



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO AMAPÁ

CAMPUS PORTO GRANDE

CURSO SUPERIOR DE BACHARELADO EM ENGENHARIA AGRONÔMICA

ANNY CAROLINE MIRANDA KUNKEL

**APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS AGRÍCOLAS NA COMPOSIÇÃO DE
SUBSTRATOS PARA PRODUÇÃO DE MUDAS DE CACAUEIRO (*Theobroma
cacao L.*)**

PORTO GRANDE – AP

2025

ANNY CAROLINE MIRANDA KUNKEL

**APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS AGRÍCOLAS NA COMPOSIÇÃO DE
SUBSTRATOS PARA PRODUÇÃO DE MUDAS DE CACAUEIRO (*Theobroma
cacao L.*)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a
cordenação do Curso de Bacharelado em
Engenharia Agrônoma, do Instituto Federal
de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá
- IFAP, *Campus* Agrícola Porto Grande, em
cumprimento às exigências legais como
requisito parcial à obtenção do título de
Engenheira Agrônoma.

Orientadora: Profa. Dra. Leonita Beatriz Girardi

Coorientador: Prof. Dr. Nilvan Carvalho Melo

PORTO GRANDE – AP

2025

Biblioteca Institucional - IFAP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

K615a Kunkel, Anny Caroline Miranda
APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS AGRÍCOLAS NA
COMPOSIÇÃO DE SUBSTRATOS PARA PRODUÇÃO DE MUDAS
DE
CACAUUEIRO (*Theobroma cacao* L.)

/ Anny Caroline Miranda Kunkel - Porto Grande, 2025. 48
f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -- Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá, Campus Porto Grande,
Bacharelado em Engenharia Agrônômica, 2025.

Orientadora: Leonita Beatriz Girardi. Coorientadora:
Nilvan Carvalho Melo.

1. Sustentabilidade . 2. Resíduos Agroindustriais. 3. Economia regional .
I. Girardi, Leonita Beatriz , orient. II. Melo, Nilvan Carvalho , coorient.
III. Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica do
IFAP com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

ANNY CAROLINE MIRANDA KUNKEL

**APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS AGRÍCOLAS NA COMPOSIÇÃO DE
SUBSTRATOS PARA PRODUÇÃO DE MUDAS DE
CACAUUEIRO (*Theobroma cacao* L.)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a
cordenação do Curso de Bacharelado em
Engenharia Agrônômica, do Instituto Federal
de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá
- IFAP, *Campus* Agrícola Porto Grande, em
cumprimento às exigências legais como
requisito parcial à obtenção do título de
Engenheira Agrônoma.

Orientadora: Profa. Dra. Leonita Beatriz Girardi

Coorientador: Prof. Dr. Nilvan Carvalho Melo

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a. Dr.^a. Leonita Beatriz Girardi - Orientadora
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá - IFAP

Prof. Me. Raphael Leone da Cruz Ferreira - Examinador Interno - IFAP

Prof. Dr. Warley Rafael Oliva Brandão - Examinador Interno - IFAP

Apresentado em: 11 / 12/ 2025.

Conceito/Nota: _____

Dedico esta conquista ao meu amado pai, Paulo Miguel Kunkel. Sua memória permanece viva em cada passo da minha caminhada, iluminando meus caminhos e fortalecendo minhas escolhas. Tudo o que sou e tudo o que alcancei até aqui carrega a marca do seu exemplo, que continua a me conduzir com luz, fé e amor.

AGRADECIMENTOS

À Deus, fonte de toda sabedoria e força, por iluminar meus caminhos, conceder serenidade nos momentos de incerteza e coragem diante dos desafios. Sem Sua presença constante, este sonho não teria se tornado realidade.

À minha orientadora, Professora Leonita Beatriz Girardi, pela dedicação incansável, paciência e olhar humano que tanto contribuíram para meu crescimento acadêmico e pessoal. Ao meu coorientador, Professor Nilvan Carvalho Melo, pela generosidade em compartilhar seus conhecimentos, pela atenção sempre disponível e pelo incentivo contínuo, fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho.

À minha família, minha base e porto seguro: minha mãe Enia Kunkel, exemplo de força e amor incondicional; minha irmã Ana Paula Kunkel, pelo companheirismo e apoio em todos os momentos; meu sobrinho Adam Paulo Kunkel Moraes, cuja alegria tornou meus dias mais leves; e ao meu querido e eterno pai, Paulo Miguel Kunkel, que mesmo ausente fisicamente, permanece presente em memórias e ensinamentos que guiam meus passos.

Aos professores que contribuíram para minha formação, transmitindo conhecimento e valores que levarei comigo. Em especial, agradeço à Professora Ana Maria Guimarães Bernardo e ao Professor Cleber Macedo de Oliveira pelo incentivo e apoio no início deste projeto. Aos amigos Bruno dos Santos Barbosa, Andrea Monteiro Nascimento, Leticia Cardoso Gomes e Jaqueline Martel de Freitas, pelo incentivo, escuta e companheirismo ao longo dessa caminhada.

À Embrapa Amapá, na pessoa do Dr. Nagib Melem e do Dr. Leandro, pela disponibilidade e apoio na realização das análises laboratoriais, colaboração essencial para o desenvolvimento deste trabalho. Por fim, agradeço a todos que, de alguma forma, contribuíram para que este trabalho fosse concluído, colegas de curso, professores, funcionários e todos aqueles que estiveram presentes nessa trajetória. Cada gesto e palavra de apoio fizeram diferença e serão lembrados com gratidão.

“O Brasil é essa potência agroambiental que o mundo quer. Vamos produzir para alimentar com sustentabilidade, servindo de modelo ao mundo.”

(MONTES, 2022)

“A persistência é o caminho do êxito.”

(CHAPLIN, 1997)

“A educação é a arma mais poderosa que você pode usar para mudar o mundo”

(MANDELA, 1990)

RESUMO

O cultivo do cacauzeiro (*Theobroma cacao* L.) tem se expandido no Amapá, demandando estratégias sustentáveis e economicamente viáveis para a produção de mudas de qualidade. Nesse contexto, o aproveitamento de resíduos agroindustriais, como sementes de açaí trituradas, apresenta potencial para a formulação de substratos regionais. Este trabalho avaliou o crescimento de mudas de cacauzeiro produzidas em cinco composições de substratos contendo sementes de açaí trituradas, terra preta, esterco bovino, esterco caprino e solo. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com cinco tratamentos e cinco repetições, em viveiro protegido no IFAP – Campus Porto Grande. Foram realizadas avaliações morfológicas (altura, número de folhas, diâmetro do caule, biomassa e comprimento radicular) aos 40, 80 e 120 dias após a semeadura. Nas avaliações iniciais, não houve diferenças significativas entre os tratamentos, indicando que todos os substratos forneceram condições adequadas para o estabelecimento das plântulas. Contudo, aos 120 dias, o substrato composto por sementes de açaí trituradas, terra preta, esterco bovino e solo apresentou os maiores valores de altura, número de folhas, diâmetro do caule e biomassa, demonstrando melhor equilíbrio entre porosidade, retenção hídrica e disponibilidade de nutrientes. Conclui-se que resíduos orgânicos regionais, especialmente sementes de açaí associadas à terra preta e esterco bovino, constituem alternativa sustentável, de baixo custo e eficiente para a produção de mudas de cacauzeiro na região amazônica.

Palavras-chave: Substratos alternativos; resíduos agroindustriais; mudas de cacauzeiro, sustentabilidade; crescimento de mudas.

ABSTRACT

The cultivation of cacao (*Theobroma cacao* L.) has been expanding in the state of Amapá, requiring sustainable and economically viable strategies for producing high-quality seedlings. In this context, the use of agro-industrial residues, such as crushed açai seeds, shows potential for the formulation of regional substrates. This study evaluated the growth of cacao seedlings produced in five substrate compositions containing crushed açai seeds, *terra preta*, bovine manure, goat manure, and soil. The experiment was conducted in a completely randomized design (CRD), with five treatments and five replications, in a protected nursery at IFAP – Porto Grande Campus. Morphological evaluations (height, number of leaves, stem diameter, biomass, and root length) were performed at 40, 80, and 120 days after sowing. In the initial assessments, no significant differences were observed among treatments, indicating that all substrates provided adequate conditions for seedling establishment. However, at 120 days, the substrate composed of crushed açai seeds, *terra preta*, bovine manure, and soil showed the highest values for height, number of leaves, stem diameter, and biomass, demonstrating a better balance between porosity, water retention, and nutrient availability. It is concluded that regional organic residues, especially açai seeds combined with *terra preta* and bovine manure, constitute a sustainable, low-cost, and efficient alternative for the production of cacao seedlings in the Amazon region.

Keywords: alternative substrates; agro-industrial residues; *cacao tree seedlings*; sustainability; seedling growth.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fluxograma da cadeia produtiva direta do açaí.....	19
Figura 2 – Viveiro de mudas.....	20
Figura 3 - Planta baixa e vista lateral do viveiro de mudas.....	21
Figura 4 – Representação esquemática do delineamento experimental para cada tratamento.....	22
Figura 5 – Frutos de Cacau recém colhido.....	24
Figura 6 - (A) Areia Esterelizada (B) Processo de fricção (C) Sementes sem mucilagem.....	24
Figura 7 - Sementes após aplicação de fungicida.....	25
Figura 8 - Fluxograma metodológico geral.....	25
Figura 9 - (A) Avaliação da altura da planta utilizando régua graduada (B) Avaliação do diâmetro do caule utilizando paquímetro.....	28
Figura 10 - Altura de plantas de mudas de cacaeiro em diferentes composições de substratos aos 40 DAS.....	29
Figura 11 – Diâmetro do caule de mudas de cacaeiro em diferentes composições de substratos aos 40 DAS.....	30
Figura 12 – Número de folhas de cacau em diferentes composições de substratos aos 40 DAS.....	30
Figura 13 - Mudanças de cacau na fase inicial de crescimento.....	31
Figura 14 - Altura de plantas de mudas de cacaeiro em diferentes composições de substratos aos 80 DAS.....	32
Figura 15 – Diâmetro do caule de mudas de cacaeiro em diferentes composições de substratos aos 80 DAS.....	32
Figura 16 – Número de folhas de cacau em diferentes composições de substratos aos 80 DAS.....	33
Figura 17 – Altura de plantas de mudas de cacaeiro em diferentes composições de substratos aos 120 DAS.....	35
Figura 18 – Diâmetro do caule de mudas de cacaeiro em diferentes composições de substratos aos 120 DAS.....	36
Figura 19 - Número de folhas de cacau em diferentes composições de substratos aos 120 DAS.....	36

Figura 20 – Mudanças de cacau retiradas dos sacos para a avaliação de biomassa aos 120 DAS	37
Figura 21 – Comprimento da raiz de mudas de cacau em diferentes composições de substratos aos 120 DAS.....	38
Figura 22 – Massa fresca e seca da parte aérea de mudas de cacau em diferentes composições de substratos aos 120 DAS	39
Figura 23 – Massa fresca e seca da raiz de mudas de cacau em diferentes composições de substratos aos 120 DAS.....	41

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 OBJETIVOS	16
2.1 Objetivo Geral.....	16
2.2 Objetivos Específicos	16
3 REFERENCIAL TEÓRICO.....	17
3.1 O Cacaueiro no Cenário Agrícola e Econômico	17
3.2 Substratos e Qualidade de Mudanças de Cacaueiro.....	18
3.3 Uso Alternativo de Substratos: Aproveitamento de Semente de Açaí	19
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	21
4.1 Local do experimento	21
4.1.1 Caracterização técnica do viveiro de mudas.....	21
4.1.1.1 Dimensões Gerais	21
4.1.1.2 Ambiente Externo	22
4.1.1.3 Ambiente Interno	23
4.2 Delineamento Experimental e Tratamentos	23
4.3 Preparo das sementes.....	24
4.4 Caracterização Física e Química dos Substratos.....	26
4.4.1 Caracterização Física	26
4.4.2 Caracterização Química	27
4.5 Parâmetros Avaliados	29
4.6 Análises Estatísticas.....	29
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30
5.1 Parâmetros de Crescimento	30
5.1.1 Primeira avaliação aos 40 dias após a semeadura	30
5.1.2 Segunda avaliação aos 80 dias após a semeadura	32
5.1.3 Terceira avaliação aos 120 dias após a semeadura.....	35
5.2 Parâmetros de biomassa.....	40
6 CONCLUSÃO	44
REFERÊNCIAS	46

1 INTRODUÇÃO

O cacauero (*Theobroma cacao L.*), pertencente à família Malvaceae, é uma planta perene originária da região Amazônica, responsável pela produção do fruto do tipo baga conhecido como cacau (EMBRAPA, 2017). A cultura do cacau possui expressiva importância socioeconômica, sendo base para diversos produtos de alto valor comercial, como o chocolate e bebidas derivadas. Sua cadeia produtiva movimenta bilhões de reais anualmente e envolve milhões de pessoas em todo o mundo, sendo considerada uma das atividades agrícolas mais relevantes para a economia tropical.

O Brasil ocupa atualmente a sexta posição entre os maiores produtores de cacau do planeta, com produção superior a duzentas mil toneladas de amêndoas por ano. Os estados do Pará e da Bahia concentram a maior parte dessa produção, representando juntos cerca de 96% do total nacional (MAPA, 2022). O país também se destaca por possuir uma cadeia produtiva completa, que abrange desde o cultivo até a industrialização do chocolate, contribuindo de forma significativa para o agronegócio e a geração de empregos. Apesar disso, entre 2021 e 2022, houve uma redução expressiva nas exportações de amêndoas e derivados do cacau, reflexo de fatores climáticos, logísticos e de mercado.

No estado do Amapá, o cultivo do cacau ainda é recente, mas tem despertado crescente interesse por parte de produtores e instituições públicas. Com o objetivo de impulsionar essa atividade, o governo estadual implantou, em 2022, o Programa Cacau Amapá, em parceria com a Federação de Agricultura e Pecuária do Pará (FAEPA) e a Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (CEPLAC). O programa disponibiliza sementes e capacitação técnica a servidores e produtores, além de oferecer acompanhamento especializado em todas as etapas do manejo da cultura, do plantio à colheita. Um cultivo modelo foi estabelecido no estado para servir como base de aprendizado e difusão de boas práticas de produção, promovendo assim o desenvolvimento de uma cadeia sustentável e adaptada às condições edafoclimáticas locais. A obtenção de mudas de alta qualidade é um fator determinante para o sucesso do plantio, pois influencia diretamente o desenvolvimento das plantas, a sanidade e a produtividade da lavoura. Mudanças malformadas ou oriundas de substratos inadequados tendem a apresentar menor crescimento, maior vulnerabilidade a doenças e baixo rendimento.

Aspectos como o manejo correto nos viveiros, a escolha apropriada de substratos e o controle fitossanitário são fundamentais para garantir o vigor das plantas e a uniformidade do estande de cultivo. Além disso, o uso de sementes certificadas e o respeito às condições ideais de sombreamento e irrigação são práticas indispensáveis para o bom estabelecimento da cultura.

Pesquisas apontam que o tipo de substrato utilizado na produção de mudas exerce forte influência sobre o crescimento inicial do cacaueteiro, portanto a utilização de proporções adequadas de materiais, como serragem e areia, mostrou-se eficaz na promoção de maior desenvolvimento das plantas (Sodré *et al.*, 2007). Em regiões tradicionais de cultivo, como o sul da Bahia, são comumente empregados substratos à base de produto comercial e fibra de coco em proporções equilibradas, o que garante boa aeração e drenagem para as raízes.

O cacaueteiro é uma espécie sensível à luminosidade intensa, exigindo sombreamento adequado e irrigação controlada durante o desenvolvimento das mudas. Além disso, apresenta melhor desempenho em ambientes com temperaturas médias de cerca de 21°C e em solos bem drenados, ricos em fósforo e matéria orgânica. O equilíbrio entre umidade e oxigenação no substrato é outro fator essencial, já que o excesso de água pode favorecer o surgimento de fungos e reduzir o crescimento radicular.

No Amapá, a escassez de insumos convencionais utilizados na produção de mudas tem estimulado a busca por alternativas regionais. Diante desse cenário, torna-se fundamental avaliar o potencial de substratos formulados com matérias-primas locais, como semente de açaí triturada, terra preta, esterco bovino, esterco caprino e solo, em diferentes combinações. O caroço de açaí triturado, por exemplo, já demonstrou potencial em estudos com mudas de hortaliças, e sua aplicação na produção de cacaueteiros merece investigação mais aprofundada. A associação desses materiais pode fornecer uma base rica em nutrientes, contribuindo para a formação de mudas vigorosas e bem desenvolvidas.

Essas alternativas sustentáveis, além de reduzirem os custos de produção, promovem o aproveitamento de resíduos agroindustriais locais, minimizando impactos ambientais e fortalecendo a economia regional. Assim, a avaliação de substratos alternativos representa uma oportunidade de inovação tecnológica para o setor cacaueteiro amapaense, com potencial para aumentar a autonomia dos produtores, melhorar a qualidade das mudas e impulsionar o desenvolvimento agrícola do estado de forma sustentável.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar o crescimento de mudas de cacau (*Theobroma cacao L.*) produzidas a partir de composições de substratos alternativos

2.2 Objetivos específicos

- Avaliar o efeito da composição do substrato no desenvolvimento de mudas de *Theobroma cacao L.*;
- Verificar a melhor composição de substrato para desempenho das mudas de cacau;
- Avaliar parâmetros de crescimento e de biomassa das mudas de cacau;
- Avaliar o equilíbrio nutricional e estrutural das mudas de cacau em diferentes composições de substratos;

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 O Cacaueiro no Cenário Agrícola e Econômico

O cacaueiro (*Theobroma cacao* L.) é uma planta perene pertencente à família Malvaceae, nativa da região Amazônica e amplamente cultivada em países tropicais, se desenvolvendo em condição ideal na faixa de temperatura entre 21°C a 28°C (EMBRAPA, 2017). Trata-se de uma planta que pode atingir de 5 a 8 metros de altura e de 4 a 6 metros de diâmetro de copa, quando proveniente de semente, podendo iniciar a fase de frutificação em um período de 3 a 4 anos (SENAR, 2018). A planta possui elevada exigência nutricional, principalmente dos macronutrientes, com destaque para o nitrogênio, exigido em maior quantidade, sua deficiência pode resultar em redução do crescimento, clorose e senescência prematura de folhas, portanto, atingindo diretamente seu metabolismo (MAPA, 2013). A maior exigência de nitrogênio pelo cacaueiro e a sua baixa disponibilidade em solos tropicais faz com que este seja um dos nutrientes mais limitantes à produtividade (REIS *et al.*, 2006).

O cacaueiro, embora seja uma espécie de grande importância econômica, é também altamente suscetível a diversas pragas e doenças, especialmente as de origem fúngica. Entre as principais, destacam-se a vassoura-de-bruxa (*Moniliophthora perniciosa*) e a podridão-parda (*Moniliophthora roreri*), consideradas as mais destrutivas para a cultura (AIPC, 2023). Essas doenças comprometem significativamente o desenvolvimento das plantas, reduzindo a produtividade e a qualidade dos frutos, podendo causar severas perdas econômicas quando não há manejo adequado.

Seu fruto, o cacau, é a principal matéria-prima para a produção de chocolate e diversos derivados, o que confere à cultura expressiva importância econômica e social. Além de contribuir para o desenvolvimento do agronegócio, a produção de cacau representa fonte significativa de renda para pequenos produtores, especialmente os inseridos na agricultura familiar, responsável por cerca de 70% dos alimentos consumidos no país (GIESTA, 2021).

O Brasil ocupa posição de destaque no cenário mundial, sendo o sexto maior produtor de cacau, com produção superior a duzentas mil toneladas de amêndoas por ano. Os estados do Pará e da Bahia concentram cerca de 96% dessa produção (MAPA, 2022), configurando-se como principais polos cacaueiros do país, gerando emprego e renda, movimentando importantes setores da economia, como o processamento de amêndoas, a produção de manteiga de cacau e a indústria chocolateira, que agregam valor e fortalecem a cadeia produtiva.

Nos últimos anos, novas fronteiras agrícolas têm surgido, como o Amapá, que vem investindo na introdução e ampliação do cultivo por meio de programas estaduais, a exemplo

do Programa Cacau Amapá.

Essa iniciativa busca adaptar tecnologias de produção empregadas em regiões tradicionais às condições locais, com foco na capacitação técnica de produtores e na produção de mudas de qualidade (MELO, 2019).

A cultura do cacau também exerce papel ambiental relevante, por ser frequentemente cultivada em sistemas agroflorestais, promovendo sombreamento natural, conservação da biodiversidade e recuperação de áreas degradadas. Segundo Somarriba (2006), o cacaueteiro se integra harmoniosamente a outras espécies vegetais, funcionando como componente estratégico para sistemas de produção sustentáveis. Além disso, a utilização de resíduos agroindustriais como insumos agrícolas, como proposto neste trabalho, contribui para práticas de manejo ecológico e economia circular, reduzindo impactos ambientais e fortalecendo o setor agrícola amazônico.

3.2 Substratos e Qualidade de Mudanças de Cacaueteiro

A qualidade das mudas é um dos fatores determinantes para o sucesso do cultivo de qualquer espécie perene, sendo influenciada diretamente pelas propriedades físicas e químicas do substrato utilizado. Segundo Araújo e Sobrinho (2011), a escolha adequada do substrato garante melhor desenvolvimento radicular e crescimento equilibrado da parte aérea. Substratos ricos em matéria orgânica apresentam maior retenção de umidade, boa aeração e fornecimento constante de nutrientes, resultando em plantas mais vigorosas e com melhor adaptação ao campo. Nas regiões produtoras da Bahia, Marrocos e Sodré (2004) relatam o uso frequente de substratos comerciais como o Plantmax, misturado com fibra de coco na proporção 1:1, promovendo equilíbrio entre drenagem e retenção de água. Esses estudos reforçam que o desempenho das mudas depende da combinação adequada de materiais que assegurem condições ideais de aeração, umidade e fertilidade.

A qualidade do substrato está associada não apenas à nutrição, mas também à estrutura física. Donagema *et al.* (2011) e Raij *et al.* (2001) ressaltam que parâmetros como densidade aparente, densidade de partículas, porosidade total e umidade gravimétrica influenciam de forma significativa o crescimento radicular e o acúmulo de biomassa, uma vez que definem a capacidade do substrato de armazenar água e oxigênio nas proporções adequadas. A caracterização física e química, portanto, é essencial para a formulação de misturas eficientes, especialmente em regiões com restrições de insumos, como o Amapá. Os substratos equilibrados promovem um ambiente favorável ao desenvolvimento fisiológico das mudas,

especialmente pela melhoria da oxigenação radicular e da retenção hídrica. Guerrini e Trigueiro (2004) destacam que a combinação entre componentes orgânicos e minerais contribui para maior aeração, drenagem e estabilidade estrutural, evitando a compactação e o encharcamento que prejudicam a absorção de nutrientes.

Além disso, a presença de matéria orgânica proveniente de resíduos como o esterco curtido e a semente de açaí triturada aumenta a capacidade de troca catiônica e o teor de carbono no substrato, fatores diretamente relacionados à nutrição e ao vigor das plantas (Fermino, 2014). Já Almeida e Chaves (2010) demonstraram que o uso de esterco caprino e solo na proporção 4:1 apresenta bons resultados no crescimento de mudas irrigadas, especialmente em sistemas controlados de viveiro.

De acordo com Fonseca *et al.* (2002), a qualidade das mudas está associada ao equilíbrio entre as partes aérea e radicular, sendo o sistema radicular um indicativo fundamental da capacidade de absorção e fixação das plantas. Substratos que favorecem o crescimento profundo e vigoroso das raízes, como os que contêm partículas de granulometria adequada e boa aeração, proporcionam maior eficiência no uso da água e dos nutrientes, refletindo no aumento da massa seca da parte aérea. Esses resultados corroboram com Sodré (2007), que observou que misturas com proporções equilibradas de materiais orgânicos e minerais promovem crescimento mais uniforme das mudas de cacau.

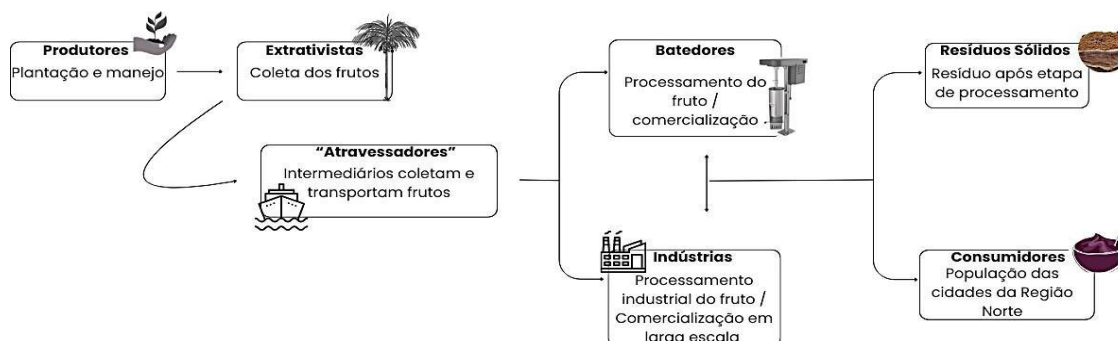
Por fim, o equilíbrio entre as propriedades físicas e químicas dos substratos é essencial para a obtenção de mudas vigorosas e com alto potencial de sobrevivência no campo. A combinação de materiais regionais, como a semente de açaí e a terra preta, conforme demonstrado por Sodré (2007) e Fermino (2014), permite formular substratos de alta qualidade, com boa porosidade e nutrição adequada, promovendo maior crescimento, espessura de caule e número de folhas. Esses resultados confirmam a importância da pesquisa aplicada no desenvolvimento de soluções locais, sustentáveis e tecnicamente eficientes para a produção de mudas de cacau na Amazônia.

3.3 Uso Alternativo de Substratos: Aproveitamento de Sementes de Açaí

O açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) é uma das culturas mais representativas da região Norte do Brasil, com grande relevância econômica e social, especialmente para o Amapá. Entretanto, o processamento (Figura 1) do fruto gera elevado volume de resíduos (As sementes correspondem de 85% a 90% do peso total) cujo descarte inadequado provoca sérios problemas ambientais, como o acúmulo de resíduos e a contaminação do solo e da água

(SILVA *et al.*, 2020; OLIVEIRA *et al.*, 2016). Nesse contexto, o reaproveitamento das sementes de açaí surge como alternativa sustentável para a formulação de substratos agrícolas.

Figura 1- Fluxograma da cadeia produtiva direta do açaí



Fonte: Adaptado de PENA, 2023.

Além dos benefícios agrônômicos, o aproveitamento das sementes de açaí representa um importante avanço no contexto ambiental e econômico. Fermino (2014) enfatiza que a incorporação de materiais orgânicos residuais na composição de substratos contribui para a redução do impacto ambiental e para o fortalecimento da economia circular, gerando oportunidades de renda e diminuindo a dependência de insumos industriais.

No caso do cacauieiro, o uso de resíduos regionais permite a criação de um sistema produtivo mais autossuficiente e adaptado às condições locais. A associação das sementes de açaí com terra preta e esterco bovino proporciona uma mistura rica em nutrientes, com elevada capacidade de retenção de água e boa estrutura física, resultando em mudas mais vigorosas. Fonseca *et al.* (2002) e Eloy *et al.* (2013) reforçam que substratos equilibrados e com boa porosidade favorecem o desenvolvimento radicular e o crescimento uniforme das plantas.

Pesquisas realizadas com resíduos agroindustriais reforçam o potencial de aproveitamento desses materiais na produção de substratos. Silva *et al.* (2020) verificaram que o uso de sementes de açaí e outros subprodutos regionais favorece o crescimento de mudas ao aumentar a disponibilidade de matéria orgânica e melhorar as propriedades físicas do substrato. De modo semelhante, Oliveira *et al.* (2016) apontam que a utilização de resíduos agroindustriais reduz impactos ambientais e agrega valor econômico à cadeia produtiva, sendo uma estratégia eficaz de sustentabilidade para regiões produtoras da Amazônia.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Local do experimento

A pesquisa foi realizada no Instituto Federal do Amapá, Campus Agrícola Porto Grande – AP, localizado a 01°44'48" N e 51°24'36" O. Em área de estufa com tela de sombreamento de 50% (Figura 1), na Fazenda Experimental do Campus pelo período de 120 dias.

Figura 2 – Viveiro de mudas do Instituto Federal do Amapá – IFAP, Porto Grande/AP.



Fonte: O autor

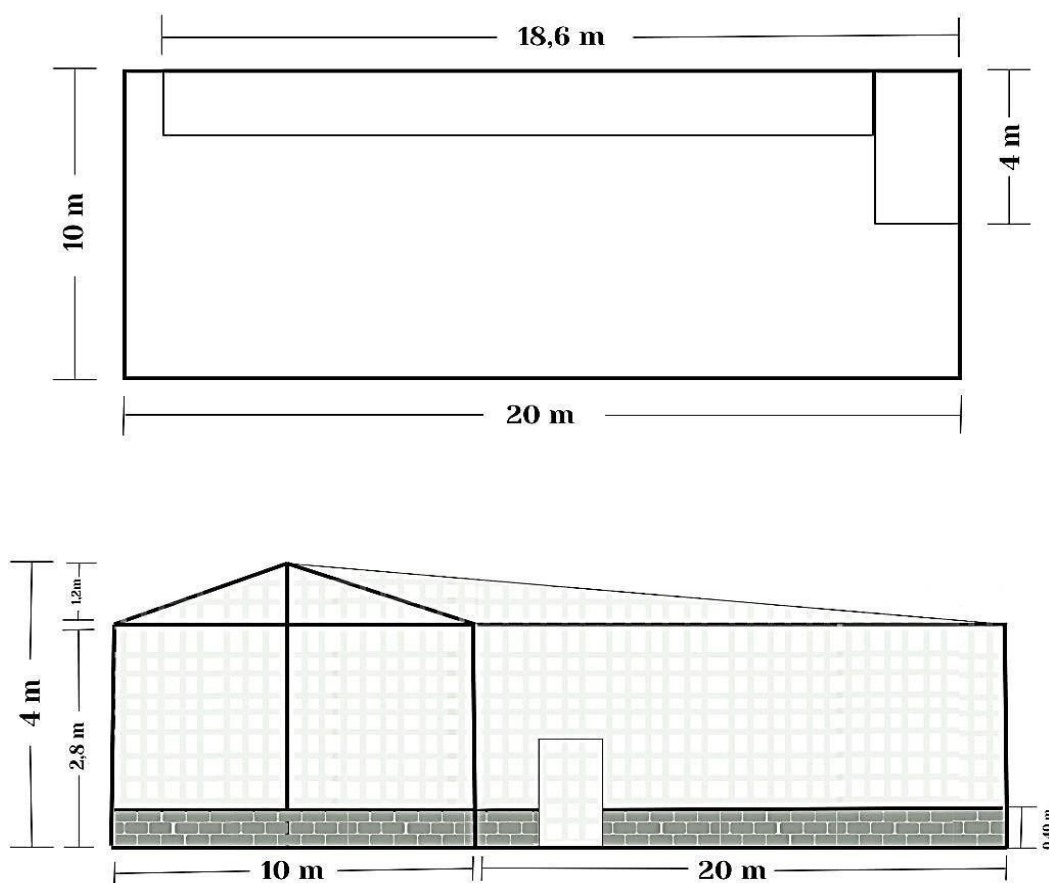
4.1.1 Caracterização técnica do viveiro de mudas

4.1.1.1 Dimensões Gerais

O viveiro de mudas apresenta dimensões totais de 20 metros de comprimento, 10 metros de largura e 4 metros de altura máxima (Figura 2). A estrutura é composta por armação em madeira tratada, disposta em pilares verticais e travessas horizontais que garantem estabilidade e sustentação à cobertura e às paredes laterais. O viveiro possui área total de 200 m², com ambiente protegido e bem ventilado, adequado à aclimação, crescimento e manutenção de espécies vegetais nativas e frutíferas.

A cobertura e o fechamento lateral com sombrite de 50% proporcionam um microclima controlado, reduzindo estresses térmicos e luminosos sobre as mudas.

Figura 3 – Planta baixa e vista lateral do viveiro de mudas



Fonte: O autor

4.1.1.2 Ambiente Externo

A parte superior possui estrutura em duas águas, com inclinação central, favorecendo o escoamento da água da chuva e a ventilação interna. O fechamento lateral e superior é constituído por tela de sombreamento (sombrite) com 50% de sombreamento, fixada à estrutura de madeira. Esse material tem a função de reduzir a incidência direta da radiação solar, mantendo temperatura e luminosidade adequadas ao desenvolvimento das mudas. As paredes inferiores, com cerca de 0,40 m de altura, são construídas em alvenaria de blocos de concreto, oferecendo maior resistência mecânica, proteção contra respingos de chuva e evitando a entrada de pequenos animais. A entrada principal, localizada na lateral, é composta por porta de madeira com revestimento em tela de sombreamento, permitindo a continuidade da ventilação natural.

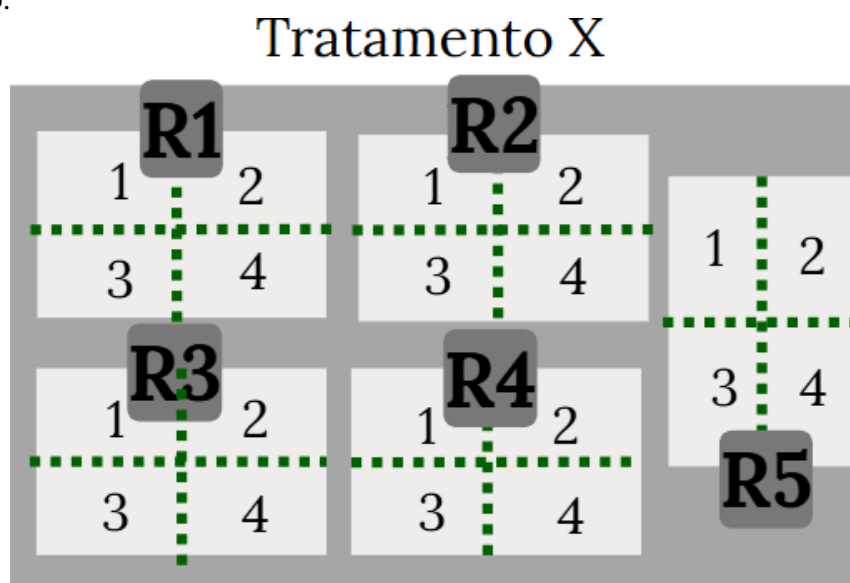
4.1.1.3 Ambiente Interno

O piso é natural e drenante, permitindo boa infiltração de água e evitando o acúmulo de umidade excessiva. Internamente, o espaço é dividido em espaços livres para canteiros e bancadas (Figura 2) para produção de mudas, organizados de forma a otimizar a circulação e o manejo.

4.2 Delineamento Experimental e Tratamentos

A pesquisa foi realizada sob o delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC), com cinco tratamentos (diferentes composições de substrato) e cinco repetições, com quatro mudas de cacau por repetição (Figura 4),

Figura 4 – Representação esquemática do delineamento experimental para cada tratamento.



Fonte: Elaborado pelo autor

Foi utilizado a composição de solo e esterco caprino (EC) na proporção 4:1 como controle (Almeida; Chaves, 2010), e as demais proporções utilizando sementes de açaí trituradas e curtidas (SA), terra preta (TP), esterco bovino curtido (EB) e Solo, foram: T1 - 50% SA, 30% TP e 20%; T2 - 50% SA e 50% Solo; T3 - 50% SA e 50% TP; T4 - 25% EB, 25% Solo, 25% SA e 25%; T5 – Controle – 75% Solo e 25% EC (Tabela 1).

Todos os substratos receberão 3g de calcário, 2 g de superfostato triplo e 0,3g de FTE Br 15 por litro de substrato. A caracterização física e química dos substratos foi determinada em laboratório de acordo com a metodologia da EMBRAPA (2007).

Tabela 1 – Materiais utilizados na produção dos substratos suas proporções. SA= Semente de açaí triturado e curtido, TP = Terra Preta, EB = Esterco Bovino, EC = Esterco Caprino e Solo.

Tratamentos	Componentes dos substratos				
	SA	TP	EB	EC	Solo
1	50%	30%	20%	-	-
2	50%	-	-	-	50%
3	50%	50%	-	-	-
4	25%	25%	25%	-	25%
Controle	-	-	-	25%	75%

Fonte: Elaborado pelo autor

4.3 Preparo das sementes

As sementes utilizadas no experimento foram obtidas a partir de frutos de cacauieiro (*Theobroma cacao* L.) recém-colhidos (Figura 5). Inicialmente, procedeu-se à retirada da mucilagem aderida às sementes, a qual foi realizada por meio de fricção com areia esterilizada (Figura 6). A areia utilizada nesse processo foi previamente submetida à fervura por diversas vezes, visando à sua completa esterilização, e posteriormente seca ao ar livre. O atrito entre as sementes e a areia promoveu a remoção eficiente da mucilagem superficial.

Figura 5 – Frutos de Cacau recém colhidos



Fonte: O autor

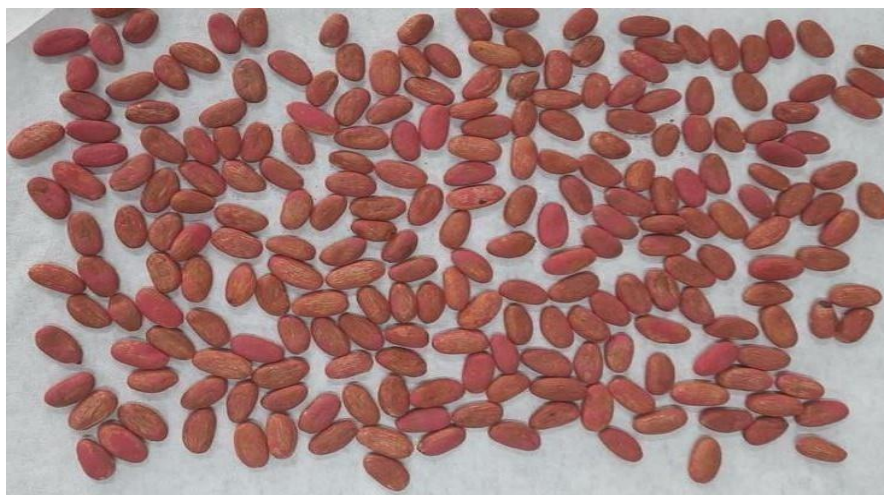
Figura 6 – (A) Areia Esterelizada (B) Processo de fricção (C) Sementes sem mucilagem



Fonte: O autor

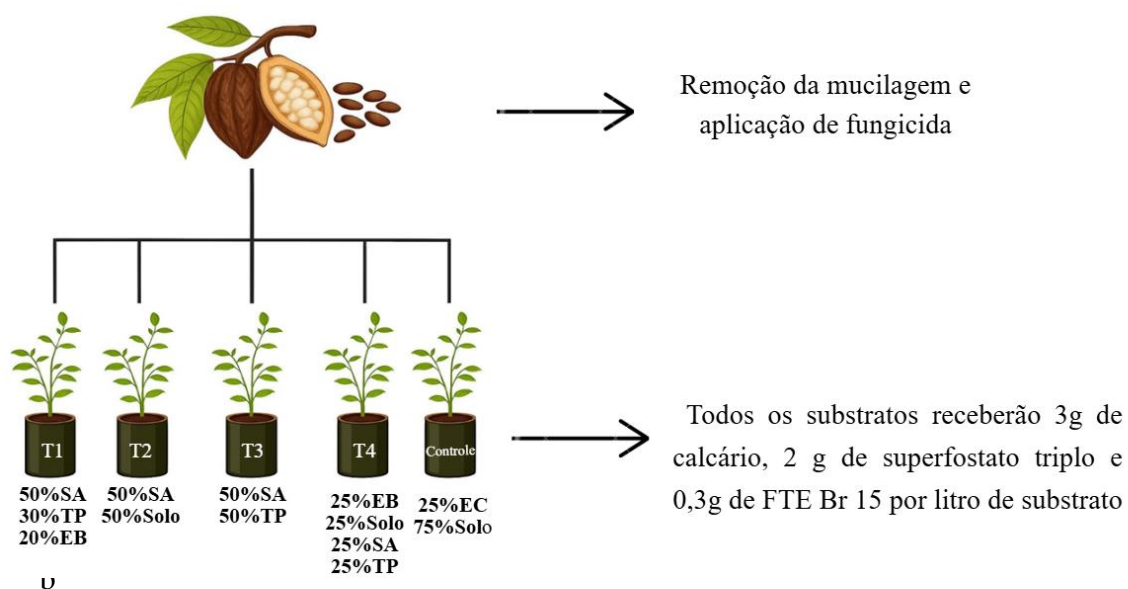
Concluída essa etapa, as sementes foram dispostas ao ar livre para secagem natural. Após a secagem, realizou-se a aplicação de fungicida (Figura 7) com o objetivo de prevenir o desenvolvimento de patógenos fúngicos durante o estabelecimento das mudas, considerando-se o alto teor de umidade característico das sementes de cacau. Em seguida, foi aguardado um período adicional para a completa secagem do produto aplicado. Finalizado o processo de tratamento, as sementes foram semeadas em sacos de polietileno contendo os diferentes substratos correspondentes a cada tratamento experimental.

Figura 7 – Sementes de cacau após aplicação de fungicida.



Fonte: O autor

Figura 8 – Fluxograma metodológico geral



Fonte: Elaborado pelo autor

4.4 Caracterização Física e Química dos Substratos

4.4.1 Caracterização Física

A caracterização física dos substratos foi realizada a partir da determinação da densidade aparente, densidade de partículas, porosidade total e umidade gravimétrica, seguindo metodologias recomendadas por manuais oficiais de análise de solos.

A densidade aparente (g/cm^3) foi obtida pelo método do cilindro volumétrico, com amostras secas em estufa a $105\text{ }^\circ\text{C}$ por 24 horas, calculada pela razão entre a massa seca e o volume do cilindro (DONAGEMA *et al.*, 2011; EMBRAPA, 2017). Já a densidade de partículas (g/cm^3) foi estimada por meio do volume real do substrato, enquanto a porosidade total (%) foi determinada pela relação entre densidade aparente e densidade real, conforme equação proposta por Claessen (1997).

A umidade gravimétrica (%) foi determinada por diferença entre a massa úmida e a massa seca das amostras após secagem em estufa a $105\text{ }^\circ\text{C}$ por 24 horas, expressa em porcentagem da massa seca (DONAGEMA *et al.*, 2011).

Esses parâmetros são fundamentais para avaliar o comportamento físico do substrato, uma vez que influenciam a aeração, retenção de água e o desenvolvimento radicular das mudas. Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 2, evidenciando variações de acordo com as proporções dos materiais empregados na formulação dos substratos.

Tabela 2 – Caracterização Física dos substratos utilizado no trabalho.

	Densidade Aparente	Densidade da Partícula	Porosidade	Umidade
Substratos	g/cm	g/cm	%	%
50% SA + 30% TP + 20% EB	0,72	1,84	60,95	5,32
50% SA + 50% Solo	0,47	1,63	71,12	7,34
50% SA + 50% TP	0,60	1,77	66,06	6,19
25% EB + 25% Solo + 25% SA + 25% TP	0,58	1,87	68,88	2,54
25% EC e 75% Solo (Controle)	1,0	2,43	58,88	0,97

Fonte: Elaborado pelo autor

4.4.2 Caracterização Química

A caracterização química dos substratos envolveu a determinação do pH em água, teores de fósforo (P), cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), potássio (K^+), alumínio (Al^{3+}), acidez potencial (H^+Al), capacidade de troca catiônica (CTC) e teor de matéria orgânica (MO).

O pH em H₂O foi determinado pela suspensão solo:água (1:5), com agitação por 30 minutos e repouso por 1 hora, sendo posteriormente medido em potenciômetro calibrado (DONAGEMA *et al.*, 2011; RAIJ *et al.*, 2001). A matéria orgânica (g/kg) foi quantificada pelo método da oxidação do carbono orgânico com dicromato de potássio em meio ácido, seguido de titulação com sulfato ferroso (DONAGEMA *et al.*, 2011).

A capacidade de troca catiônica (cmolc/kg) foi determinada via extração de cátions trocáveis (Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺ e Na⁺) utilizando solução de acetato de amônio 1 mol/L a pH 7,0, com posterior leitura em espectrofotômetro de absorção atômica (DONAGEMA *et al.*, 2011). Os teores de P disponível foram determinados conforme metodologia proposta pelo Instituto Agrônomo de Campinas (RAIJ *et al.*, 2001).

Os resultados estão apresentados na Tabela 3, indicando diferenças significativas entre os tratamentos, sobretudo no que se refere à disponibilidade de nutrientes e ao teor de matéria orgânica, parâmetros essenciais para o crescimento inicial das mudas.

Tabela 3 – Caracterização química dos substratos utilizados no experimento, sendo: Ca⁺² (cálcio); Mg⁺² (magnésio); K⁺ (Potássio); Al (Alumínio); H+Al (Hidrogênio + Alumínio); CTC (Capacidade de troca catiônica); P (Fósforo); pH (Potencial hidrogeniônico); MO (Matéria orgânica).

	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Al	H+Al	CTC	P	pH	MO
	cmolc/kg					mg/kg		H ₂ O	g/kg
50% SA + 30% TP + 20% EB	1,0	1,9	2,99	0,3	0	1,09	34,61	5,5	12,35
50% SA + 50% Solo	1,9	2,8	2,38	0,4	5,8	12,88	98,28	5,7	18,64
50% SA + 50% TP	0,7	1,1	2,61	0,7	0	-1,59	39,10	5,2	23,72
25% EB + 25% Solo + 25% SA + 25% TP	2,0	1,9	1,89	0,1	4,0	9,79	93,78	5,8	7,04
25% EC e 75% Solo (Controle)	5,5	3,6	1,51	0	1,5	12,11	267,57	6,6	6,13

*[cmolc/kg] x (massa atômica [g/mol] / valência) x 10 = [mg/kg] = [ppm]

Massa Atômica do Potássio (K) = 39,1

Fonte: Elaborado pelo autor

4.5 Parâmetros Avaliados

Durante o período experimental foram realizadas três avaliações dos parâmetros de crescimento, 40, 80 e 120 dias após semeadura, sendo eles o número de folhas (contagem direta), a altura da planta do nível do solo até a parte basal da última folha (régua graduada) e diâmetro do caule na superfície do solo (paquímetro de aço 150 mm com precisão de 0,05 mm) (Figura 9). Após os 120 dias, foram avaliados o comprimento da raiz (régua graduada), massa fresca da parte área e da raiz e massa seca da parte área e da raiz.

Figura 9 – (A) Avaliação da altura da planta utilizando régua graduada (B) Avaliação do diâmetro do caule utilizando paquímetro.



Fonte: O autor

4.6 Análises Estatísticas

Os dados obtidos foram tabelados e submetidos à análise de variância, com auxílio do programa estatístico SISVAR, a comparação das médias foi pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Parâmetros de Crescimento

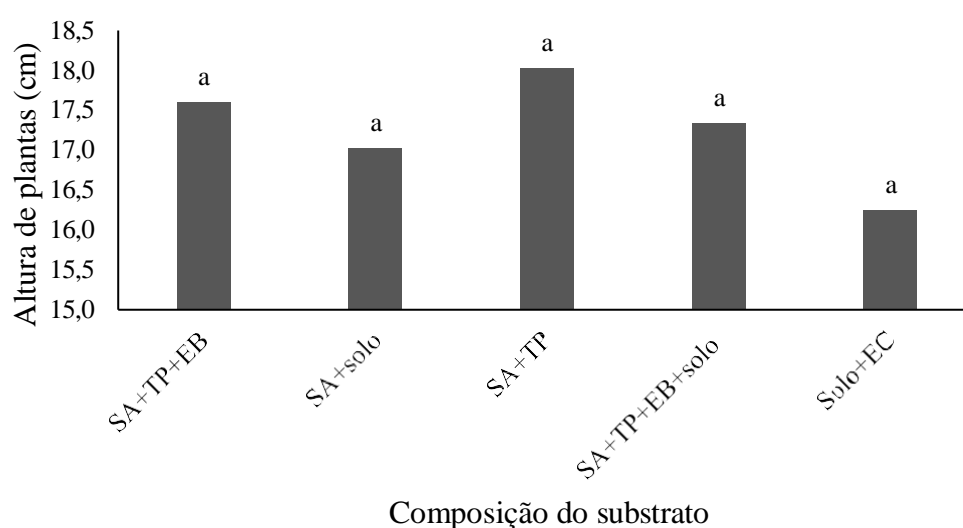
Os parâmetros morfológicos (diâmetro do caule, número de folhas e altura de planta) demonstraram comportamento diferencial entre os tratamentos avaliados ao longo das três avaliações (40, 80 e 120 dias após a semeadura - DAS). Os resultados estatísticos para cada parâmetro estão descritos na sequência, assim como as discussões e comparação com outros trabalhos sobre o tema proposto.

5.1.1 Primeira Avaliação aos 40 dias após a semeadura - DAS

Na primeira avaliação, realizada aos 40 dias após a semeadura (DAS), observou-se não haver diferenciação entre os tratamentos quanto aos parâmetros morfológicos analisados (altura de planta, diâmetro de caule e número de folhas). Esse resultado indica uma resposta inicial positiva ao equilíbrio entre aeração e disponibilidade de nutrientes proporcionado pela combinação dos componentes do substrato no início da formação das mudas.

A altura de plantas (Figura 10), não apresentou diferença significativa entre os tratamentos, a média da altura entre todos os tratamentos foi de 17,24 cm, sendo essa uma média satisfatória para mudas de cacau aos 40 dias.

Figura 10 – Altura de plantas de mudas de cacau em diferentes composições de substratos aos 40 DAS.

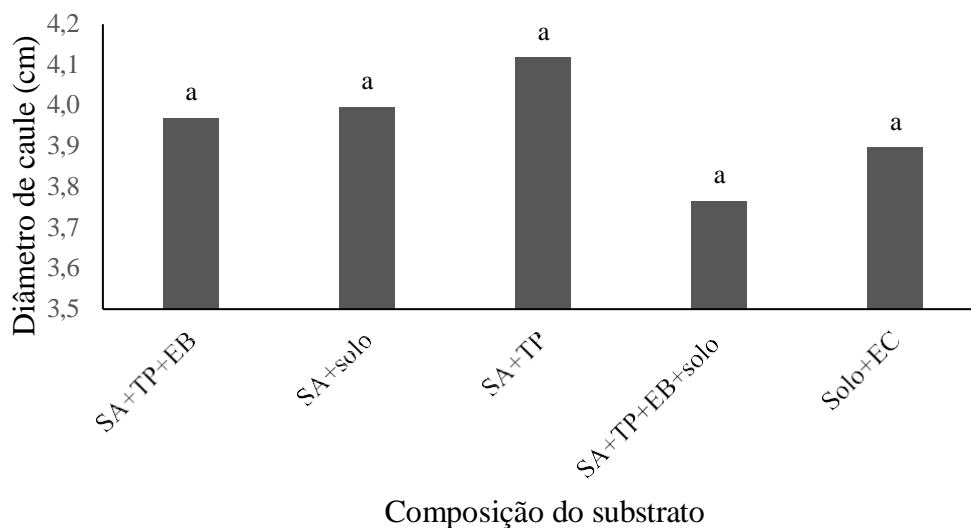


Onde: SA+TP+EB (semente de açaí triturado; terra preta; esterco bovino); SA+solo (semente de açaí triturado; solo); SA+TP (semente de açaí triturado; terra preta); SA+TP+EB+solo (semente de açaí triturado; terra preta; esterco bovino; solo); Solo+EC (solo; esterco caprino).

Fonte: Elaborado pelo autor

O diâmetro de caule (Figura 11) e o número de folhas (Figura 12) apresentaram comportamento semelhantes a altura das mudas, sem diferença estatística entre os tratamentos.

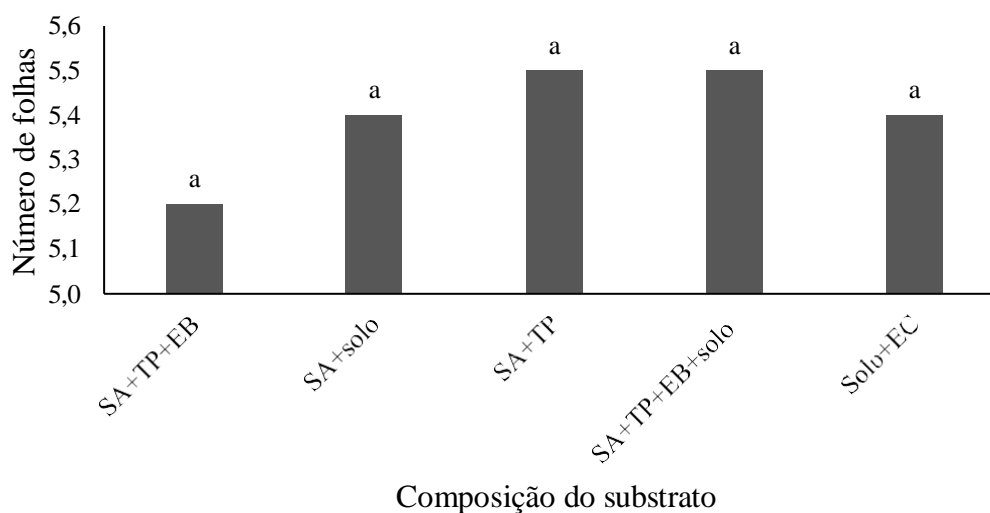
Figura 11- Diâmetro do caule de mudas de cacaveiro em diferentes composições de substratos aos 40 DAS.



Onde: SA+TP+EB (semente de açaí triturado; terra preta; esterco bovino); SA+solo (semente de açaí triturado; solo); SA+TP (semente de açaí triturado; terra preta); SA+TP+EB+solo (semente de açaí triturado; terra preta; esterco bovino; solo); Solo+EC (solo; esterco caprino).

Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 12- Número de folhas de cacau em diferentes composições de substratos aos 40 DAS.



Onde: SA+TP+EB (semente de açaí triturado; terra preta; esterco bovino); SA+solo (semente de açaí triturado; solo); SA+TP (semente de açaí triturado; terra preta); SA+TP+EB+solo (semente de açaí triturado; terra preta; esterco bovino; solo); Solo+EC (solo; esterco caprino).

Fonte: Elaborado pelo autor

Tais resultados corroboram o que afirmam Guerrini e Trigueiro (2004) e Eloy *et al.* (2013), segundo os quais substratos com adequada porosidade, aeração e teores equilibrados de matéria orgânica favorecem a expansão celular, a fotossíntese e o desenvolvimento das partes aéreas em estágios iniciais de crescimento.

Conforme observado por Raviv *et al.*, (2018) e Pirovani *et al.*, (2023), resíduos regionais como caroço de açaí e esterco bovino apresentam propriedades físicas e químicas favoráveis à germinação e ao crescimento de plântulas, além de mitigar os impactos ambientais do descarte inadequado. Comparando as tabelas 2 e 3 aos resultados de tais parâmetros na primeira avaliação podemos observar que tais resultados são favoráveis ao crescimento inicial das mudas de cacueiro.

Figura 13 – Mudanças de cacau na fase inicial de crescimento.

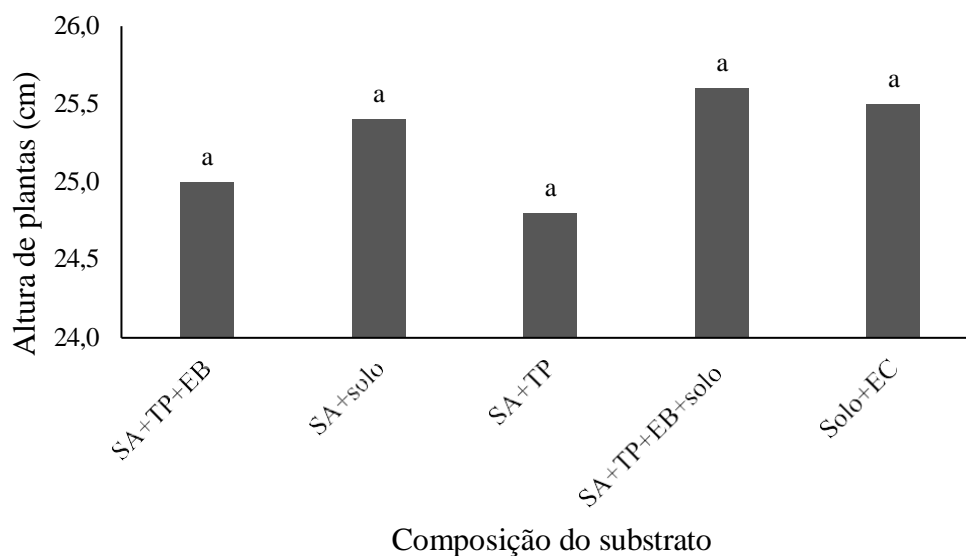


Fonte: O autor

5.1.2 Segunda Avaliação aos 80 dias após a semeadura

Para a segunda avaliação (80 DAS), as mudas de cacueiro seguem o mesmo comportamento da primeira avaliação (40 DAS), sem apresentar diferença significativa entre os tratamentos para as variáveis altura de plantas (Figura 14), diâmetro de caule (Figura 15) e número de folhas (Figura 16), onde as médias dos parâmetros citados tiveram valores satisfatórios igualmente.

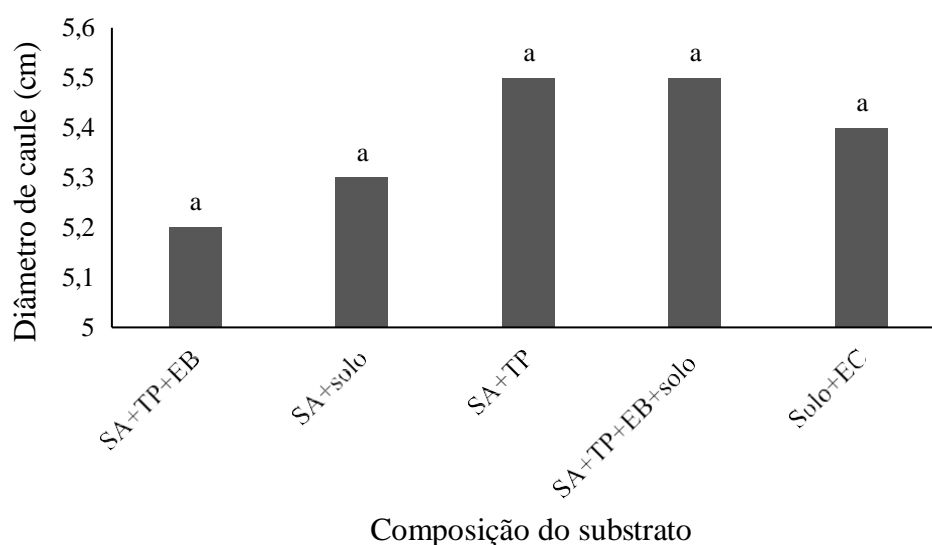
Figura 14– Altura de planta de mudas de cacau em diferentes composições de substratos aos 80 DAS.



Onde: SA+TP+EB (semente de açaí triturado; terra preta; esterco bovino); SA+solo (semente de açaí triturado; solo); SA+TP (semente de açaí triturado; terra preta); SA+TP+EB+solo (semente de açaí triturado; terra preta; esterco bovino; solo); Solo+EC (solo; esterco caprino).

Fonte: Elaborado pelo autor

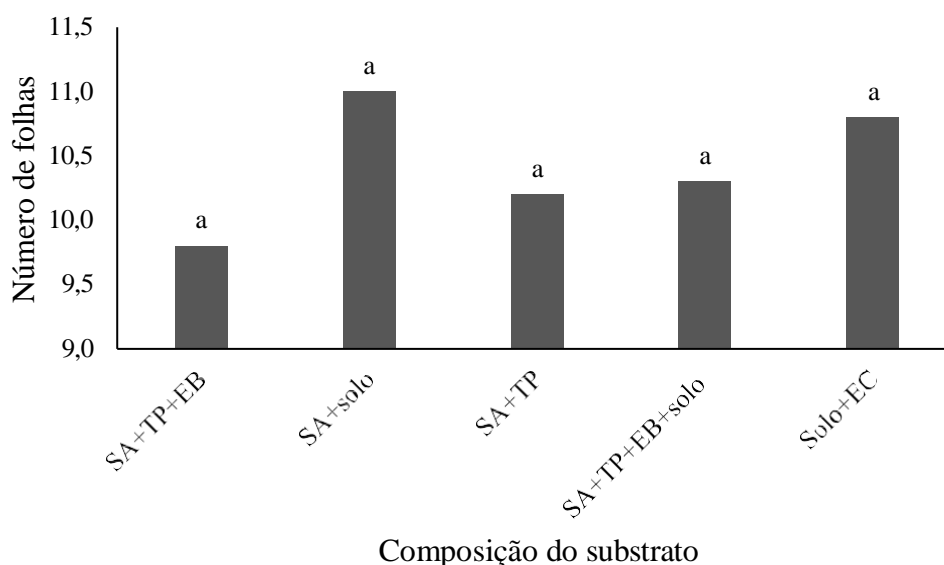
Figura 15 – Diâmetro de caule de mudas de cacau em diferentes composições de substratos aos 80 DAS.



Onde: SA+TP+EB (semente de açaí triturado; terra preta; esterco bovino); SA+solo (semente de açaí triturado; solo); SA+TP (semente de açaí triturado; terra preta); SA+TP+EB+solo (semente de açaí triturado; terra preta; esterco bovino; solo); Solo+EC (solo; esterco caprino).

Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 16 – Número de folhas de cacau em diferentes composições de substratos aos 80 DAS.



Onde: SA+TP+EB (semente de açaí triturado; terra preta; esterco bovino); SA+solo (semente de açaí triturado; solo); SA+TP (semente de açaí triturado; terra preta); SA+TP+EB+solo (semente de açaí triturado; terra preta; esterco bovino; solo); Solo+EC (solo; esterco caprino).

Fonte: Elaborado pelo autor

Esse comportamento indica que a combinação entre resíduos orgânicos e solos férteis favoreceu o espessamento do caule, possivelmente por promover melhores condições de aeração, umidade e disponibilidade de nutrientes. Comparando os resultados dos parâmetros analisados com a tabela 2 podemos observar que os percentuais de umidade e porosidade das composições são satisfatórias para esta fase de crescimento das mudas.

Segundo Ribeiro *et al.* (2018), substratos com equilíbrio entre matéria orgânica e minerais aumentam a condutividade hidráulica e favorecem o crescimento diametral, refletindo maior vigor estrutural. Além disso, Souza *et al.* (2019) observaram que a incorporação de matéria orgânica oriunda de resíduos agroindustriais no substrato de cacauero melhora a oxigenação radicular e o desenvolvimento do caule, corroborando os resultados obtidos, conforme indica a tabela 3.

Tais resultados satisfatórios podem estar relacionados também com a presença de esterco bovino, que, durante a decomposição, libera nitrogênio e outros macronutrientes fundamentais para a emissão de folhas e aumento da área fotossintética. Conforme relatado por Cardoso *et al.* (2017), o fornecimento adequado de nitrogênio está diretamente associado ao incremento do número de folhas em mudas de cacauero, uma vez que o nutriente participa da síntese de proteínas e clorofila

Delarmelina *et al.* (2015), também verificou que o bom crescimento das mudas com substratos contendo esterco bovino pode estar relacionado não apenas com o teor de nutrientes nesse resíduo, mas também com o seu efeito sobre o substrato, nos processos microbiológicos, na aeração, na estruturação, na capacidade de retenção de água e na regulação de temperatura do meio. Segundo Trindade *et al.* (2020), a estrutura física adequada do substrato é determinante para o crescimento em altura de mudas de cacau, pois influencia diretamente o desenvolvimento radicular e, conseqüentemente, a absorção de água e nutrientes.

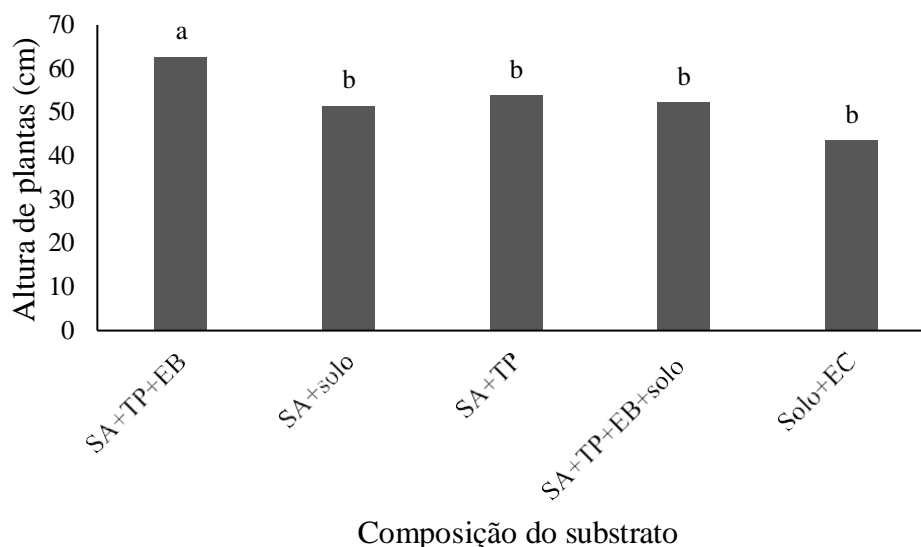
5.1.3 Terceira Avaliação aos 120 dias após a semeadura

Na terceira e última avaliação, realizada aos 120 dias após a semeadura, verificou-se a consolidação do crescimento das mudas de cacauzeiro, com diferenças expressivas entre os tratamentos. A altura de plantas (Figura 17) diferiu significativamente dos demais tratamentos quando conduzidas no T1 (substrato com caroço do açaí + terra preta + esterco), a diferença de altura de mudas entre o tratamento T1 e T5 (menor média) é de 19,1 cm, valor esse considerado em se tratamndo de mudas. Esse desempenho está ligado à melhor arquitetura radicular proporcionada pela semente de açaí triturada, que melhora a estrutura do substrato, e pela terra preta, que fornece nutrientes de liberação lenta e compostos húmicos que estimulam o desenvolvimento radicular e a absorção de fósforo (elemento essencial ao alongamento celular e à diferenciação dos tecidos de crescimento).

A altura das plantas é uma das características mais importantes para avaliar o padrão de qualidade de mudas de varias espécies (FERNANDES *et al.*, 2019). Segundo Freitas *et al.* (2012), a altura está relacionada à superfície de área fotossinteticamente ativa, sendo que a maior biomassa aérea pode estar relacionada a maior assimilação de carbono.

Tais resultados podem estar relacionados com a presença de esterco bovino e sementes de açaí triturada, tendo em vista a capacidade suprir as necessidades de nutrientes como nitrogênio e de melhorar a aeração do substrato, favorecendo o crescimento dessas mudas. Corroborando com os resultados Nascimento *et al.* (2017) observaram que os biofertilizantes com predominância de esterco bovino, seguidos da composição de caroços de açaí triturados e palha de arroz, favoreceram ao maior crescimento das mudas de cupuaçuzeiro, espécie pertencente ao mesmo gênero do cacauzeiro.

Figura 17 – Altura de plantas de mudas de cacau em diferentes composições de substratos aos 120 DAS.



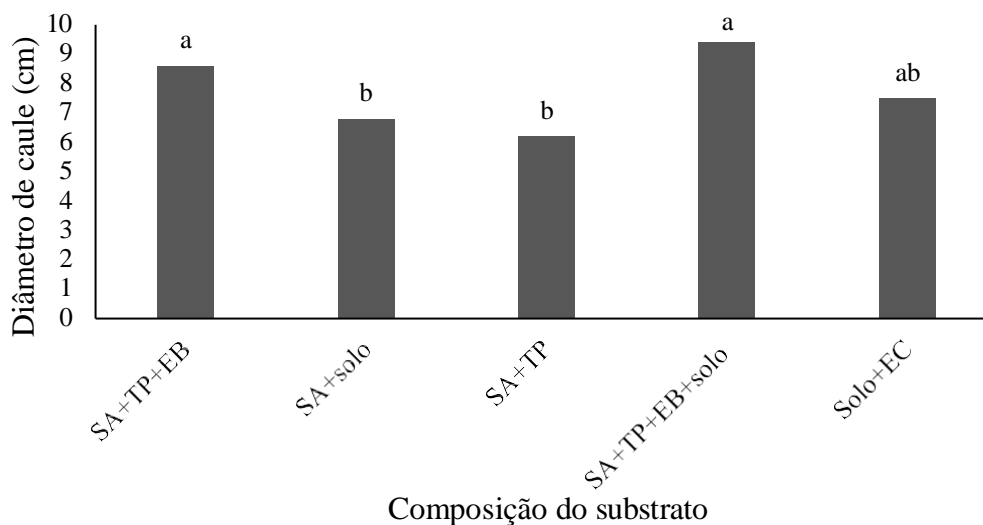
Onde: SA+TP+EB (semente de açaí triturado; terra preta; esterco bovino); SA+solo (semente de açaí triturado; solo); SA+TP (semente de açaí triturado; terra preta); SA+TP+EB+solo (semente de açaí triturado; terra preta; esterco bovino; solo); Solo+EC (solo; esterco caprino).

Fonte: Elaborado pelo autor

Os substratos com adição de esterco bovino apresentaram as mudas com as maiores médias para o diâmetro de caule e não diferiram entre si, o substrato com solo e terra preta misturado a caroço de açaí não diferiram entre si ficando com os menores diâmetro de caule (Figura 18). Esse comportamento está associado à formação de tecidos lenhosos mais desenvolvidos, o que reflete maior acúmulo de lignina e espessamento de vasos condutores, características fundamentais para a sustentação e transporte de seiva em estágios avançados de crescimento. Segundo Ribeiro *et al.* (2018), substratos com boa oxigenação e disponibilidade equilibrada de nutrientes estimulam a diferenciação cambial, favorecendo o aumento do diâmetro e o vigor geral da muda.

Silva (2010) observou em estudos sobre fontes de material orgânico no substrato comercial visando qualidade de mudas de café, que o esterco bovino proporcionou maior diâmetro do caule das mudas aos 120 dias, provavelmente em função da maior concentração de macro e micronutrientes presentes, principalmente N, P, K, Zn e B.

Figura 18 – Diâmetro de caule de mudas de cacau em diferentes composições de substratos aos 120 DAS.

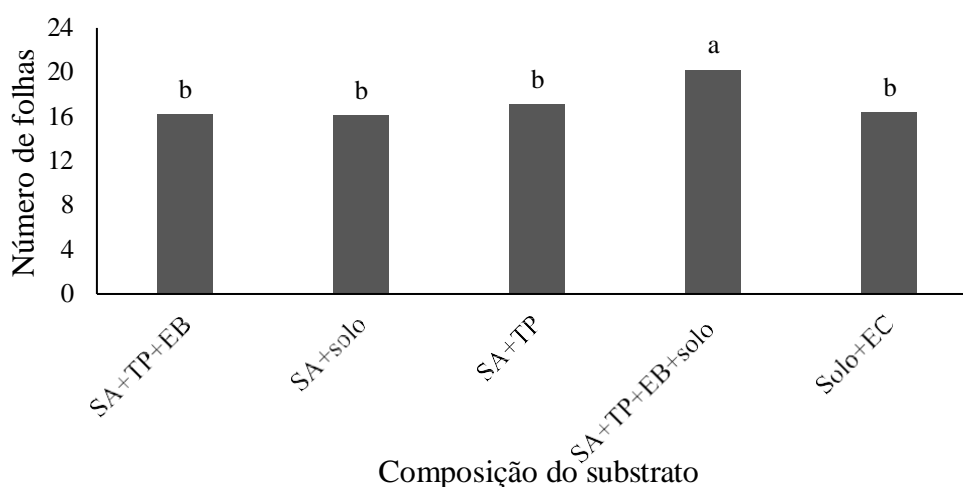


Onde: SA+TP+EB (semente de açaí triturado; terra preta; esterco bovino); SA+solo (semente de açaí triturado; solo); SA+TP (semente de açaí triturado; terra preta); SA+TP+EB+solo (semente de açaí triturado; terra preta; esterco bovino; solo); Solo+EC (solo; esterco caprino).

Fonte: Elaborado pelo autor

No número de folhas (Figura 19), o tratamento T4 (SA+TP+EB+solo) manteve superioridade, confirmando a influência positiva do esterco bovino sobre a produção de massa foliar. A liberação gradual de nutrientes, especialmente nitrogênio e potássio, favorece a manutenção da atividade fotossintética e o surgimento de novas folhas, prolongando o crescimento vegetativo. Resultados semelhantes foram reportados por Conceição *et al.* (2018), que observaram maior área foliar em mudas de *Theobroma cacao* cultivadas em substratos enriquecidos com fontes orgânicas.

Figura 19 – Número de folhas de mudas de cacau em diferentes composições de substratos aos 120 DAS.



Onde: SA+TP+EB (semente de açaí triturado; terra preta; esterco bovino); SA+solo (semente de açaí triturado; solo); SA+TP (semente de açaí triturado; terra preta); SA+TP+EB+solo (semente de açaí triturado; terra preta; esterco bovino; solo); Solo+EC (solo; esterco caprino).

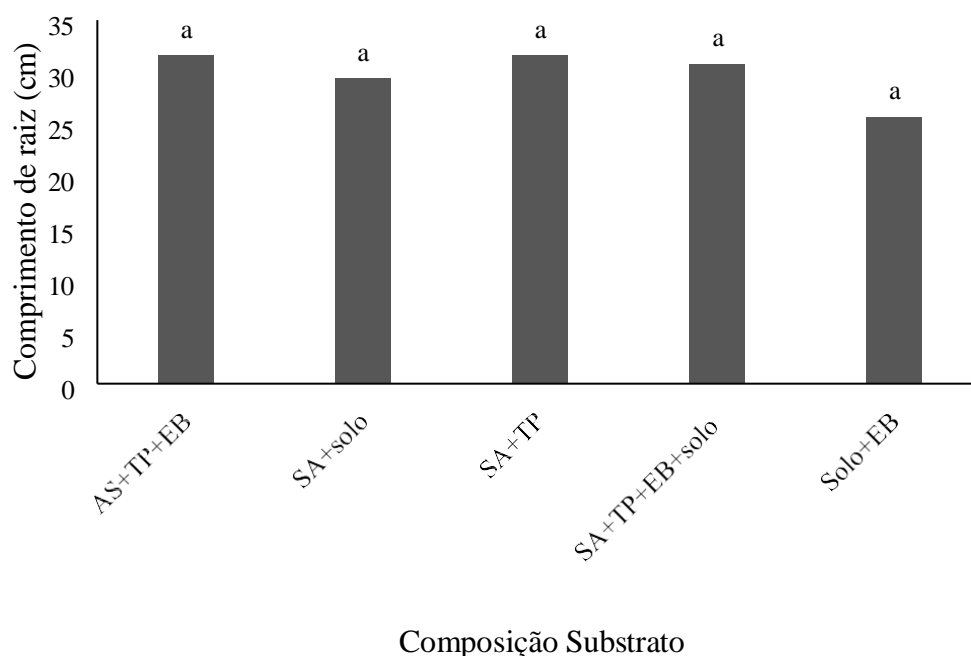
Fonte: Elaborado pelo autor

Dessa forma, observa-se que, ao final do período experimental, que o esterco bovino juntamente com caroço de açaí e terra preta contribuem para formação de mudas de qualidade, sendo que apresentou o conjunto mais equilibrado de características morfológicas, evidenciando seu potencial como substrato ideal para o cultivo de mudas de cacau. Esse desempenho é resultado da sinergia entre as propriedades físicas da semente de açaí — que melhora a aeração e a drenagem — e as propriedades químicas da terra preta, que garante suprimento contínuo de nutrientes e estabilidade do meio. Dessa forma sugerindo que substratos contendo terra preta e resíduos orgânicos regionais são estratégias promissoras e sustentáveis para a produção de mudas de *Theobroma cacao L.* em viveiros amazônicos.

Na avaliação final, o comprimento do sistema radicular não apresentou variação entre os tratamentos (Figura 21). Tal resultado mostra que os substratos não apresentaram nenhum impedimento físico para seu desenvolvimento. Segundo Guerrini e Trigueiro (2004), substratos com porosidade equilibrada favorecem avanço das raízes no meio evitando compactação e restrição ao crescimento.

Resultados similares em mudas de cacau aos 120 dias foram registrados por Corrêa *et al.* (2011), que também destacam que fatores como a estrutura e conectividade do espaço poral do substrato — mais do que variações discretas na composição — determinam a capacidade de alongamento radicular (Lucas *et al.*, 2023; Bodner *et al.*, 2014). Assim, a boa porosidade dos substratos, como indicado na tabela 2, pode explicar o comprimento radicular satisfatório observado em todos os tratamentos do presente estudo.

Figura 21 – Comprimento da raiz de mudas de cacau em diferentes composições de substratos aos 120 DAS.



Onde: SA+TP+EB (semente de açaí triturado; terra preta; esterco bovino); SA+solo (semente de açaí triturado; solo); SA+TP (semente de açaí triturado; terra preta); SA+TP+EB+solo (semente de açaí triturado; terra preta; esterco bovino; solo); Solo+EC (solo; esterco caprino).

Fonte: Elaborado pelo autor

5.2 Parâmetros de biomassa

A biomassa da parte aérea das mudas de cacaueteiro assim como do sistema radicular foram feitos na última avaliação aos 120 DAS (Figura 20), onde constatou-se que o tratamento com mistura de esterco bovino, caroço de açaí, terra preta e solo (SA+TP+EB+solo) apresentou os maiores valores médios tanto para massa fresca quanto para massa seca (Figura 22). A massa fresca não apresentou diferença significativa para os tratamentos AS+TP+EB e Solo+ EB, demonstrando a importância da adubação orgânica na formação de mudas. A aplicação de compostos orgânicos ao solo, proporciona diversos benefícios sobre as suas propriedades físicas, químicas, físico-químicas e biológicas (HANCKE, 2018).

Figura 20 – Mudanças de cacaueteiro retiradas dos sacos para a avaliações de biomassa os 120 DAS



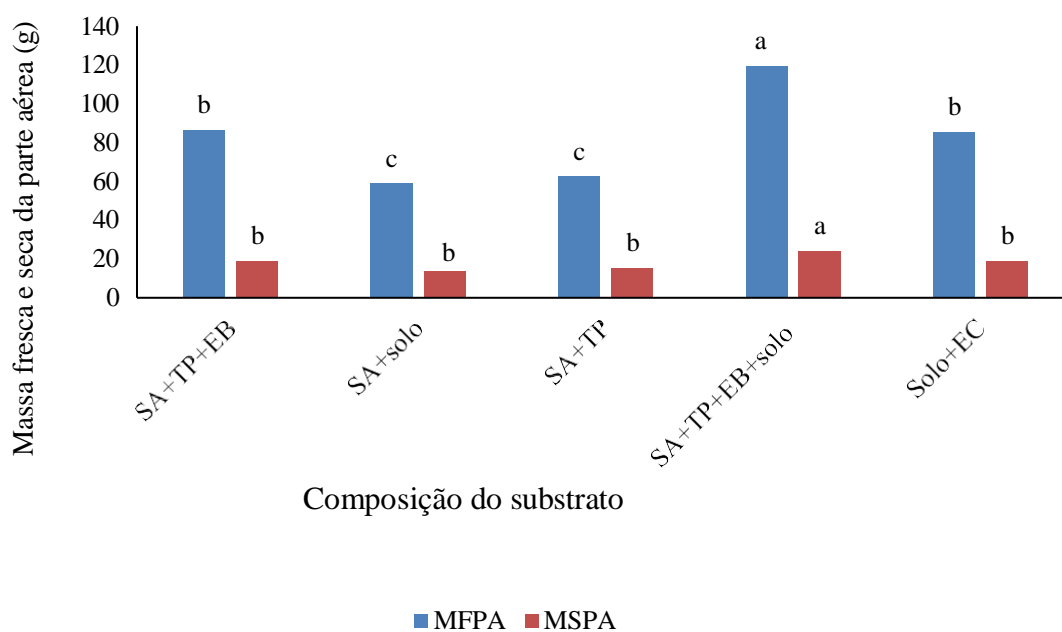
Fonte: O autor

A superioridade de T4 indica que a combinação entre adubação orgânica e compostos sementes de açaí e terra preta proporcionou um substrato com melhor disponibilidade de nutrientes e condições físicas favoráveis à assimilação e ao acúmulo de biomassa, refletindo

maior vigor e eficiência fotossintética das mudas. Esse comportamento pode estar relacionado à boa relação porosidade/umidade, como mostra a tabela 2, que promove equilíbrio entre absorção de água e oxigenação radicular, resultando em maior acúmulo de matéria orgânica na parte aérea.

A literatura demonstra que insumos orgânicos incrementam a fertilidade do substrato, elevam a retenção de umidade e promovem melhor estruturação do meio de cultivo, criando condições adequadas para crescimento radicular, acúmulo de biomassa e maior desempenho fisiológico das mudas (MARCO *et al.*, 2019). De forma semelhante, Assis e Corrêa (2012) verificaram que a adubação orgânica proporcionou mudas mais vigorosas, destacando sua eficiência na promoção de crescimento equilibrado em comparação a adubações exclusivamente minerais. Assim, o comportamento superior de T4 está em concordância com resultados já consolidados, reforçando que a adubação orgânica desempenha papel fundamental na formação de mudas de qualidade.

Figura 22 – Massa fresca e seca da parte aérea de mudas de cacau em diferentes composições de substratos aos 120 DAS.



Onde: SA+TP+EB (semente de açaí triturado; terra preta; esterco bovino); SA+solo (semente de açaí triturado; solo); SA+TP (semente de açaí triturado; terra preta); SA+TP+EB+solo (semente de açaí triturado; terra preta; esterco bovino; solo); Solo+EC (solo; esterco caprino).

Fonte: Elaborado pelo autor

Para a massa fresca e seca de raiz (Figura 23), os resultados forma semelhantes ao encontrado para a parte aérea, com o tratamento onde misturou-se material orgânico (esterco bovino) e material de vegetal (semente de acaí) (SA+TP+EB+solo). Importante destacar que a semente de acai triturado quando misturado ao substrato auxilia na leveza e porosidade, uma vez que o mesmo tem.

Tais resultados podem ser explicados pela presença de sementes de açaí na composição do substrato, tendo em vista que o mesmo influencia na estrutura, aeração e capacidade de retenção de água (Silva *et al*, 2014). Como observado por Lima *et al.* (2006), a aeração do substrato é um dos mais importantes fatores envolvidos no crescimento radicular.

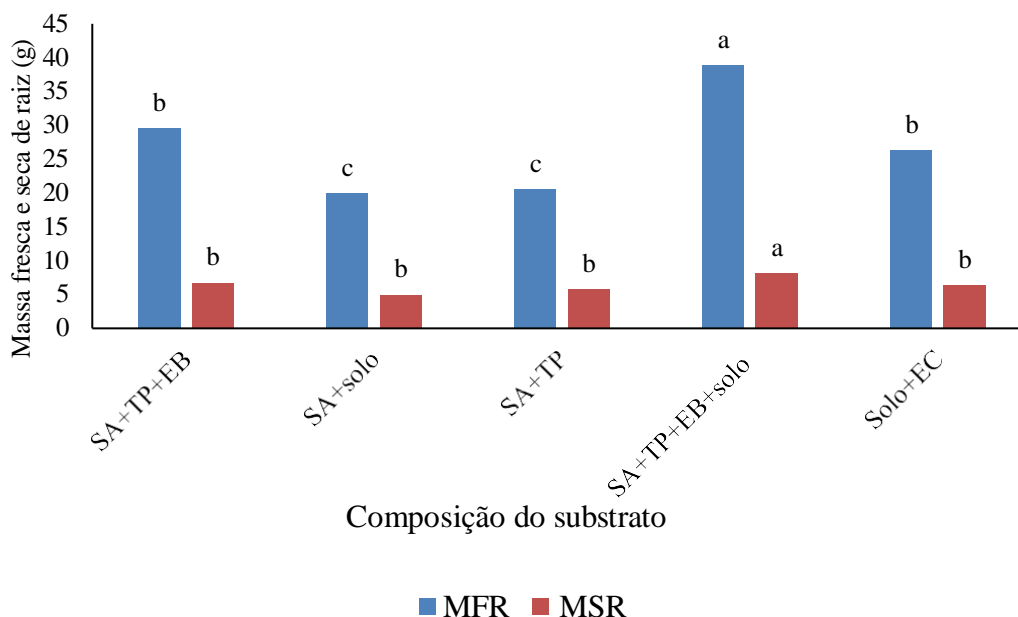
Segundo Fageria e Moreira (2011), embora as raízes normalmente contribuam apenas com 10 a 20% do peso total da planta, possuir o sistema radicular bem desenvolvido é essencial para o crescimento e o desenvolvimento de plantas saudáveis, pois são órgãos importantes que absorvem água e nutrientes, sintetizam hormônios e dão suporte mecânico para as plantas.

Resultados semelhantes foram constatados por Prestes (2007), onde o maximo de produção de biomassa foi observado no substrato composto por 50% esterco bovino e 50% Solo, demonstrando a importância da materia orgânica para a produção de biomassa e qualidade das mudas assim como no presente estudo.

De forma complementar, Asigbaase *et al.* (2021) relataram que substratos e sistemas de manejo que aumentam a disponibilidade de matéria orgânica (especialmente aqueles com decomposição moderada e alta capacidade de retenção hídrica) promovem maior acúmulo de biomassa radicular em cacau e outras espécies perenes tropicais, refletindo em plantas mais equilibradas entre crescimento aéreo e subterrâneo.

Resultados semelhantes foram também observados por Nygren *et al.* (2013), que verificaram que a qualidade do substrato e o aporte de matéria orgânica influenciam diretamente a distribuição e a biomassa de raízes finas em plantas jovens de cacau, contribuindo para maior capacidade de absorção nutricional e vigor inicial. Esses autores reforçam que a formação de um sistema radicular robusto no estágio de muda é determinante para o estabelecimento no campo.

Figura 23 – Massa fresca e seca da raiz de mudas de cacau em diferentes composições de substratos aos 120 DAS.



Onde: SA+TP+EB (semente de açaí triturado; terra preta; esterco bovino); SA+solo (semente de açaí triturado; solo); SA+TP (semente de açaí triturado; terra preta); SA+TP+EB+solo (semente de açaí triturado; terra preta; esterco bovino; solo); Solo+EC (solo; esterco caprino).

Fonte: Elaborado pelo autor

Os resultados deste estudo demonstram que o uso de substratos formulados com resíduos orgânicos regionais, especialmente a combinação entre sementes de açaí trituradas, terra preta, esterco bovino e solo, apresenta elevado potencial para a produção de mudas de cacau. Nas avaliações iniciais, realizadas aos 40 e 80 dias após a semeadura, não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos, indicando que todos os substratos ofereceram condições físicas adequadas para o estabelecimento das plântulas, com equilíbrio entre porosidade, umidade e disponibilidade de nutrientes.

A partir da terceira avaliação, aos 120 dias, verificou-se comportamento diferenciado entre os tratamentos, com destaque para o substrato composto por material orgânico e mineral em proporções equilibradas. Esse tratamento proporcionou maior altura de planta, maior número de folhas, maior diâmetro de caule e os maiores valores de biomassa fresca e seca, evidenciando que a combinação de esterco bovino, terra preta e sementes de açaí trituradas favorece tanto o crescimento aéreo quanto o desenvolvimento radicular. Esse desempenho está associado à melhoria das propriedades físicas e químicas do substrato, como aeração, retenção hídrica e suprimento contínuo de nutrientes, fatores diretamente responsáveis pelo desenvolvimento inicial das mudas.

6 CONCLUSÃO

Diante dos resultados obtidos, conclui-se que substratos formulados com sementes de açaí trituradas, terra preta e esterco bovino apresentam elevada eficiência para o cultivo de mudas de *Theobroma cacao* L., constituindo uma estratégia promissora para a produção de mudas de qualidade. Recomenda-se sua adoção em viveiros da região amazônica, considerando seu desempenho agrônomo, sustentabilidade ambiental e viabilidade econômica. Esse conjunto de fatores reforça a importância do uso de insumos orgânicos regionais como alternativa sólida para fortalecer a produção de mudas e contribuir para o desenvolvimento sustentável da cacauicultura.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, L. C; SILVA, J. L; CARVALHO, D. B. BORDIGNON, N. A; GOMES, M. J. B. Substrato do resíduo de açaí. In: **Congresso brasileiro de gestão ambiental**, 10., 2019, Fortaleza: Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais – IBEAS, 2019.
- ALMEIDA, R. L. S; CHAVES, L. H. G. Crescimento de mudas de cacau irrigadas por microaspersores. **Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia**, v. 7, n. 2, 2010.
- ARAÚJO, A. P.; PAIVA SOBRINHO, S. Germinação e produção de mudas de tamboril (*Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong) em diferentes substratos. **Revista Árvore**, v. 35, p. 581-588, 2011.
- ARRUDA, J. B. Aspecto da germinação e cultivo do nó-de-cachorro (*Heteropteris aphrodisiaca* O. MACH.). 2001. 142f. **Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical)** – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2001.
- ASIGBAASE, M.; DAWOE, E.; LOMAX, B.; SJGERSTEN, S. Biomass and carbon stocks of organic and conventional cocoa agroforests in Ghana. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, 2021.
- ASSOCIAÇÃO NACIONAL DAS INDÚSTRIAS PROCESSADORAS DE CACAU – AIPC. A cadeia do cacau. São Paulo, SP: AIPC, 5 fev. 2021.
- ASSIS, J. T; CORRÊA, L. S; FERNANDES, F. M. Adubação orgânica, mineral e calagem no crescimento de mudas de maracujá-doce. **Revista Cultura Agrônômica**, v. 21, n. 2, p. 43-54, 2012.
- BAILEY, B.A.; E MEINHARDT, L.W. Cacao Diseases: A history of old enemies and new encounters. **Springer International Publishing Switzerland**. 2016.
- BODNER, G. et al. Coarse and fine root plants affect pore size distributions differently. **PLoS ONE**, v. 9, n. 1, e85941, 2014.
- Ministério da Agricultura e Pecuária. Cacau do Brasil. Brasília, DF: MAPA, Secretaria de Inovação, Desenvolvimento Rural e Irrigação, 2022.
- CARDOSO, A. A.; SOARES, C. R. F. S.; RODRIGUES, F. A. Efeito da adubação nitrogenada sobre o crescimento e o estado nutricional de mudas de cacau. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.12, n.2, p.224–231, 2017.
- CHEPOTE, R. E. et al. Recomendações de corretivos e fertilizantes na cultura do cacau no sul da Bahia. Ilhéus, BA: CEPLAC/CEPEC, 2013. (Boletim Técnico n.º 203).
- CONCEIÇÃO, S. C; LIMA, R. L. S; SANTOS, M. C. R. Substratos orgânicos e crescimento de mudas de cacau (*Theobroma cacao* L.). **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v.8, n.2, p.34–41, 2018.

CORRÊA, F. L. O; *et al.* Substratos e fertilizante de liberação controlada na produção de mudas de cacaueteiro (*Theobroma cacao* L.). **Agrotrópica**, v. 23, n. 1, p. 29–36, 2011.

COSTA, M. C; *et al.* Substratos para produção de mudas de jenipapo (*Genipa americana* L.). **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.35, n.1, p.19-24, 2005.

DELARMELINA, W.M; *et al.* Uso de resíduo orgânico em substrato para produção de *Chamaecrista desvauxii* (Collad.) Killip var. *latistipula* (Benth.). **Rev. Cer.**, v.21, n3, p.429-437, 2015. doi: 10.1590/01047760201521031439.

DONAGEMA, G. K; CAMPOS, D. V. B.; CALDERANO, S. B; TEIXEIRA, W. G; VIANA, J. H. M. **Manual de métodos de análise de solo. 2. ed. rev.** Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230 p. (Documentos / Embrapa Solos, n. 132). ISSN 1517-2627.

ELACHER, W. A; *et al.* Carço de açaí triturado fresco na formulação de substrato para a produção de mudas de hortaliças brássicas. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia: Centro Científico Conhecer, v. 10, n. 18, p. 2930-2940, 2014.

ELOY, E. *et al.* Avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis* utilizando parâmetros morfológicos. **Floresta**, v.43. n.3, p. 373-384, 2013.

FAGERIA, N. K.; MOREIRA, A. The Role of Mineral Nutrition on Root Growth of Crop Plants. In: Donald L. Sparks (ed.). **Advances in Agronomy**, v. 110, p. 251-331, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-385531-2.00004-9>.

FERMINO, M. H. Produção de substratos vegetais no Brasil: histórico, matérias-primas e tecnologias disponíveis. **Horticultura Brasileira**, v. 32, n. 4, p. 437-445, 2014.

FERNANDEZ, J. R. C. Efeito de substratos, recipientes e adubação na formação de mudas de mangabeira (*Hancornia speciosa* Gomes). 2002. 65f. **Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical)** – FAMEV/ UFMT, Cuiabá, 2002.

FOMEKONG TANE, A. B. *et al.* Site-Species Allometry Equation for *Theobroma cacao* L. biomass estimation in agroforestry systems of Cameroon. **International Journal of Ecology**, 2024.

FONSECA, É. P; *et al.* Padrão de qualidade de mudas de *Trema micrantha* (L.) Blume, produzidas sob diferentes períodos de sombreamento. **Revista árvore**, v. 26, p. 515-523, 2002.

GALVÃO, E. L; SILVESTRE, J. V; CRUZ, J. N; SILVA, N. C. S. Cacau (*Theobroma cacao*): uma visão geral de pesquisas atuais sobre os aspectos botânicos, fitoquímicos e farmacológicos. **Research, Society and Development**, v. 13, n. 5, e8113545810, 2024. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v13i5.45810>

GIESTA, G.V. Agricultura familiar e políticas sociais: Análise de propostas governamentais de apoio à agricultura familiar no estado do rio de janeiro e no município de Niterói, nos últimos cinco anos. **UFRJ**, Niterói-RJ, 2021.

GOMES, J. M; *et al.* Crescimento de mudas de *Eucalyptus grandis* em diferentes tamanhos de tubetes e fertilização N-P-K. **Revista Árvore**, v. 27, n. 2, p. 113-127, 2003.

GUERRINI, I. A; TRIGUEIRO, R. M. Atributos físicos e químicos de substratos para produção de mudas florestais. **Scientia Forestalis**, n. 65, p. 56-64, 2004.

HANCKE, A. Avaliação da cama de aviário *in natura* e compostada na produção de cenoura (*Daucus carota* L.). 2018. **Monografia** (Trabalho de Conclusão de Curso). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Francisco Beltrão, 2018.

KUMMEROW, J; KUMMEROW, A; ALVIM, P. T. Root biomass in a mature cacao (*Theobroma cacao* L.) plantation. **Revista Theobroma**, v. 11, n. 1, p. 77–85, 1981.

LEITE, J. B. V. Cacaueiro: Propagação por estacas caulinares e plantio no semi-árido do estado da Bahia. 2006. 75 f. **Tese** (Doutorado) - UNESP, Jaboticabal, 2006.

LIMA, R. L. S; *et al.* Substratos para produção de mudas de mamoneira compostos por misturas de cinco fontes de matéria orgânica. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.30, n.3, p.474-479, 2006.

LOPES, A.S. Qualidade nutricional das proteínas de cupuaçu e de cacau. **Ciência e tecnologia de alimentos**, Campinas, 2008.

LUCAS, M; *et al.* The soil pore structure encountered by roots affects plant performance and plasticity. *New Phytologist*, v. 241, n. 2, p. 1–15, 2023.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instituição normativa. SDA n. 17, de 21 de maio de 2007. Brasília: DOU, 2007.

MARCO, R; PERRANDO, E. R; CONTE, B; SCHORR, L. P. B. Organic fertilizer for production of *Toona ciliata* seedlings. **Floresta e Ambiente**, v. 26, n. 1, e201602260, 2019.

MARCONI, M. A; LAKATOS, E. M. Fundamentos de Metodologia Científica. 5ª ed. São Paulo: Atlas. 2003.

MARROCOS, P. C.; SODRÉ, G. A. Sistema de produção de mudas de cacaueiros. ENCONTRO NACIONAL SOBRE SUBSTRATO PARA PLANTAS, 4., Viçosa. MG, 2004. **Anais**. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 2004. p.283-311.

MARROCOS, P.C.L; *et al.* Crescimento de mudas de *Caesalpinia echinata* em função de diferentes substratos, **Centro de Pesquisa de Cacau**, Bahia, 2013.

MELO, C B. Cacau. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2017.

MELO, P. A. Influência de diferentes níveis de sombreamento sobre o desenvolvimento de mudas de cacau (*theobroma cacao*) com e sem molhamento no município de Tomé-Açu/PA, UFRA, Tomé-açu – PA, 2019.

MENEZES, R.S.C; SALCEDO. I.H. Mineralização de N após incorporação de adubos orgânicos em um Neossolo Regolítico cultivado com milho. **Rev. Bras. Eng. Agr. Amb.**, v.11, n.4, p.361- 367, 2007. doi: 10.1590/S1415-43662007000400003.

N'DAFÁ, G; PINTO, C. M; PINTO, O. R. O; SILVA, L. G. C. Crescimento inicial de mudas de cacau fertilizado com doses de esterco bovino. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, Jandaia-GO, v. 19, n. 42, p. 177–189, 2022. DOI: 10.18677/EnciBio_2022D15.

NDUKWU, M.C., OGUNLOWO, A.S., OLUKUNLE, O.J. Cocoa bean (*Theobroma cacao* L.) drying kinetics. **Chilean Journal of Agricultural Research**, v. 70, n.4, p.633-639, 2010.

NESTLÉ BRASIL. Guia de manejo integrado de pragas e doenças do cacau. São Paulo: Nestlé Brasil – Divisão Técnica & Produção / Departamento de Agricultura, 2023.

NYGREN, P; LEBLANC, H. A; LU, M.; GÓMEZ LUCIANO, C. A. Distribution of coarse and fine roots of *Theobroma cacao* and shade tree *Inga edulis* in a cocoa plantation. **Annals of Forest Science**, v. 70, p. 229–239, 2013.

OETTERER, M. Tecnologias de obtenção do cacau, produtos do cacau e do chocolate. In: OETTERER, M.; REGITANO D'ARCE, M. A.; SPOTO, M. H. F. **Fundamentos de Ciências e Tecnologia de Alimentos**. 1.ed. Barueri, SP: Manole, 2006, v. 1, p. 1-50.

OLIVEIRA, J. R; *et al.* Resíduos agroindustriais como substrato alternativo para produção de mudas. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 11, n. 4, p. 8-15, 2016.

PENA, A. G. L. Sistema fotovoltaico aplicado à produção de açaí e ao desenvolvimento de comunidades ribeirinhas da Amazônia. 2023. 122 f. **Dissertação** (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade Federal do Amapá, Macapá, 2023.

PEREIRA, R.G.C. A importância da produção do chocolate Ben to bar no Brasil na busca por maior justiça social para os inseridos na cadeia produtiva do cacau. IFSC, 2022.

PIRES, F. R. *et al.* Qualidade de mudas de espécies florestais em diferentes substratos orgânicos e volumes de recipientes. **Revista Agro@mbiente On-line**, v.14, n.1, p.1–9, 2020.

PIROVANI, C. P; *et al.* Utilização de resíduos orgânicos na formulação de substratos: potencial agrônomico e qualidade de mudas. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 18, n. 1, p. 10–24, 2023. <https://doi.org/10.18707/2446-9357.2023.v18n1p10-24>

RAIJ, B; ANDRADE, J. C; CANTARELLA, H; QUAGGIO, J. A. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas: Instituto Agrônomico, 2001. 285 p. ISBN 85-85564-05-9.

RAVIV, M; WALLACH, R; SILBER, A. Substrates and their analysis. In: RAVIV, M.; LEITH, H. **Plant production in containers**. 2. ed. San Diego: Academic Press, 2018. p. 21– 86.

REIS, A. R; FURLANI J. E; BUZETTI, S; ANDREOTTI, M. Diagnóstico da exigência do cafeeiro em nitrogênio pela utilização do medidor portátil de clorofila. **Bragantia**, Campinas, v. 65, n. 1, p. 163-171, 2006.

REIS, L.E; *et al.* Avaliação de substratos na formação de mudas de pupunheira (*Bactris gasipaes* H.B.K) em tubetes, Centro de Pesquisa de Cacau, Bahia, 2013.

RESTES, M. T. Efeitos de diferentes doses de esterco de gado, no desenvolvimento e no balanço nutricional de mudas do angico (*Anadenanthera macrocarpa*). 2007. 62 f. **Dissertação** (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade de Brasília, Brasília

RIBEIRO, M. M.; MOURA, F. B.; SANTOS, R. S. Crescimento de mudas de *Theobroma cacao* L. em substratos alternativos compostos por resíduos orgânicos. **Nativa**, v.6, n.5, p.478-485, 2018.

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM RURAL (SENAR). Cacau: produção, manejo e colheita. Brasília: SENAR, 2018. 145 p. (Coleção SENAR, 215). ISBN 978-85-7664-197-1.

SILVA, I. O. F. Qualidade e crescimento inicial de mudas de *Acrocarpus fraxinifolius* Mart. produzidas em diferentes doses de nitrogênio, fósforo e potássio. 2019. 150 f. **Dissertação** (Mestrado em Ciências Agrárias – Agronomia) – Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, Rio Verde, 2019.

SILVA, R. A; *et al.* Uso de resíduos de açaí e outros subprodutos regionais na produção de mudas. **Revista Agroecossistemas**, v. 12, n. 1, p. 101-111, 2020.

SILVA, R. F; *et al.* "Produção de mudas de *Eucalyptus grandis* em substratos orgânicos alternativos." **Ciência Florestal** 24 (2014): 609-619.

SILVA, S.B.C; *et al.* A fermentação do cacau e o uso de inóculos leveduriformes. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, 2022.

SODRÉ, G. A. Substratos e estaquia na produção de mudas de cacau. 2007. 85 f. **Tese** (Doutorado) – UNESP, Jaboticabal, São Paulo, 2007.

SODRÉ, G. A. Substratos e estaquia na produção de mudas de cacau. UNESP, São Paulo, 2007.

SOMARRIBA, E. Agrossilvicultura com cacau. In Conferência Internacional de Pesquisas em Cacau. 15°. **Anais**. San José, Costa Rica, CATIE. p.35., 2006.

SOUZA, C. A. M; *et al.* Desenvolvimento em campo de espécies florestais em diferentes condições de adubação. **Ciência Florestal**, v.16, n.3, p.243-249, 2006.

SOUZA, C. L; COSTA, J. D. A; GOMES, L. F. S. Acúmulo de biomassa e crescimento de mudas de cacau sob diferentes níveis de fertilização orgânica. **Agrotropica**, v.31, n.3, p.327- 336, 2019.

TEIXEIRA, P. C; DONAGEMMA, G. K; FONTANA, A; TEIXEIRA, W. G. Manual de métodos de análise de solo. 3. ed. **rev. e ampl.** Brasília, DF: Embrapa, 2017. 574 p. ISBN 978-85-7035-771-7.

TRINDADE P.S.C; *et al.* Desenvolvimento de mudas de *Theobroma cacao* L. sob diferentes composições de substrato orgânico. **Agropecuária Técnica**, v.41, n.1, p.44-52, 2020.

VILELA, M. N. S; RIBEIRO, W. O. Atributos morfológicos e fisiológicos de mudas de *Theobroma cacao* L. em diferentes substratos. 2024. 47 f. **Trabalho de Conclusão de Curso** (Bacharelado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Parauapebas, 2024.

WENDLING, I.; DUTRA, L. F. Produção de mudas de eucalipto. Embrapa. 2017.