition, Reactions*. 2. ed. New York: John Wiley & Sons, 1994.

SUN, J.; et al. Soil humic substances: role in fertility and plant growth. *Geoderma*, v. 432, art. 116398, 2024. DOI: 10.1016/j.geoderma.2023.116398.

WEKESA, A. Resource constraints for smallholder papaya production in Cerrado. *Journal of Rural Studies*, v. 98, p. 12-23, 2024.

YAN, X.; et al. Soil aluminum saturation effects on papaya growth in Cerrado soils. *Soil Research*, v. 62, p. 77-89, 2024.

ZANDONADI, D. B.; CANELLAS, L. P.; FAÇANHA, A. R. Indolacetic acid-like effects of humic substances on root growth. *Plant and Soil*, v. 370, p. 485-493, 2014.

ZANDONADI, D. B.; et al. Humic substances as biostimulants in tropical agriculture. *Agronomy*, v. 15, n. 2, p. 410, 2025. DOI: 10.3390/agronomy15020410.

ZHANG, L.; et al. Humic substances remediation potential in polluted soils and aquifers. *Journal of Environmental Management*, v. 256, art. 109945, 2020. DOI: 10.1016/j.jenvman.2019.109945

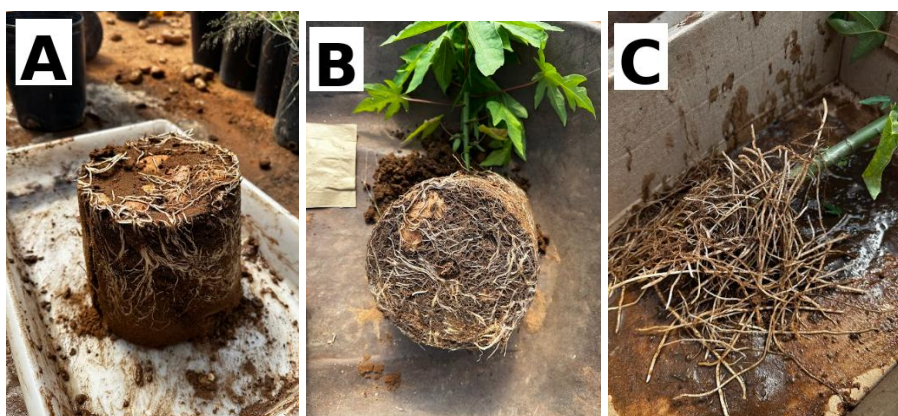
APÊNDICE A – REGISTRO FOTOGRÁFICO DA CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

Figura A1 – Etapas do preparo das amostras de mudas de mamoeiro (*Carica papaya* L.) para determinação da massa seca: (A e C) acondicionamento das folhas em béquer para pesagem inicial; (B) amostras embaladas em sacos de papel antes da secagem em estufa.



Fonte: A autora (2025).

Figura A2 – Sistema radicular de mudas de mamoeiro (*Carica papaya* L.) aos 60 dias após o transplante (última época de avaliação): (A e B) plantas submetidas aos tratamentos com Black Gold®, apresentando maior desenvolvimento radicular; (C) planta sem tratamento, evidenciando ausência de raízes secundárias



Fonte: A autora (2025).

Figura A3 – Diferenças de altura entre mudas de mamoeiro (*Carica papaya* L.) na última avaliação, aos 60 dias após o transplante: (A) vista lateral das plantas nos vasos; (B) visão superior evidenciando a variação no crescimento



Fonte: A autora (2025).

Figura A4 – Avaliação do diâmetro do caule em mudas de mamoeiro (*Carica papaya* L.): (A) método de medição com paquímetro digital; (B) diâmetro da testemunha (sem aplicação do produto); (C) diâmetro da planta submetida à maior dose de Black Gold®



Fonte: A autora (2025).