

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CAMPUS DE ENGENHARIAS E CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

ALAN DOUGLAS FERNANDES DE LIMA

**DESENVOLVIMENTO DE MUDAS DE AÇAÍ SUBMETIDAS A DIFERENTES DOSES DE
ADUBAÇÃO NPK**

RIO LARGO – AL

2025

ALAN DOUGLAS FERNANDES DE LIMA

**DESENVOLVIMENTO DE MUDAS DE AÇAÍ SUBMETIDAS A DIFERENTES DOSES DE
ADUBAÇÃO NPK**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do curso de Agronomia do *Campus*
de Engenharias e Ciências Agrárias - CECA, da
Universidade Federal de Alagoas – UFAL, como
requisito para obtenção do título de Engenheiro
Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Hugo Henrique Costa do
Nascimento

RIO LARGO-AL

2025

FICHA CATALOGRÁFICA

Catálogo na Fonte

Universidade Federal de Alagoas

Biblioteca do *Campus* de Engenharias e Ciências Agrárias

Bibliotecário responsável: Erisson Rodrigues de Santana - CRB4 - 1512

L732d Lima, Alan Douglas Fernandes de

Desenvolvimento de mudas de açaí submetidas a diferentes doses de adubação NPK. / Alan Douglas Fernandes de Lima. – 2025.

36 f.: il.

Orientadora: Hugo Henrique Costa do Nascimento.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Graduação em Agronomia, Campus de Engenharias e Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas. Rio Largo, 2025.

Inclui bibliografia

1. *Euterpe oleracea* Mart. 2. Crescimento vegetal. 3. Nutrição mineral de plantas. 4. Biomassa. I. Título.

CDU: 581.1


FOLHA DE APROVAÇÃO

ALAN DOUGLAS FERNANDES DE LIMA


DESENVOLVIMENTO DE MUDAS DE AÇAÍ SUBMETIDAS A DIFERENTES DOSES DE ADUBAÇÃO NPK

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Graduação em Agronomia, do *Campus* de Engenharia e Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas – CECA/UFAL e aprovado em 28 de outubro de 2025.


Banca Examinadora:

Documento assinado digitalmente
 HUGO HENRIQUE COSTA DO NASCIMENTO
Data: 05/11/2025 10:59:46-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

1º Examinador
Professor Doutor Hugo Henrique Costa do Nascimento

Documento assinado digitalmente
 MARILIA FREITAS DE VASCONCELOS MELO
Data: 05/11/2025 11:15:10-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

2º Examinadora
Professora Doutora Marília Freitas de Vasconcelos Melo

Documento assinado digitalmente
 REINALDO DE ALENCAR PAES
Data: 05/11/2025 22:17:49-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

3º Examinador
Professor Doutor Reinaldo de Alencar Paes

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho àqueles que sempre foram meus exemplos de força, coragem, perseverança e fé, meus pais Claudiana de Lima e Severino Fernandes de Araújo, pela dedicação diária que me inspira a nunca desistir dos meus sonhos; minha esposa Larissa Priscila Fernandes da Silva pelo carinho, apoio e palavras de incentivo em cada etapa da minha vida; meu vô materno Jose Lucio de Oliveira (*in memoriam*), cuja memória permanece viva em meu coração e continua sendo fonte de luz e motivação; e minha avó materna Ivonete de Lima, que com sua sabedoria e acolhimento sempre me guiou com amor.

A cada um de vocês, dedico não apenas este trabalho, mas também cada conquista que a vida me permitir alcançar, pois sei que nada disso seria possível sem o amor, o exemplo e a força que recebo de vocês todos os dias.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, fonte de toda sabedoria e inspiração, por me conceder saúde, paciência e perseverança para concluir mais esta etapa da minha vida. Agradeço por estar presente em cada decisão, fortalecendo-me nos momentos de incerteza e guiando meus passos com amor e propósito.

A Nossa Senhora Aparecida, minha intercessora e protetora, por sua constante presença e por me acolher em oração nos momentos de dificuldade. Foi sob sua luz e amparo que encontrei serenidade para seguir em frente e confiança para não desistir dos meus sonhos.

A toda a minha família, pelo apoio incondicional, pelas palavras de incentivo e por serem o alicerce em todos os momentos. Em vocês encontrei a motivação necessária para seguir em frente e transformar desafios em conquistas. Aos meus amigos da graduação, que estiveram comigo durante cinco anos, compartilhando alegrias e dificuldades, vitórias e aprendizados. A companhia de cada um tornou essa caminhada mais leve, divertida e inesquecível. Em especial: Ana Beatriz Beserra de Andrade, Caio Vitor da Silva Anjos, Gabrielle Ferreira de Lira, Gustavo Santos Silva, Laysa Pollyanna dos Santos, Mickelly Vitória Silva Lira De Mélo e Marcos Antônio Martins Feitosa;

Ao meu orientador, Prof. Dr. Hugo Henrique Costa do Nascimento, por todo o apoio, aprendizado, confiança e paciência.

A todos que se fizeram presentes, durante toda a caminhada acadêmica, me auxiliando e me encorajando a seguir.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL NO MUNICÍPIO DE RIO LARGO – AL.	22
FIGURA 2. VISTA GERAL DO EXPERIMENTO (A); PESAGEM DO NPK (B); DISPOSIÇÃO DO ADUBO NA PLANTA (C)	23
FIGURA 3. MEDIÇÃO DA ALTURA DA PLANTA (A); DIÂMETRO DO CAULE (B); NÚMERO DE FOLHAS(C).....	24
FIGURA 4. VISUALIZAÇÃO DA RETIRADA DOS DISCOS FOLIARES NA FOLHA (A); HIDRATAÇÃO DOS DISCOS FOLIARES COM ÁGUA DESTILADA (B); DETERMINAÇÃO DO PESO TÚRGIDO DOS DISCOS FOLIARES (C).	24
FIGURA 5. VISUALIZAÇÃO DO ESPECTROFOTÔMETRO UTILIZADO (A) E A REALIZAÇÃO DAS LEITURA DAS CLOROFILAS (B).....	25
FIGURA 6. SEPARADAS DAS MUDAS EM FOLHA (A), CAULE (B) E RAIZ (C); DETERMINAÇÃO DA MATÉRIA SECA DA FOLHA – MSF (D); DETERMINAÇÃO DA MASSA SECA DA RAIZ – MSR (E).	26
FIGURA 7. VALORES MÉDIOS DA ALTURA (A), DIÂMETRO DO CAULE (B) E NÚMERO DE FOLHAS (C) DE MUDAS DE AÇAIZEIRO EM FUNÇÃO DAS DOSES DE NPK. MÉDIAS SEGUIDAS DE LETRAS MAIÚSCULAS COMPARAM AS DOSAGENS ESTUDADAS E AS LETRAS MINÚSCULAS COMPARAM O PERÍODO DE AVALIAÇÃO, MINÚSCULAS COMPARAM O PERÍODO DE AVALIAÇÃO, MÉDIAS SEGUIDAS DE MESMA LETRA NÃO DIFEREM ENTRE SIM PELO TESTE DE TUKEY. O ASTERISCO (*) INDICA O MOMENTO EM QUE SE OBSERVOU DIFERENÇA ESTATÍSTICA ENTRE OS TRATAMENTOS....	28
FIGURA 8. . MÉDIA DO TEOR RELATIVO DE ÁGUA (TRA) EM MUDAS DE AÇAIZEIRO SUBMETIDAS A DOSES CRESCENTES DE NPK. MÉDIAS SEGUIDAS DE LETRAS NÃO DIFEREM ENTRE SIM PELO TESTE DE TUKEY.	30
FIGURA 9. TEORES DE CLOROFILAS A (A), B (B), CAROTENÓIDES (C) E CLOROFILA TOTAL (D) EM MUDAS DE AÇAIZEIRO SUBMETIDAS A DOSES CRESCENTES DE NPK. MÉDIAS SEGUIDAS DE LETRAS NÃO DIFEREM ENTRE SIM PELO TESTE DE TUKEY.	31
FIGURA 10. VALORES MÉDIOS DA MATÉRIA SECA DA FOLHA (MSF – A), CAULE (MSC – B), RAIZ (MSR – C), TOTAL (MST – D), RELAÇÃO RAIZ PARTE AÉREA (R/PA – E) E ALOCAÇÃO DE BIOMASSA (F) EM MUDAS DE AÇAIZEIRO SUBMETIDAS A DOSES CRESCENTES DE NPK. MÉDIAS SEGUIDAS DE LETRAS LETRA NÃO DIFEREM ENTRE SIM PELO TESTE DE TUKEY. PARA A ALOCAÇÃO DE BIOMASSA, LETRAS MAIÚSCULAS COMPARAM AS DOSES ESTUDADAS E AS MINÚSCULAS.	32

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO-----	11
2. REVISÃO DE LITERATURA -----	12
2.1 CARACTERÍSTICAS BOTÂNICAS E SILVICULTURA DA <i>EUTERPE OLEÁCEA</i> -----	12
2.2 DISTRIBUIÇÕES GEOGRÁFICAS E HABITAT NATURAL -----	12
2.3 IMPORTÂNCIAS ECONÔMICA, SOCIAL E ECOLÓGICA -----	13
2.4 POTENCIAL DE CULTIVO COMERCIAL E EXPANSÃO PARA ÁREAS FORA DO BIOMA AMAZÔNICO -----	14
2.5 CARACTERÍSTICAS MORFOFISIOLÓGICAS DAS MUDAS DE ESPÉCIES FLORESTAIS -----	15
2.6 FATORES QUE INFLUENCIAM O CRESCIMENTO INICIAL DE PLANTAS DE <i>EUTERPE OLERACEA</i> -----	15
2.7 AVALIAÇÃO DO DESENVOLVIMENTO DE MUDAS -----	16
2.8 FUNÇÕES DO NITROGÊNIO (N), FÓSFORO (P) E POTÁSSIO (K) NAS PLANTAS-----	17
2.8.1 - Adubação com NPK em árvores -----	17
2.8.2 Funções do Nitrogênio (N)-----	18
2.8.3 Funções do Fósforo (P)-----	18
2.8.4 Funções do Potássio (K)-----	19
2.9 DEFICIÊNCIAS E EXCESSOS: SINTOMAS E CONSEQUÊNCIAS FISIOLÓGICAS -----	20
2.10 INTERAÇÕES ENTRE OS NUTRIENTES E SUAS IMPLICAÇÕES PARA O CRESCIMENTO DE MUDAS -----	20
3. MATERIAL E MÉTODOS -----	22
3.1 Localização da área experimental-----	22
3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E DEFINIÇÃO DOS TRATAMENTOS -----	22
3.3 AVALIAÇÕES BIOMÉTRICA -----	23
3.4 TEOR RELATIVO DE ÁGUA NA FOLHA (TRA%)-----	24
3.5 PIGMENTOS FOTOSSINTÉTICOS -----	25
3.6 PRODUÇÃO E ALOCAÇÃO DE BIOMASSA-----	25
3.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA-----	27
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO-----	28
5. CONCLUSÃO-----	35
REFERÊNCIAS-----	36

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o desenvolvimento de mudas de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) submetidas a diferentes doses de adubação NPK. O experimento foi conduzido no Laboratório de Tecnologia da Produção (LATEP) da Universidade Federal de Alagoas (UFAL), em delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos 0 (sem adubação), 10, 20 e 30 g de NPK por muda, respectivamente o que representou 0, 3, 6 e 9 t.ha⁻¹ de NPK (10:10:10) e cinco repetições por tratamento. Foram analisadas variáveis biométricas de altura da planta, diâmetro do caule e número de folhas além do teor relativo de água, os Pigmentos fotossintéticos, além da produção e alocação de matéria seca. Ao término do experimento, os dados obtidos foram submetidos a análise da variância e ao teste de comparação de médias pelo teste de Tukey. A aplicação de doses crescentes de NPK exerceu efeito direto sobre o crescimento e a fisiologia das mudas de açaizeiro. A dose intermediária (3 t ha⁻¹) destacou-se por promover o maior crescimento biométrico, teores adequados de pigmentos fotossintéticos e melhor equilíbrio hídrico, refletindo em maior acúmulo de biomassa. Doses superiores, por outro lado, reduziram o vigor das mudas e ocasionaram sintomas de estresse nutricional e osmótico, resultando em menor eficiência fisiológica e até mortalidade em altas concentrações. Dessa forma, conclui-se que a adubação moderada com NPK 10:10:10 é a mais eficiente para o desenvolvimento inicial do açaí em condições de viveiro, favorecendo a formação de mudas saudáveis, equilibradas e aptas ao transplantio. Recomenda-se, portanto, a adoção da dose de 3 t ha⁻¹ como referência para o manejo nutricional da espécie, evitando-se tanto a deficiência quanto o excesso de nutrientes, que comprometem o crescimento e a qualidade das mudas.

Palavras chaves: *Euterpe oleracea* Mart.; nutrição mineral de plantas; crescimento vegetal; biomassa

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the development of açai seedlings (*Euterpe oleracea* Mart.) subjected to different doses of NPK fertilization. The experiment was conducted at the Production Technology Laboratory (LATEP) of the Federal University of Alagoas (UFAL), in a completely randomized design, with four treatments: 0 without fertilization, 10, 20, and 30 g of NPK per seedling, respectively, which represented 0, 3, 6, and 9 t.ha⁻¹ of NPK (10:10:10) and five replicates per treatment. Biometric variables of plant height, stem diameter, and number of leaves were analyzed, in addition to relative water content, photosynthetic pigments, and dry matter production and allocation. At the end of the experiment, the data obtained were submitted to analysis of variance and Tukey's test for comparison of means. The application of increasing doses of NPK had a direct effect on the growth and physiology of açai seedlings. The intermediate dose (3 t ha⁻¹) stood out for promoting the highest biometric growth, adequate levels of photosynthetic pigments, and better water balance, reflecting greater biomass accumulation. Higher doses, on the other hand, reduced seedling vigor and caused symptoms of nutritional and osmotic stress, resulting in lower physiological efficiency and even mortality at high concentrations. Thus, it is concluded that moderate fertilization with NPK 10:10:10 is the most efficient for the initial development of açai in nursery conditions, favoring the formation of healthy, balanced seedlings suitable for transplanting. Therefore, we recommend adopting a dose of 3 t ha⁻¹ as a reference for the nutritional management of the species, avoiding both nutrient deficiency and excess, which compromise the growth and quality of the seedlings.

Keywords: *Euterpe oleracea* Mart.; mineral nutrition; plant growth; biomass.

1.INTRODUÇÃO

O açazeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) é uma palmeira nativa da região Amazônica, amplamente cultivada por sua dupla aptidão: produção de frutos e de palmito. Nos últimos anos, a espécie tem se destacado nos mercados nacional e internacional, principalmente devido à polpa extraída de seus frutos, cuja demanda crescente tem incentivado sua expansão em escala comercial (OLIVEIRA, 2015). Além disso, o açazeiro possui significativa importância econômica e social para o Brasil, sendo fonte de diversos produtos, como artesanatos, adubos e corantes, entre outros (D'ARACE et al., 2019). Essa relevância econômica reflete-se diretamente no crescimento expressivo da produção de açaí no país nas últimas décadas. Entre 1987 e 2022, a produção aumentou de 145,8 mil toneladas para cerca de 1,9 milhão de toneladas, um crescimento superior a 13 vezes em 36 anos (FAPESPA, 2024). Em 2023, a área colhida atingiu aproximadamente 240 mil hectares, com produção total de 1,7 milhão de toneladas, sendo o estado do Pará o maior produtor nacional (IBGE, 2023).

Natural das florestas de várzea da Amazônia, o açazeiro se destaca por sua elevada produtividade, capacidade de adaptação a ambientes alagados e papel na conservação da biodiversidade. Sua crescente valorização econômica, aliada à relevância social e ecológica, tem motivado o cultivo em outras regiões do Brasil. No estado de Alagoas, por exemplo, a introdução da cultura tem apresentado resultados promissores, com uma fábrica já em funcionamento e distribuindo produtos para diversas empresas do ramo alimentício em várias cidades de Alagoas, demonstrando o potencial de expansão para além do bioma amazônico, desde que respeitados os princípios do cultivo sustentável (ISSO É ALAGOAS, 2023).

Nesse contexto, compreender as características botânicas, ecológicas e produtivas da *Euterpe oleracea* torna-se fundamental para orientar estratégias de manejo sustentável e de cultivo comercial em novas regiões. Além disso, o desenvolvimento de mudas saudáveis e vigorosas é etapa crucial para o sucesso de projetos de cultivo, sendo influenciado por fatores fisiológicos, nutricionais e ambientais. Aspectos como a qualidade do substrato, o balanço nutricional, o ambiente de viveiro e as interações entre nutrientes exercem forte impacto sobre a morfologia e fisiologia das plantas, refletindo diretamente no desempenho em campo. Desse modo, o objetivo deste trabalho foi avaliar o desenvolvimento de mudas de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) submetidas a diferentes doses de adubação NPK na proporção 10:10:10.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 CARACTERÍSTICAS BOTÂNICAS E SILVICULTURA DA *EUTERPE OLEÁCEA*

De acordo com Nascimento (2008), a espécie *Euterpe oleracea* Mart., conhecida popularmente como açáí, é uma palmeira cespitosa, pertencente à família *Arecaceae*, caracterizada por formar touceiras com até 25 perfilhos, com estipes que variam de 3 a 20 metros de altura e diâmetro entre 7 a 18 cm. Suas folhas são compostas e pinadas, com 40 a 80 folíolos dispostos em espiral. A inflorescência é do tipo cacho, contendo flores estaminadas e pistiladas organizadas em tríades. O fruto é uma drupa globosa com diâmetro entre 1 e 2 cm, apresentando epicarpo de coloração variada e mesocarpo polposo, que envolve o endocarpo duro e volumoso que abriga a semente. Oliveira et al. (2015) descrevem que a planta possui entre 8 a 14 folhas, com pinas medindo de 2,0 a 4,5 cm de largura e comprimento entre 2 a 3 metros. As inflorescências são compostas por pedúnculo de 5 a 15 cm, bráctea peduncular de 66 a 95 cm e ráquis contendo até 160 ráquias. A espécie também apresenta pneumatóforos e raízes avermelhadas nos primeiros 30 a 40 cm do solo. Os frutos são globosos a depresso-globosos, pesando entre 0,5 a 2,8 g, com epicarpo geralmente negro-purpúreo. A semente apresenta endosperma ruminado e embrião diminuto, rico em lipídios e sílica.

Ainda segundo Nascimento (2008), a espécie é adaptada a solos de várzea e igapó, com capacidade de sobreviver a períodos de inundação. A germinação das sementes é do tipo ligular adjacente, sendo lenta e desuniforme. As sementes devem ser mantidas úmidas e apresentam elevada taxa de germinação quando semeadas logo após o beneficiamento. A propagação também pode ser feita por perfilhos, embora com baixa eficiência. As mudas devem ser desenvolvidas em viveiros com 50% de sombreamento e plantadas com altura mínima de 40 a 60 cm e pelo menos cinco folhas fisiologicamente ativas.

2.2 DISTRIBUIÇÕES GEOGRÁFICAS E HABITAT NATURAL

Segundo Nascimento (2008), a *Euterpe oleracea* Mart. é uma palmeira nativa da região Amazônica, com ocorrência natural nas várzeas de rios da Amazônia Oriental, especialmente nos estados do Pará e Amapá. A espécie apresenta ampla adaptação a ambientes alagadiços, sendo comum em áreas de igapó e solo hidromórfico. Essas regiões são caracterizadas por inundações periódicas, condições nas quais o açazeiro demonstra grande plasticidade ecológica, mantendo seu

crescimento e produção mesmo em solos de baixa fertilidade. De acordo com Oliveira et al. (2015), o açazeiro está distribuído naturalmente em florestas de terra firme e de várzea, principalmente em áreas úmidas e sombreadas, sendo uma das espécies dominantes nas florestas de várzea do estuário amazônico. Além da Amazônia brasileira, também ocorre no delta do Orinoco, na Venezuela, e em regiões tropicais da América do Sul. A presença da espécie em diferentes tipos de ecossistemas mostra sua importância ecológica, na manutenção da biodiversidade e na oferta de alimento e abrigo para diversas espécies da fauna silvestre.

2.3 IMPORTÂNCIAS ECONÔMICA, SOCIAL E ECOLÓGICA

A cadeia produtiva do açaí possui uma grande importância no ambiente amazônico e tem se expandido para outros territórios, com impacto direto na economia, cultura e meio ambiente. O açaí tornou-se um dos principais produtos da fruticultura paraense, com forte participação no Produto Interno Bruto (PIB) do estado. Em 2017, o valor bruto da produção do açaí superou R\$ 1,2 bilhão, demonstrando seu papel na agricultura familiar e no agronegócio regional (GIULIANNA, 2024). Segundo D'Arace et al. (2019), o Brasil é responsável por mais de 90% da produção mundial de açaí, com destaque para o estado do Pará, que responde por cerca de 85% do total. Além da polpa, utilizada na alimentação e na indústria de alimentos funcionais, a exploração do palmito e a comercialização de sementes ampliam as possibilidades econômicas da cultura.

No aspecto social, o açaí está inserido no modo de vida das populações ribeirinhas, principalmente nas regiões de várzea, onde a extração e comercialização são atividades tradicionais. Como destaca Braule (2020), a produção do açaí articula-se com o cotidiano das comunidades locais, promovendo geração de renda, autonomia econômica e segurança alimentar. O trabalho feminino também é evidenciado, sobretudo nas etapas de lavagem e batimento do fruto, que ocorrem nos quintais e beiras de rios (MELO; MOURA; FONSECA, 2016). Ecologicamente, o açazeiro contribui para os ecossistemas amazônicos. De acordo com Oliveira et al. (2015), a espécie é dominante em florestas de várzea, onde ajuda na estabilidade do solo e na conservação da umidade. Suas raízes mantêm a integridade dos igarapés e sua copa oferece sombra e abrigo à fauna nativa. A alta produtividade do açaí também permite o uso em sistemas agroflorestais, promovendo uma agricultura sustentável, com menor impacto ambiental do que cultivos convencionais.

2.4 POTENCIAL DE CULTIVO COMERCIAL E EXPANSÃO PARA ÁREAS FORA DO BIOMA AMAZÔNICO

O crescimento da demanda nacional e internacional pelo fruto do açaí tem incentivado a expansão do seu cultivo para regiões além da Amazônia. Essa movimentação ocorre tanto por meio de iniciativas governamentais quanto pelo setor privado, que vê no açaí um produto de alto valor agregado e mercado promissor. Segundo Nascimento (2008), o açaí apresenta características favoráveis à expansão, como rápido crescimento, tolerância a solos pobres e possibilidade de consórcio com outras espécies. Oliveira et al. (2015) ressaltam que o açaí é adaptável a sistemas agroecológicos, podendo ser cultivado em regiões com clima quente e úmido, desde que haja manejo adequado da irrigação, sombreamento e controle fitossanitário.

A pesquisa de Giuliana (2024) indicou que a cadeia produtiva do açaí tem se valorizado e se expandido para além da Amazônia, alcançando estados como Maranhão, Tocantins, Bahia, Espírito Santo e São Paulo, que já iniciaram experiências com cultivo comercial apresentando bons índices de produtividade. Esse crescimento está associado à valorização de produtos naturais, orgânicos e sustentáveis, atraindo consumidores conscientes e investidores estrangeiros. No entanto, como apontam D'Arace et al. (2019), a expansão da cultura fora da Amazônia exige políticas públicas específicas para garantir a qualidade genética das mudas, o acesso a tecnologias de produção e a preservação da sociobiodiversidade, evitando a reprodução de práticas de monocultivo extensivo e priorizando o manejo sustentável e a inclusão social.

Nesse contexto, a cultura do açaí, tradicionalmente associada à região amazônica, também tem se consolidado em outras regiões do Brasil, como o estado de Alagoas. Em Boca da Mata, plantações iniciadas com mudas trazidas do Pará há mais de 25 anos transformaram-se em uma atividade promissora, atualmente ocupando quase 100 hectares de área plantada, inserida em um ecossistema de Mata Atlântica com mais de 300 hectares preservados, garantindo recursos hídricos naturais e condições ideais para o cultivo (ISSO É ALAGOAS, 2023). Do ponto de vista econômico, a cultura do açaí tem contribuído significativamente para o desenvolvimento local, gerando renda, estimulando o empreendedorismo rural e empregando cerca de 40 colaboradores entre campo e beneficiamento da polpa, com perspectivas de expansão para a comercialização interestadual.

Em relação ao social, o cultivo do açaí promove a valorização da agricultura familiar e da permanência do homem no campo, além de incluir iniciativas culturais. Um exemplo disso é o

museu instalado na fazenda, que abriga mais de 1.500 esculturas da tradicional família Marinheira, artistas reconhecidos nacionalmente. Essa integração entre produção agrícola e patrimônio cultural fortalece a identidade local e enriquece a experiência comunitária. O cultivo do açaí em Alagoas é desenvolvido em áreas onde predomina a vegetação nativa da Mata Atlântica, o que favorece práticas sustentáveis e a conservação ambiental. O açazeiro, por ser uma espécie perene e adaptada a áreas úmidas contribui para a preservação do solo e dos recursos hídricos. O manejo sustentável garante a manutenção da biodiversidade local e o equilíbrio dos ecossistemas.

Além disso, em Alagoas se mostrou um grande potencial de cultivo comercial do açaí, com resultados promissores em termos de produtividade e qualidade da fruta. Essa expansão abre novas possibilidades para outros estados do Nordeste e regiões com características ecológicas semelhantes, desde que se respeitem os princípios do cultivo sustentável e da adaptação varietal. Segundo estudos da Embrapa, variedades adaptadas de *Euterpe oleracea* têm apresentado bom desempenho em regiões de clima úmido fora da Amazônia (EMBRAPA, 2020).

2.5 CARACTERÍSTICAS MORFOFISIOLÓGICAS DAS MUDAS DE ESPÉCIES FLORESTAIS

As mudas de espécies florestais, como *Euterpe oleracea* Mart., possuem atributos morfofisiológicos que definem sua qualidade e capacidade de adaptação ao ambiente de plantio. Entre os principais parâmetros utilizados para avaliação de mudas destacam-se a altura da parte aérea, o diâmetro do coleto, o número de folhas, a massa seca da parte aérea e do sistema radicular. Essas características estão ligadas ao desenvolvimento das mudas em campo, influenciando sua sobrevivência e crescimento inicial (MESQUITA, 2018). De acordo com Costa (2018), mudas com maior robustez morfológica tendem a apresentar melhor desenvolvimento após o transplante.

2.6 FATORES QUE INFLUENCIAM O CRESCIMENTO INICIAL DE PLANTAS DE *EUTERPE OLERACEA*

O crescimento inicial das mudas de *Euterpe oleracea* Mart. é influenciado por uma variedade de fatores que afetam desde a germinação até o estabelecimento em campo. Entre os principais fatores destacam-se a qualidade das sementes, as características físicas e químicas do substrato, a disponibilidade hídrica, a temperatura, a luminosidade e a presença de microrganismos

benéficos. Segundo Nascimento (2023), a inoculação de mudas com isolados de *Trichoderma* spp. promove um aumento significativo no desenvolvimento radicular e na parte aérea, indicando o potencial desses fungos como bioestimulantes no crescimento inicial. Costa (2018) ressalta que a escolha adequada do estágio de maturação dos frutos influencia diretamente na qualidade das sementes e, conseqüentemente, no desempenho das plântulas. Além disso, a nutrição equilibrada é essencial.

A deficiência de macronutrientes como nitrogênio, fósforo e potássio pode limitar a formação de tecidos e o acúmulo de biomassa nas fases iniciais. A luminosidade também é um fator determinante: ambientes com sombreamento moderado favorecem o alongamento das plantas sem comprometer a sua robustez, conforme observado por Mesquita (2018). Por fim, o controle do pH e da condutividade elétrica do substrato é fundamental para garantir a absorção eficiente de nutrientes e o bom funcionamento fisiológico das plantas (PÉRES, 2022). Esses fatores, quando manejados adequadamente, contribuem para a produção de mudas vigorosas e com alto potencial de crescimento em campo.

2.7 AVALIAÇÃO DO DESENVOLVIMENTO DE MUDAS

A fase de viveiro é considerada uma etapa crítica no processo de produção de mudas de qualidade, especialmente para espécies florestais como o açazeiro (*Euterpe oleracea* Mart.). Nessa fase, são realizados monitoramentos periódicos que envolvem a avaliação de atributos morfológicos, fisiológicos e nutricionais, fundamentais para assegurar o bom desempenho das mudas após o plantio definitivo. De acordo com Mesquita (2018), o uso de sistemas de irrigação automatizados e de baixo custo, aliado ao controle da salinidade do substrato, pode aperfeiçoar o desenvolvimento das mudas, garantindo uniformidade e redução de perdas. Péres (2022) destaca a importância de avaliações temporais realizadas aos 50, 100, 150 e 262 dias após a semeadura para identificar estágios críticos de crescimento e promover correções de manejo.

Os parâmetros mais utilizados incluem altura da parte aérea, número de folhas, diâmetro do coleto, e a biomassa seca da parte aérea e das raízes. Além disso, fatores ambientais como temperatura, umidade relativa e intensidade luminosa dentro do viveiro devem ser monitorados, pelo fato de influenciar diretamente sobre a fotossíntese, transpiração e crescimento celular. A adoção de protocolos padronizados de avaliação permite não apenas o acompanhamento do

desempenho das mudas, mas também o ajuste de técnicas de cultivo, garantindo a produção eficiente e sustentável em viveiros florestais.

2.8 FUNÇÕES DO NITROGÊNIO (N), FÓSFORO (P) E POTÁSSIO (K) NAS PLANTAS

O nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) são considerados macronutrientes primários, essenciais para o desenvolvimento e produtividade das plantas, sendo frequentemente os elementos mais exigidos pelas culturas agrícolas. O nitrogênio é fundamental na constituição de aminoácidos, proteínas, enzimas e clorofila. Sua disponibilidade afeta diretamente o crescimento vegetativo das plantas. De acordo com Braga (2018), o nitrogênio influencia o crescimento de mudas de açaí, sendo o efluente de fossa uma alternativa viável como biofertilizante nitrogenado. O estudo mostrou que o N proporcionou maior crescimento em altura e diâmetro, com efeito, mais duradouro quando comparado à adubação mineral.

2.8.1 - Adubação com NPK em árvores

A adubação com formulações NPK equilibradas, como o 10-10-10, é muito utilizada em viveiros florestais para promover o desenvolvimento inicial de espécies nativas e comerciais. Matias (2017) avaliou o efeito da suplementação nutricional no crescimento de espécies florestais do Cerrado, e as sementes são inicialmente germinadas em caixas de areia e depois foram transplantadas para sacos plásticos contendo diferentes tipos de substrato. O autor testou três composições solo, solo com esterco bovino e solo com esterco acrescido de 2,2 kg de NPK (10-10-10) e 1,3 kg de calcário por metro³ associadas a diferentes doses de adubação foliar. O estudo demonstrou que a incorporação de NPK 10-10-10 ao substrato, combinada à adubação foliar, proporcionou melhor crescimento e vigor das mudas, evidenciando a importância da nutricional na fase de viveiro para espécies florestais nativas.

Rodrigues (2016) fez a adubação NPK 10-10-10 (100 g planta⁻¹) antes e após o período chuvoso. Para que os nutrientes sejam dissolvidos e veja incorporados pelas raízes, e assim reduzindo as perdas por volatilização. Costa (2023) avaliou mudas de *Copernicia prunifera* (carnaúba) submetidas à aplicação de fertilizante foliar NPK (10-10-10), composto orgânico e bagana de carnaúba. A pesquisa mostrou que os substratos contendo 10% e 30% de composto orgânico combinados com a adubação foliar a cada 15 e 30 dias promoveram melhor crescimento e

mudas uniformes, em relação as aplicações semanais não apresentaram o mesmo desempenho. Os resultados mostram que a junção da adubação mineral e orgânica é uma excelente opção para obter resultados positivos.

2.8.2 Funções do Nitrogênio (N)

Dentre os nutrientes mais utilizados na fertilização mineral de plantas, destacam-se o nitrogênio e o fósforo, devido ao papel deles na fotossíntese, crescimento vegetal, armazenamento e transferência de energia, produção de folhas, flores, frutos, desenvolvimento da parte aérea e sistema radicular. O estudo conduzido por Araújo et al. (2024) apresentou altura média das mudas de 29,33 cm, ajustada por modelo de regressão linear, indicando resposta máxima à dose de nitrogênio aplicada. Esses resultados corroboram a constatação de que a aplicação adequada de nitrogênio promove ganhos na altura das mudas, influenciando positivamente a qualidade das mesmas, especialmente no caso das mudas de *Euterpe precatoria*.

Para o diâmetro do coleto apenas as doses de nitrogênio foram significativas e, com a maior dose testada de 60 mg dm⁻³, constatou-se que o diâmetro das mudas foi de 11,97mm, representando um incremento de 11,39% em relação à testemunha. O nitrogênio foi significativo para massa seca total, massa seca da parte aérea, massa seca da raiz. Araújo et al. (2024).

2.8.3 Funções do Fósforo (P)

O fósforo é um dos nutrientes mais limitantes ao crescimento vegetal, devido à forte adsorção aos óxidos de ferro e alumínio, que reduz sua disponibilidade (SANCHES; SALINAS, 1981; TAIZ; ZEIGER, 2012). Essa limitação nutricional foi observada por Foltran (2017), onde ele estudou a dinâmica do fósforo no sistema solo planta em plantios de *Eucalyptus grandis*, onde a ausência de fertilização fosfatada provocou redução de 65 % na produtividade em relação aos tratamentos adubados, destacando a função fosforo para o crescimento inicial e acúmulo de biomassa das plantas e estimulando o crescimento radicular, permitindo maior utilização do solo e absorção de nutrientes. Foltran (2017) observou que a ausência de fertilização estimulou o desenvolvimento de raízes finas e longas, com comprimento específico negativamente correlacionado ao teor de P-resina ($p < 0,01$). Esse comportamento confirma que, em condições de deficiência, as plantas aumentam a eficiência no aproveitamento do solo.

A autora também mostrou que o uso de fontes minerais de P mudou a dinâmica das frações no solo. As frações lábeis e moderadamente lábeis aumentaram nos tratamentos com P solúvel convencional (PSC) e P complexado com substâncias húmicas (PME), enquanto o P não-lábil diminuiu em todos os tratamentos, com redução de 18 % do P-residual no PME, o mais produtivo (FOLTRAN, 2017). Esses resultados evidenciam a função do fósforo não apenas como nutriente imediato, mas também como componente de um sistema dinâmico de reserva e liberação no solo, sendo continuamente mobilizado entre frações inorgânicas e orgânicas. Do ponto de vista do manejo, os resultados de Foltran (2017) mostraram que fontes solúveis de fósforo favorecem entrada rápida e aumento rápido na absorção pela planta, mas sofrem maior adsorção aos colóides do solo em condições de déficit hídrico. Já as fontes complexadas ou reativas promovem liberação gradual e efeito residual, mostrando que a solubilidade e o regime hídrico são fatores fundamentais para a eficiência do uso do P.

2.8.4 Funções do Potássio (K)

De acordo com Cardozo (2018), o fósforo é um elemento indispensável para a formação e armazenamento de energia nas células vegetais, atuando na síntese de ATP (adenosina trifosfato), principal molécula energética responsável pelas reações metabólicas e pelo do crescimento das plantas. Além disso, o fósforo faz parte da estrutura de ácidos nucleicos (DNA e RNA), fosfolipídios de membrana e coenzimas, desempenhando papel essencial na divisão celular, formação de tecidos novos e diferenciação celular (CARDOZO, 2018). Essa função estrutural e metabólica explica a forte relação entre o teor de fósforo e o crescimento inicial das plantas, observada no trabalho de Cardozo (2018), no qual a deficiência de P resultou em redução significativa da biomassa e do desenvolvimento radicular.

Os resultados do estudo de Cardozo (2018) mostraram que as plantas cultivadas em condições e com níveis adequados de fósforo apresentaram maior altura, diâmetro e produção de massa seca, mostrando que o nutriente ajuda no crescimento vegetativo e no aumento da área foliar. Isso ocorre porque o fósforo ajuda na fotossíntese e o transporte de assimilados, processos responsáveis pela formação de novas células e tecidos. Cardozo (2018) destacou ainda que, em condições de deficiência, o fósforo diminui o transporte de açúcares e reduz a eficiência da fotossíntese, diminuindo a produção de biomassa e a eficiência no uso da água.

Segundo Cardozo (2018), a presença correta de fósforo no solo estimula o desenvolvimento do sistema radicular, favorecendo a absorção de água e de outros nutrientes, como nitrogênio (N) e potássio (K). Esse efeito foi encontrado no experimento, no qual plantas bem nutrida em fósforo apresentaram raízes mais longas, densas e ramificadas, aumentando a capacidade de exploração do solo e a eficiência na absorção de nutrientes. Outro dado relevante do estudo de Cardozo (2018) é que o fósforo interage com outros nutrientes, com o nitrogênio (N). Essa interação tem feito diretamente no crescimento, pois eles agem de forma complementar na síntese de proteínas, enzimas e compostos energéticos. Quando há deficiência de fósforo, a absorção e o aproveitamento do nitrogênio tornam-se menos eficientes, reduzindo o metabolismo geral da planta.

2.9 DEFICIÊNCIAS E EXCESSOS: SINTOMAS E CONSEQUÊNCIAS FISIOLÓGICAS

A nutrição mineral é fundamental para o desenvolvimento adequado das plantas, e tanto a deficiência quanto o excesso de nutrientes podem causar diversos distúrbios fisiológicos. O equilíbrio nutricional impacta diretamente em processos como fotossíntese, crescimento, produção e resistência a estresses bióticos e abióticos.

Em relação aos excessos nutricionais embora menos frequentes que as deficiências, os excessos de nutrientes também causam desordens fisiológicas. A absorção excessiva de nutrientes pode levar à toxidez, manifestada por necroses, inibição do crescimento e interferência na absorção de outros nutrientes. O excesso de nitrogênio, por exemplo, pode estimular o crescimento vegetativo excessivo em detrimento da frutificação, além de aumentar a suscetibilidade a doenças (ANTUNES et al., 2016). Já o excesso de potássio pode reduzir a absorção de cálcio e magnésio, ocasionando sintomas indiretos de deficiência desses nutrientes. Barbosa (2020) observa que, mesmo em doses elevadas de NPK, a associação com bactérias condicionadoras de solo pode promover um melhor aproveitamento dos nutrientes, minimizando os efeitos negativos de seu excesso, e otimizando os resultados fisiológicos e produtivos da cultura.

2.10 INTERAÇÕES ENTRE OS NUTRIENTES E SUAS IMPLICAÇÕES PARA O CRESCIMENTO DE MUDAS

O crescimento e a qualidade de mudas vegetais são altamente influenciados pelas interações entre os nutrientes disponíveis no meio de cultivo. Essas interações podem ser sinérgicas ou

antagônicas, afetando a absorção, o transporte e o metabolismo dos nutrientes nas plantas. De acordo com França (2024), a adequada nutrição das mudas pré-brotadas (MPBs) de cana-de-açúcar promove maior vigor da parte aérea e do sistema radicular, com impacto direto na sobrevivência pós-transplante. No estudo, a autora observou que, mesmo com substratos orgânicos como bagaço de cana, torta de filtro e húmus (na proporção 8:1:1), o fornecimento de nutrientes foi insuficiente, especialmente para potássio, magnésio e manganês. Esse desbalanço nutricional compromete a marcha de absorção das plantas e evidencia que interações negativas entre os nutrientes podem limitar a qualidade das mudas, mesmo em sistemas teoricamente sustentáveis.

Além disso, a pesquisa indicou que o excesso de fertirrigação aumentou a oferta de nutrientes além do necessário para a absorção, gerando perdas e desequilíbrio no sistema. A adoção de quatro fertirrigações semanais, ao invés de seis, foi suficiente para garantir mudas com desempenho semelhante, revelando que a eficiência no fornecimento de nutrientes depende do equilíbrio e do momento de aplicação. Jesus (2021), ao estudar o cultivo de açazeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) em sistemas agroflorestais, demonstrou que a interação entre densidade de estipes por touceira e o tipo de adubação (orgânica ou mineral) afeta significativamente o desenvolvimento das mudas. Plantas submetidas à adubação mineral com densidade intermediária (quatro estipes) apresentaram melhores índices de crescimento, maiores número de folhas e inflorescências, além de frutos com maior diâmetro e rendimento de polpa.

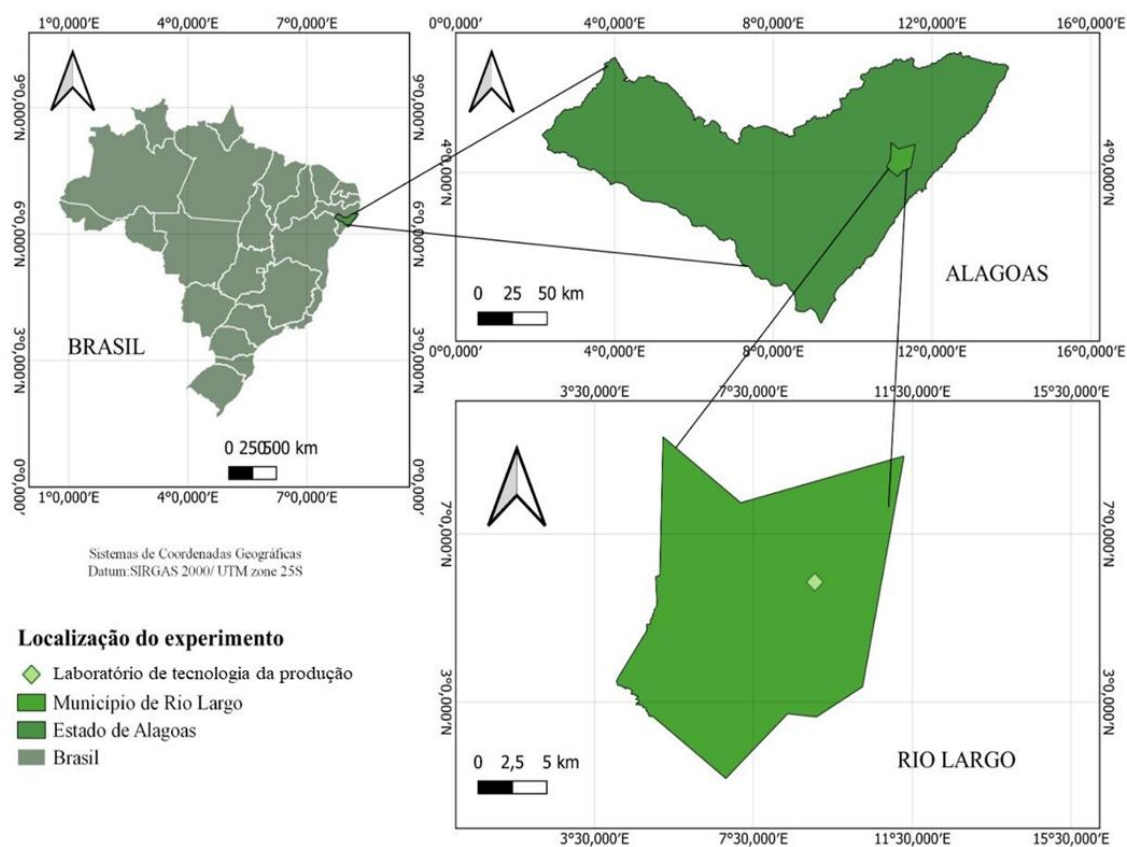
Esse aspecto é confirmado por resultados de experimentos com diferentes tempos de rustificação, nos quais mudas que passaram 20 dias em condições controladas (rustificação) com adubação moderada apresentaram melhor desempenho após o transplante, tanto no número de perfilhos quanto na taxa de estabelecimento no campo. Outro fator relevante para o crescimento de mudas é a composição do substrato. Substratos mal equilibrados, mesmo quando enriquecidos com matéria orgânica, podem apresentar dificuldade na oferta de nutrientes essenciais. O substrato utilizado por França (2024) mostrou-se limitado em potássio, magnésio e manganês, mesmo com a adição de adubação orgânica, o que reforça a importância do conhecimento da dinâmica nutricional do meio de cultivo. Por sua vez, Jesus (2021) destacou que a adubação orgânica pode ser tão eficiente quanto a mineral, desde que haja equilíbrio e correta sincronia entre liberação dos nutrientes e demanda da planta. Em sistemas agroflorestais, essa sincronização pode ser favorecida por uma microbiota mais ativa e diversidade vegetal, o que beneficia as interações positivas entre nutrientes e planta.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

O experimento foi desenvolvido no Laboratório de Tecnologia da Produção (LATEP), Setor de Silvicultura e Viveiros Florestais, do *Campus* de Engenharia e Ciências Agrárias (CECA), pertencente à Universidade Federal de Alagoas (UFAL), localizado a 35° 49' 34" S, 9° 27' 56" O, em Rio Largo, Estado de Alagoas. As mudas utilizadas no experimento foram disponibilizadas por este laboratório. (Figura 1).

Figura 1. Localização da área experimental no município de Rio Largo – AL.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E DEFINIÇÃO DOS TRATAMENTOS

As mudas utilizadas no experimento apresentavam idade de 40 dias e foram selecionadas com base na uniformidade de características morfológicas, como altura, número de folhas e vigor,

além do bom estado fitossanitário (Figura 2 A). O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado (DIC), composto por quatro tratamentos: Controle (sem adubação), 10, 20 e 30 g de NPK por vaso (Figura 2 B), o que representou 0, 3, 6 e 9 t.ha⁻¹ de NPK (10:10:10), respectivamente, e cada tratamento foi composto por cinco repetições, totalizando 20 mudas. Em seguida, procedeu-se à aplicação dos tratamentos (Figura 2 C), consistindo na adição das respectivas doses de NPK ao solo obtido no CAMPUS CECA, exceto no controle, em que não foi realizada adubação. Vale ressaltar que todas as dosagens foram rigorosamente mensuradas em balança de precisão.

Figura 2. Vista geral do experimento (A); pesagem do NPK (B); disposição do adubo na planta (C)



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Após separar os tratamentos com a quantidade igual de substrato para todos os recipientes (Figura 2), as mudas foram dispostas em estufa, e regadas duas vezes ao dia; além disso, foram organizadas de tal forma que nenhum dos tratamentos fosse beneficiado por receber uma maior quantidade de água ou até mesmo melhores condições climáticas, sendo esses fatores responsáveis por alterar o desenvolvimento dos experimentos.

3.3 AVALIAÇÕES BIOMÉTRICA

Com todos os tratamentos instalados, quinzenalmente foram realizadas, as mensurações das variáveis altura da planta (AP), diâmetro do colmo (DC) e número de folhas (NF). Ao todo foram feitas oito avaliações, totalizando um acompanhamento de 105 dias, período que normalmente é utilizado para a expedição das mudas para o plantio. Para coletar os dados de altura, utilizou-se uma régua, posicionada a 2 cm da base e medida até o ápice da folha (Figura 3C) e para o diâmetro do

colmo, utilizou-se um paquímetro e para a determinação do número de folhas, foram contabilizadas apenas as folhas completamente expandidas.

Figura 3. Medição da altura da planta (A); Diâmetro do caule (B); Número de folhas(C).



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

3.4 TEOR RELATIVO DE ÁGUA NA FOLHA (TRA%)

Foi verificado o teor relativo de água (TRA), mensurado segundo a metodologia Weatherley (1950), no qual foram feitos 10 discos foliares por planta, que, após pesá-los para a determinação do peso da biomassa fresca (PBF), foram colocados em placas de potes e imersos com 10ml água destilada. Os potes foram levados para um ambiente refrigerado por 24h e em seguida foram pesados novamente, para a obtenção do peso da biomassa túrgida (PBT) e posteriormente acondicionados em sacos de papel, foram levados à estufa de circulação forçada de ar a 65°C para a determinação do peso da biomassa seca (PBS).

Figura 4. Visualização da retirada dos discos foliares na folha (A); hidratação dos discos foliares com água destilada (B); Determinação do peso túrgido dos discos foliares (C).



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

De posse dos dados, foi calculado o TRA de acordo com a seguinte fórmula:

$$\text{TRA}(\%) = \frac{\text{PBF}-\text{PBS}}{\text{PBT}-\text{PBS}} \times 100$$

Sendo: PBF = Peso da biomassa fresca; PBS = Peso da biomassa seca e PBT = Peso da biomassa total.

3.5 PIGMENTOS FOTOSSINTÉTICOS

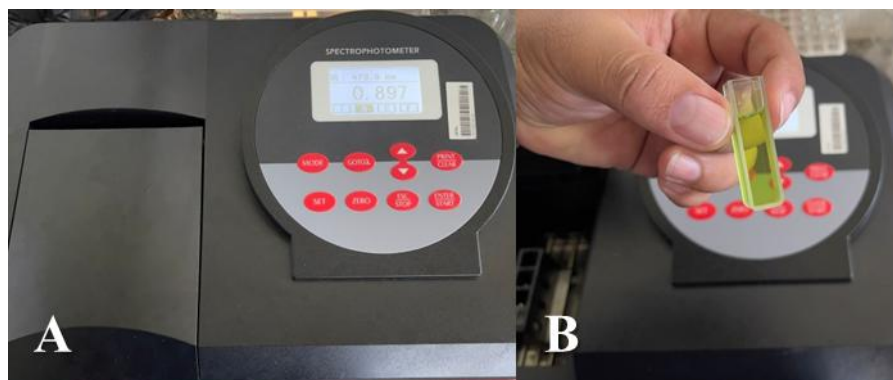
Para a análise dos pigmentos fotossintéticos de clorofila *a*, *b*, carotenóides e total, foi aplicado o método destrutivo proposto por Lichtenthaler e Buschmann (2001), no qual foram coletados folíolos ao acaso de cada muda e pesados para obtenção de 0,1g do limbo foliar, depois foram inseridos em tubos de ensaio revestidos com papel alumínio contendo 10ml de álcool etílico (96%), para a extração dos pigmentos. As leituras foram feitas em um espectrofotômetro (Figura 5A) da marca *Thermo scientific* (Genesys 10 UV scanning), após 48h em um ambiente refrigerado, foram realizadas as leituras das clorofilas (Figura 5B) nos comprimentos de onda de 663,2, 646,8 e 470 nanômetros (nm) e calculadas pelas fórmulas:

$$\text{Clorofila } a \text{ } (\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}) = 12,25 A_{663,2} - 2,79 A_{646,8}$$

$$\text{Clorofila } b \text{ } (\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}) = 21,50 A_{646,8} - A_{663,2}$$

$$\text{Clorofila total } (\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}) = \text{Clorofila } a + \text{Clorofila } b$$

Figura 5. Visualização do espectrofotômetro utilizado (A) e a realização das leitura das clorofilas (B).



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

3.6 PRODUÇÃO E ALOCAÇÃO DE BIOMASSA

Ao término do período experimental ocorreu a separação dos órgãos vegetativos (folha (Figura 6A), caule (Figura 6B) e raiz (Figura 6C)) das mudas e posteriormente, foram colocadas em

estufa de circulação forçada de ar a 65 °C e depois foram pesadas até que as amostras adquirissem peso constante.

Figura 6. Separadas das mudas em folha (A), caule (B) e raiz (C); Determinação da matéria seca da folha – MSF (D); Determinação da massa seca da raiz – MSR (E).



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Depois desse processo, as amostras foram pesadas para determinação do peso da matéria seca das folhas (MSF), do caule (MSC), da raiz (MSR) e total (MST) das mudas e a partir disso, foram calculados a alocação de biomassa para as folhas (ABF), caule (ABC) e raiz (ABR) e a relação raiz/parte aérea (R/PA), de acordo com as fórmulas propostas por (BENINCASA, 2003).

$$ABF = \frac{MSF}{MST} \times 100; \quad ABC = \frac{MSC}{MST} \times 100; \quad ABR = \frac{MSR}{MST} \times 100 \quad \text{e} \quad R/PA = \frac{MSR}{MSF + MSC}$$

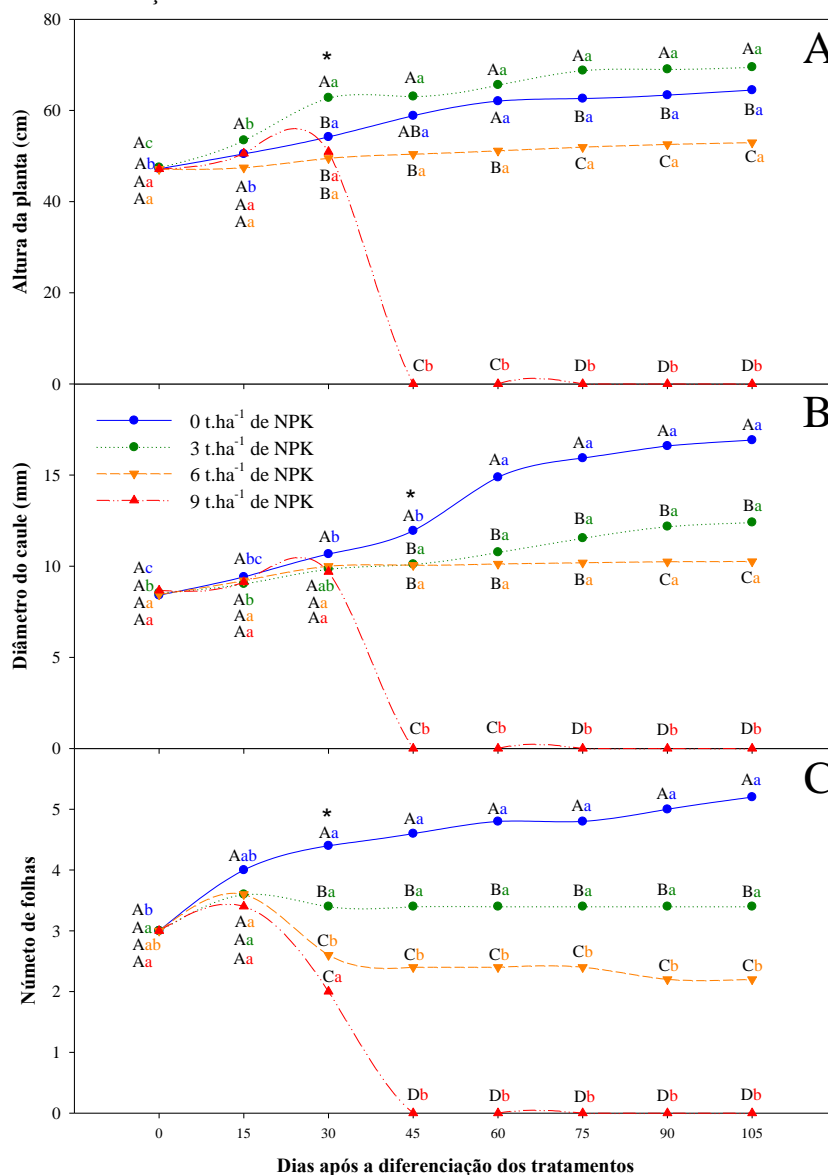
3.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados obtidos foram analisados a partir da análise de variância (ANAVA) e as médias adquiridas foram comparadas entre si pelo teste de Tukey. Após a realização das análises estatísticas foram confeccionados gráficos utilizando o software *Sigmaplot* 15.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicação de doses crescentes de NPK 10:10:10 promoveu respostas distintas no crescimento das mudas de açai ao longo dos 105 dias de avaliação (Figura 7). Observou-se que as plantas submetidas à dose de 3 t.ha⁻¹ apresentaram os melhores desempenhos em todas as variáveis biométricas analisadas: altura da planta (Figura 7A), diâmetro do caule (Figura 7B) e número de folhas (Figura 7C), evidenciando que esta dose proporcionou o equilíbrio nutricional mais favorável ao desenvolvimento inicial da espécie.

Figura 7. Valores médios da altura (A), diâmetro do caule (B) e número de folhas (C) de mudas de açazeiro em função das doses de NPK. Médias seguidas de letras maiúsculas comparam as dosagens estudadas e as letras minúsculas comparam o período de avaliação, minúsculas comparam o período de avaliação, médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey. O asterisco (*) indica o momento em que se observou diferença estatística entre os tratamentos.



No Gráfico A, referente à altura da planta, nota-se que a dose de 3 t.ha⁻¹ proporcionou o maior incremento de crescimento ao longo do tempo, seguida pela dose de 0 t.ha⁻¹. Já as doses de 6 e 9 t.ha⁻¹ apresentaram redução expressiva da altura, sendo que a dose mais elevada ocasionou declínio acentuado. Esse comportamento demonstra que o aumento das doses de NPK não está diretamente associado ao maior crescimento, mas sim à eficiência do manejo nutricional. Farias et al. (2025) observaram resultados semelhantes, em que o parcelamento adequado da adubação nitrogenada e potássica promoveu maior crescimento em altura, enquanto doses excessivas prejudicaram o desenvolvimento devido ao desequilíbrio entre macronutrientes, especialmente pelo antagonismo entre cálcio, magnésio e potássio. Assim, fica evidente que o crescimento do açaizeiro é favorecido por adubações equilibradas e bem distribuídas ao longo do ciclo, evitando acúmulos de sais e lixiviação de nutrientes essenciais.

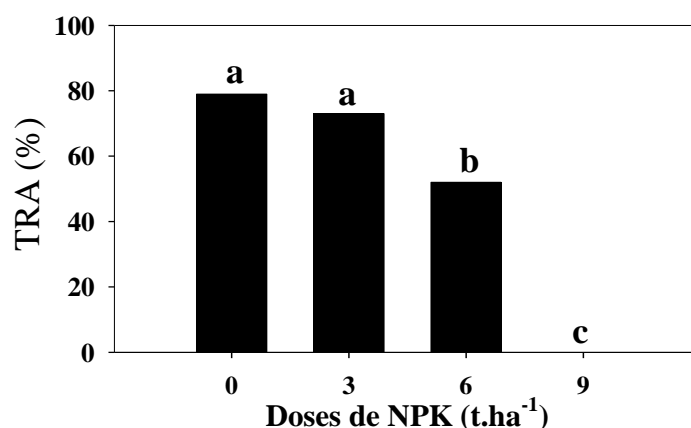
O Gráfico B, que apresenta o diâmetro do caule, segue tendência semelhante à observada para a altura da planta. O maior incremento do diâmetro foi verificado na ausência de adubação (0 t.ha⁻¹), seguida pela dose de 3 t.ha⁻¹, enquanto as doses de 6 e 9 t.ha⁻¹ apresentaram baixo desempenho, com forte redução no crescimento a partir de 45. Esse resultado pode estar associado ao excesso de nutrientes no solo, que, em vez de favorecer o crescimento, provocou desequilíbrio osmótico, reduzindo a absorção de água e nutrientes. Conforme Farias et al. (2025), a aplicação intensiva de NPK pode elevar os níveis de cálcio e diminuir a disponibilidade de potássio e magnésio, nutrientes fundamentais para o espessamento do caule. O mesmo estudo destaca que o parcelamento da adubação é essencial para garantir o aproveitamento contínuo dos nutrientes, evitando perdas por lixiviação e maximizando o desenvolvimento da circunferência do coleto. Dessa forma, o comportamento observado neste gráfico reforça que o crescimento em diâmetro está diretamente relacionado ao equilíbrio nutricional e à adequada proporção entre N e K.

No Gráfico C, referente ao número de folhas, observa-se que a dose de 0 ton.ha⁻¹ apresentou o melhor desempenho ao longo do período de avaliação, seguida pela dose de 3 t.ha⁻¹. Já as doses de 6 e 9 ton.ha⁻¹ resultaram em reduções significativas, sendo a dose mais alta responsável por queda drástica no número de folhas. A redução foliar é um indicativo de estresse fisiológico, que pode estar relacionado à toxidez por excesso de nutrientes ou à deficiência induzida por antagonismos entre elementos, como o cálcio e o potássio. De acordo com Farias et al. (2025), a folha é o principal órgão responsável pela fotossíntese, e o seu número está diretamente ligado à capacidade produtiva e ao acúmulo de biomassa. Assim, o menor número de folhas nas doses mais elevadas sugere que o excesso de NPK comprometeu a eficiência metabólica da planta, reduzindo

sua área fotossintética e, conseqüentemente, o crescimento vegetativo. Os autores reforçam que o manejo adequado e o parcelamento da adubação nitrogenada e potássica são fundamentais para garantir o equilíbrio entre crescimento radicular e aéreo, refletindo positivamente no número de folhas e na vitalidade das mudas.

A aplicação da adubação NPK influenciou significativamente o teor relativo de água (TRA) nas mudas de açazeiro (Figura 8), apresentando redução progressiva com o aumento das doses do fertilizante. As menores doses, correspondentes a 0 e 3 t.ha⁻¹, mantiveram valores mais elevados de TRA, sem diferença estatística significativa entre si, indicando que a ausência ou a baixa adubação não comprometeu a capacidade de retenção hídrica do substrato. Esse resultado mostra que, em condições de equilíbrio nutricional, o substrato manteve boa disponibilidade de água, o que favorece a absorção hídrica e o desempenho fisiológico das mudas.

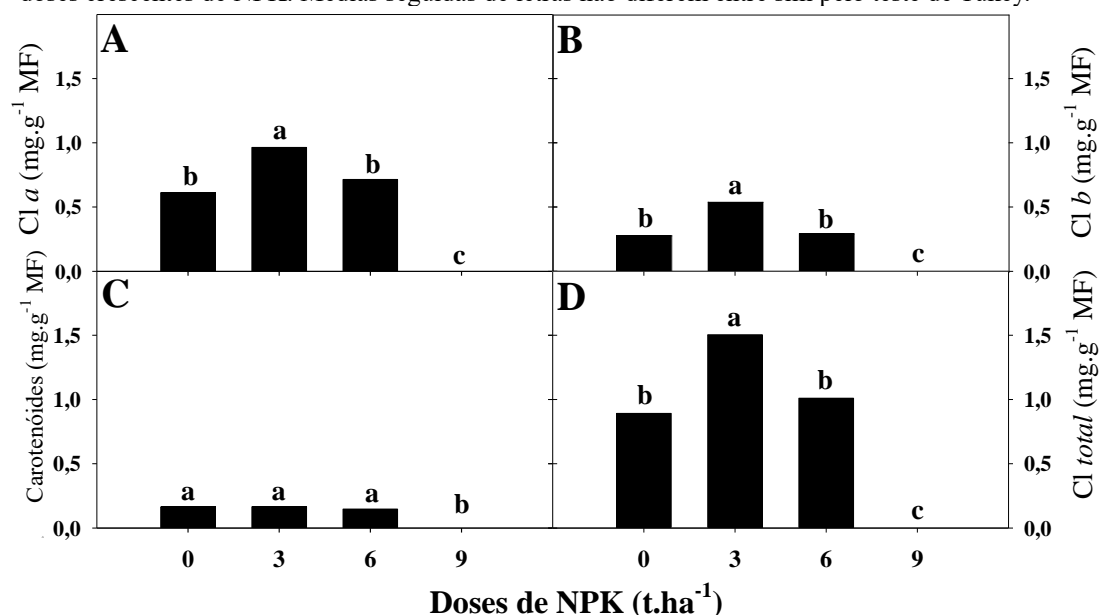
Figura 8. Média do Teor relativo de água (TRA) em mudas de açazeiro submetidas a doses crescentes de NPK. Médias seguidas de letras não diferem entre si pelo teste de Tukey.



A partir da dose de 6 t.ha⁻¹, observa-se uma queda expressiva no TRA (letra “b”), evidenciando que o excesso de nutrientes pode modificar as propriedades físicas e químicas do substrato, reduzindo a porosidade total e, conseqüentemente, a capacidade de retenção de água. Em 9 t.ha⁻¹, o TRA apresentou o menor valor médio (letra “c”), confirmando que altas doses de fertilizante NPK provocam efeitos negativos sobre o equilíbrio hídrico. Esse comportamento indica que o acúmulo de sais no substrato pode aumentar o estresse osmótico, dificultando a absorção de água pelas raízes. De forma semelhante, Reis (2023) observou que a nutrição desequilibrada e o déficit hídrico reduziram o crescimento e a produção de biomassa em mudas de eucalipto, reforçando que a eficiência da adubação depende do equilíbrio entre nutrientes e da adequada disponibilidade de água.

A produção de pigmentos fotossintéticos é diretamente influenciada pela disponibilidade de nutrientes, especialmente o nitrogênio (N), elemento essencial da molécula de clorofila. Na Figura 9, observa-se que as doses crescentes de NPK afetaram de forma significativa os teores de clorofila a, clorofila b e clorofila total, apresentando comportamento quadrático, com máximos valores na dose intermediária (3 t.ha⁻¹). As maiores concentrações de clorofilas observadas nessa dose indicam que níveis moderados de adubação favorecem a síntese de pigmentos e a eficiência fotossintética, proporcionando melhores condições metabólicas para o crescimento das mudas de açazeiro. Por outro lado, a redução dos teores de clorofilas nas doses mais elevadas (6 e 9 t.ha⁻¹) demonstra que o excesso de nutrientes pode causar desequilíbrio iônico e estresse osmótico, comprometendo a integridade dos cloroplastos e a síntese de pigmentos.

Figura 9. Teores de clorofilas a (A), b (B), carotenóides (C) e clorofila total (D) em mudas de açazeiro submetidas a doses crescentes de NPK. Médias seguidas de letras não diferem entre si pelo teste de Tukey.



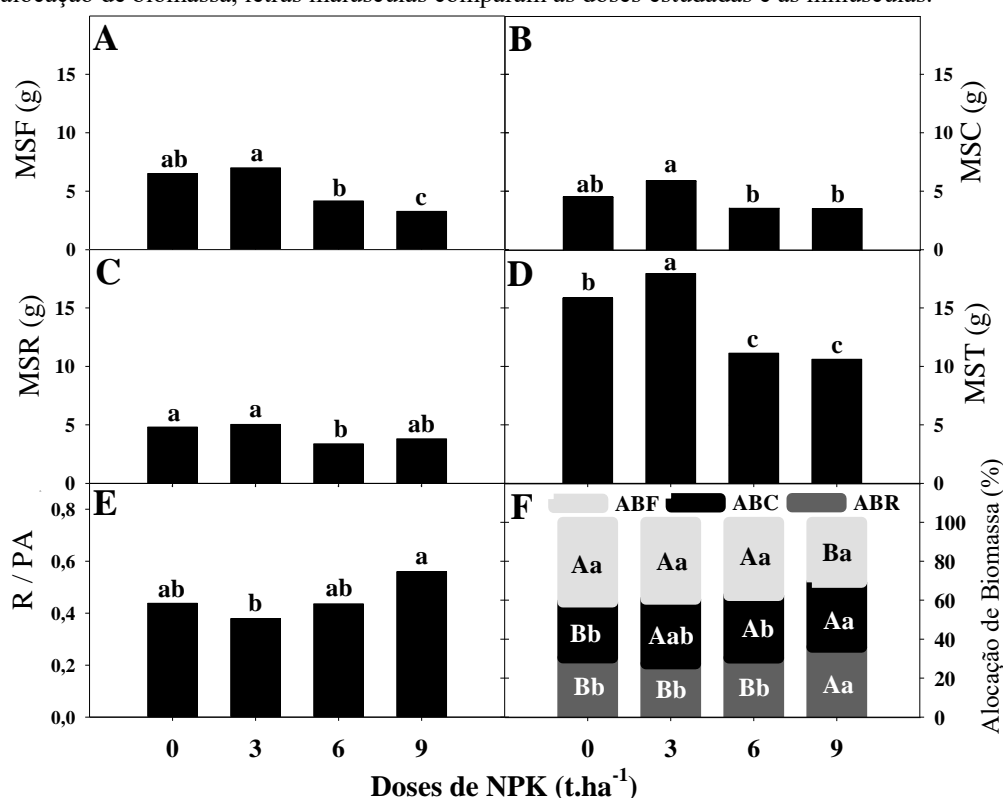
Esse comportamento é coerente com o observado por Reis (2023), que, ao estudar o efeito do estresse nutricional e do déficit hídrico em mudas de eucalipto, constatou que a nutrição desequilibrada reduziu a produção de compostos fotossintéticos e o crescimento das plantas, evidenciando que o excesso de adubação pode limitar a fotossíntese e a assimilação de carbono.

No caso dos carotenóides, a estabilidade observada até 6 t.ha⁻¹ sugere que esses pigmentos desempenham papel protetor contra o estresse foto-oxidativo, permanecendo mais constantes que as clorofilas diante do aumento da adubação. Apenas na dose mais alta (9 t.ha⁻¹) houve redução significativa, indicando que o excesso de sais pode ultrapassar a capacidade antioxidante das plantas, interferindo na integridade dos pigmentos. Assim, os resultados da Figura 9 demonstram

que a dose de 3 t.ha⁻¹ de NPK promoveu o melhor desempenho fisiológico das mudas, garantindo maiores teores de pigmentos e, conseqüentemente, maior potencial fotossintético. Doses superiores, entretanto, provocaram efeitos deletérios ao metabolismo das plantas, reduzindo os teores de clorofila e a eficiência no aproveitamento da luz.

A Figura 10 apresenta os valores médios da matéria seca da folha (MSF – Gráfico A), caule (MSC – Gráfico B), raiz (MSR – Gráfico C), total (MST – Gráfico D), relação raiz/parte aérea (R/PA – Gráfico E) e alocação de biomassa (Gráfico F) em mudas de açazeiro submetidas a doses crescentes de NPK. De modo geral, observa-se que o aumento das doses de fertilizante influencia significativamente o crescimento e a distribuição de biomassa nas diferentes partes da planta, evidenciando a sensibilidade do açazeiro ao manejo nutricional.

Figura 10. Valores médios da Matéria seca da folha (MSF – A), caule (MSC – B), raiz (MSR – C), total (MST – D), Relação raiz parte aérea (R/Pa – E) e alocação de biomassa (F) em mudas de açazeiro submetidas a doses crescentes de NPK. Médias seguidas de letras não diferem entre si pelo teste de Tukey. Para a alocação de biomassa, letras maiúsculas comparam as doses estudadas e as minúsculas.



No Gráfico A, referente à matéria seca da folha (MSF), nota-se que a maior produção ocorreu na dose de 3 t.ha⁻¹ de NPK, com posterior redução nas doses de 6 e 9 t.ha⁻¹. Esse comportamento indica que doses elevadas de NPK podem causar desequilíbrio nutricional, afetando negativamente o desenvolvimento foliar. De acordo com Farias et al. (2025), o excesso de cálcio

proveniente da calagem pode comprometer a absorção de potássio e magnésio, elementos essenciais ao metabolismo e à expansão das folhas. Dessa forma, o declínio da MSF nas maiores doses sugere que o excesso de nutrientes não se traduz necessariamente em maior crescimento, podendo inclusive limitar a eficiência fotossintética das mudas. O Gráfico B, que representa a matéria seca do caule (MSC), apresentou comportamento semelhante ao observado para as folhas, com maior acúmulo na dose de 3 t.ha⁻¹ e redução a partir de 6 t.ha⁻¹. Esse resultado reforça que o aumento exagerado da adubação pode provocar desequilíbrio entre nutrientes e reduzir o crescimento do caule. O trabalho de Farias et al. (2025) destaca que o parcelamento das adubações de nitrogênio e potássio favorece o desenvolvimento do caule e da circunferência do coleto, pois promove melhor aproveitamento dos nutrientes e reduz perdas por lixiviação, confirmando que o manejo das doses é mais importante do que a quantidade total aplicada.

Em relação à matéria seca da raiz, ilustrada no Gráfico C (MSR), verifica-se que as maiores médias ocorrem nas doses de 0 e 3 t.ha⁻¹, com queda em 6 t.ha⁻¹ e leve aumento em 9 t.ha⁻¹. Esse comportamento pode estar relacionado a uma resposta adaptativa da planta frente ao estresse causado pelo excesso de nutrientes, redirecionando a energia para o crescimento radicular a fim de explorar melhor o solo. Conforme discutido por Farias et al. (2025), a deficiência de potássio, magnésio e enxofre compromete a formação de raízes e a absorção de água, o que se reflete na menor produção de matéria seca nas doses intermediárias, onde o desequilíbrio nutricional é mais evidente. A matéria seca total, apresentada no Gráfico D (MST), segue o comportamento típico de resposta a doses crescentes de fertilizante, com valor máximo em 6 ton.ha⁻¹ e queda significativa nas doses superiores. Esse padrão evidencia a existência de um ponto ótimo de adubação, no qual há equilíbrio entre os nutrientes e maior eficiência metabólica da planta. O estudo de Farias et al. (2025) confirma que o melhor crescimento do açaizeiro é alcançado com o manejo parcelado da adubação de nitrogênio e potássio, pois essa prática evita perdas e mantém níveis adequados de nutrientes no solo, maximizando o crescimento total das plantas.

A relação raiz/parte aérea, demonstrada no Gráfico E (R/PA), apresentou aumento gradual conforme o incremento das doses de NPK, atingindo o valor máximo em 9 t.ha⁻¹. Esse resultado sugere que, sob doses elevadas, as plantas direcionam mais biomassa para o sistema radicular, possivelmente em resposta ao estresse osmótico ou à toxidez por nutrientes. Tal comportamento foi descrito por Farias et al. (2025), que relataram que a adubação excessiva pode causar antagonismo entre cálcio e magnésio, prejudicando o desenvolvimento da parte aérea e levando a uma redistribuição de biomassa em favor das raízes, como estratégia de sobrevivência da planta.

Por fim, o Gráfico F, referente à alocação de biomassa, mostra que a proporção entre folha (ABF), caule (ABC) e raiz (ABR) varia conforme o incremento das doses de NPK. Nas menores doses (0 e 3 ton.ha⁻¹), a distribuição de biomassa é mais equilibrada, enquanto nas doses de 6 e 9 ton.ha⁻¹ ocorre aumento da alocação para as raízes e redução para folhas e caules. Essa redistribuição indica que o açazeiro, sob condições de excesso nutricional, ajusta seu metabolismo para priorizar o crescimento subterrâneo em detrimento do crescimento vegetativo. Esse comportamento está em consonância com o que foi relatado por Farias et al. (2025), que destacaram que o manejo inadequado do NPK altera a fisiologia das plantas, comprometendo a fotossíntese e o desenvolvimento da parte aérea.

De forma geral, os resultados apresentados na Figura 10 demonstram que o crescimento e a alocação de biomassa do açazeiro são fortemente influenciados pela dose e pelo manejo da adubação. Doses moderadas, especialmente de 3 t.ha⁻¹ de NPK, proporcionaram os melhores resultados para matéria seca e equilíbrio morfológico das plantas. Doses elevadas resultaram em desequilíbrio nutricional, redução da matéria seca total e alteração na distribuição de biomassa. Assim, evidencia-se que o manejo racional e o parcelamento das adubações são fundamentais para garantir o bom desenvolvimento do açazeiro, uma vez que o excesso de nutrientes pode ser tão prejudicial quanto a deficiência.

5. CONCLUSÃO

- A aplicação de doses crescentes de NPK exerceu efeito direto sobre o crescimento e a fisiologia das mudas de açaizeiro. A dose intermediária (3 t ha^{-1}) destacou-se por promover o maior crescimento biométrico, teores adequados de pigmentos fotossintéticos e melhor equilíbrio hídrico, refletindo em maior acúmulo de biomassa.
- Doses superiores, por outro lado, reduziram o vigor das mudas e ocasionaram sintomas de estresse nutricional e osmótico, resultando em menor eficiência fisiológica e até mortalidade em altas concentrações.
- Dessa forma, conclui-se que a adubação moderada com NPK 10:10:10 é a mais eficiente para o desenvolvimento inicial do açaí em condições de viveiro, favorecendo a formação de mudas saudáveis, equilibradas e aptas ao transplântio.
- Recomenda-se, portanto, a adoção da dose de 3 t ha^{-1} como referência para o manejo nutricional da espécie, evitando-se tanto a deficiência quanto o excesso de nutrientes, que comprometem o crescimento e a qualidade das mudas.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, J. C. de. Influência da adubação nitrogenada e fosfatada no crescimento e qualidade de mudas de *Euterpe precatoria*. **Scientia Plena**, v. 20, p. 070201, 2024.
- BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas: noções básicas**. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 42 p.
- BERNDT, H. M.; MANGINI, T. S.; MARIA, D. M. B.; SKITTBERG, B. T.; CANTARELLI, E. B. Crescimento inicial de mudas de açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) em resposta a diferentes doses de adubação. **Journal of Education, Science and Health (JESH)**, v. 5, n. 1, p. 1–11, 2025. DOI: 10.52832/jesh.v5i1.491.
- BRAGA, A. C. M. **Uso de efluente de fossa como biofertilizante nitrogenado em mudas de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) e pracaxi (*Pentaclethra macroloba* (Willd.) Kuntze) sob duas condições de luminosidade**. 2018. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade Tropical) – Universidade Federal do Amapá, Macapá, 2018.
- BRAULE, L. M. **A produção do açaí: entre os mercados e o modo de vida tradicional na região de várzea da Amazônia paraense**. 2020. Dissertação (Mestrado em Ciências Territoriais) – Universidade Federal do Oeste do Pará, Santarém, 2020.
- CARDOZO, L. S. **Efeito de níveis de fósforo no crescimento e nutrição de plantas**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2018.
- COSTA, C. **Sementes e mudas de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) provenientes de frutos em diferentes estádios de maturação**. 2018. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Pará, Altamira, 2018.
- COSTA, E. M. P. **Avaliação preliminar de mudas de *Copernicia prunifera* (Mill.) H.E. Moore submetidas à aplicação de fertilizante foliar, composto orgânico e bagana**. 2023.
- D’ARACE, L. M. B.; MENEZES, F. S.; MARQUES, L. F. Produção de açaí na região norte do Brasil. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 10, n. 5, p. 15–21, 2019. DOI: 10.6008/CBPC2179-6858.2019.005.0002.
- EMBRAPA. **Açaí: cultivo e manejo sustentável**. Brasília, DF: Embrapa Amazônia Oriental, 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1111806>. Acesso em: 20 jul. 2025.
- FARIAS, G. S.; ARAÚJO, J. N. T.; CORDEIRO, R. A. M.; SENA, W. L.; SILVA, A. L. P.; LIMA JUNIOR, J. A. **Efeito do manejo no crescimento de plantas de açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart.)**. **Revista de Gestão e Secretariado – GeSec**, São José dos Pinhais, v. 16, n. 5, p. 1–18, 2025. DOI: 10.7769/gesec.v16i5.4835.
- FOLTRAN, E. C. **Dinâmica do fósforo no sistema solo-planta em função da solubilidade de fertilizantes fosfatados, em plantios de *Eucalyptus grandis***. 2017. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2017.

FUNDAÇÃO AMAZÔNIA DE AMPARO A ESTUDOS E PESQUISAS (FAPESPA). **Nove municípios paraenses lideram produção nacional do açaí, aponta Fapespa.** Belém: FAPESPA, 2024. Disponível em: <https://www.fapespa.pa.gov.br>. Acesso em: 27 nov. 2024.

GIULIANNA, M. N. **A cadeia produtiva do açaí: valorização e expansão para além da Amazônia.** 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Administração) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Brasileiro de 2023: Produção de Açaí (cultivo) no Brasil.** Disponível em: <https://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 27 nov. 2024.

ISSO É ALAGOAS. **Açaí Guardiã – Isso é Alagoas.** YouTube, 2023. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=S3j2nfFqm3Q>. Acesso em: 20 jul. 2025.

LUZ, Ronaldo Costa da. **Doses de fósforo e potássio no cultivo de soja sob sistema plantio direto em sucessão à *Urochloa brizhanta* cv. Marandu.** 2024. Dissertação (Mestrado em Agronomia Tropical) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2024.

MATIAS, R. A. M. **Efeito da suplementação nutricional no crescimento de espécies florestais do Cerrado.** 2017. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade de Brasília, Brasília, 2017.

MELO, L. M.; MOURA, M. R. F.; FONSECA, A. M. S. A economia do açaí em Belém (PA): vida urbana, tradição e saúde. **Revista Territorium**, n. 23, p. 65–74, 2016.

MESQUITA, D. Z. **Zoneamento agroclimático e relações hídricas no crescimento de mudas de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) em sistema automático de irrigação de baixo custo.** 2018. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2018.

NASCIMENTO, W. M. O. **Açaí – *Euterpe oleracea* Mart. Informativo Técnico Rede de Sementes da Amazônia**, n. 18, 2008. Disponível em: <http://www.inpa.gov.br>. Acesso em: 20 jul. 2025.

OLIVEIRA, F. A., et al. **Desenvolvimento e concentração de nitrogênio, fósforo e potássio no tecido foliar da berinjela em função da salinidade.** *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, Recife, v. 6, n. 1, p. 37–45, 2011. Disponível em: <https://agraria.pro.br>. Acesso em: 24 jul. 2025.

OLIVEIRA, M. S. P. ***Euterpe oleracea* e *E. precatoria*. In: Plantas para o futuro – Região Norte.** Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2015. p. 1200–1205.

OLIVEIRA, M.; FARIAS NETO, J. T.; QUEIROZ, J. A. L. **Açaizeiro: cultivo e manejo para produção de frutos.** In: Encontro Amazônico de Agrárias, 7., 2015, Belém, PA. Segurança alimentar: diretrizes para Amazônia. Belém: UFRA; Embrapa Amazônia Oriental, 2015.

PÉRES, R. S. **Avaliação de crescimento e qualidade de mudas sob diferentes manejos de irrigação e salinidade do substrato.** 2022. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Produção Vegetal) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2022.

REIS, E. G. **Silício na mitigação de estresse nutricional de fósforo e de déficit hídrico em mudas de eucalipto propagadas por sementes e por miniestaquia**. 2023. 38 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Produção Vegetal) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2023.

RODRIGUES, P. G. Contribuição dos atributos químicos do solo no desenvolvimento vegetativo do paricá em diferentes sistemas de cultivo. **Ciência Florestal**, v. 26, n. 1, p. 59–68, 2016.