



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

VALDECI JUNIOR FONSECA PINHEIRO

ASPECTOS AGRONÔMICOS DO AÇAIZEIRO EM FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO  
ORGÂNICA

BELÉM

2024



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

VALDECI JUNIOR FONSECA PINHEIRO

ASPECTOS AGRONÔMICOS DO AÇAIZEIRO EM FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO  
ORGÂNICA

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre.

Orientadora: Prof. Dra. Antônia Benedita da Silva Bronze

BELÉM  
2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Bibliotecas da Universidade Federal Rural da Amazônia  
Gerada automaticamente mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

- P654a Pinheiro, Valdeci Junior Fonseca  
Aspectos agronômicos do açaizeiro em função da adubação orgânica / Valdeci Junior Fonseca Pinheiro. -  
2024.  
75 f. : il. color.
- Dissertação (Mestrado) - Programa de PÓS-GRADUAÇÃO em Agronomia(PPGA), Campus Universitário  
de Belém, Universidade Federal Rural Da Amazônia, Belém, 2024.  
Orientador: Profa. Dra. Antônia Benedita da Silva Bronze
1. Euterpe oleracea Mart. 2. Compostagem. 3. Fruticultura. 4. Nutrição Mineral. 5. Prática Corretiva.  
I. Bronze, Antônia Benedita da Silva , *orient.* II. Título

---

CDD 634.098115

VALDECI JUNIOR FONSECA PINHEIRO

ASPECTOS AGRONÔMICOS DO AÇAIZEIRO EM FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO  
ORGÂNICA

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre.

Data de aprovação: 15/07/2024

Banca Examinadora:



---

Prof.ª. Dra. Antônia Benedita da Silva Bronze

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA – UFRA

Documento assinado digitalmente



WELLITON DE LIMA SENA

Data: 24/07/2024 09:48:47-0300

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

---

Prof. Dr. Welliton de Lima Sena – 1º Examinador

INSTITUTO FEDERAL DO PARÁ – IFPA

Documento assinado digitalmente



ANA REGINA DA ROCHA ARAUJO

Data: 24/07/2024 18:59:20-0300

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

---

Prof.ª. Dra. Ana Regina da Rocha Araújo – 2ª Examinadora

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA – UFRA

Documento assinado digitalmente



OSVALDO RYOHEI KATO

Data: 24/07/2024 14:43:35-0300

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

---

Dr. Osvaldo Ryohei Kato – 3º Examinador

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA –  
EMBRAPA

## AGRADECIMENTOS

Eu, Valdeci Junior Fonseca Pinheiro, agradeço...

Ao meu Deus todo poderoso, criador dos céus e da terra que por meio de sua boa, perfeita e agradável vontade me ajudou a enfrentar os obstáculos ao longo do percurso;

Aos meus pais, Valdeci Pinheiro e Regina Fonseca que sempre me deram apoio e me incentivaram, mesmo nos dias mais difíceis das nossas vidas, por estarem comigo nesta caminhada árdua, o que está sendo fundamental até este momento;

Aos meus irmãos, Jonatas Ruan e Vanderson Manoel por todo o apoio e incentivo de sempre.

A minha namorada, Maria Eliziane por estar ao meu lado nessa caminhada árdua da pós-graduação, me apoiando nos dias difíceis, por seu amor, carinho e incentivo diário;

Ao meu amigo Renato Maués por todo apoio espiritual.

A todos da minha família que me incentivaram e deram forças;

Ao professor e amigo, Dr. Jessivaldo Galvão pela parceria e ajuda na condução dessa pesquisa.

A minha orientadora, professora Dra. Antônia Bronze pelas orientações, ensinamentos, apoio estrutural e por acreditar no meu potencial para desenvolver essa pesquisa.

A todos os companheiros do Grupo FRUTAM, por todo apoio durante a condução desse trabalho.

A todos os colegas da pós-graduação pelas conversas construtivas ou que de alguma forma contribuíram com essa pesquisa.

Ao programa de pós-graduação em Agronomia, por me permitir desenvolver essa pesquisa e por todo o apoio da coordenação.

À CAPES, pela concessão da bolsa de pesquisa.

À Universidade Federal Rural da Amazônia por todo apoio em vários momentos dentro da instituição, o que me permitiu crescer profissionalmente.

Muito obrigado!

## RESUMO

O açazeiro (*Euterpe oleracea* Mart) é uma palmeira da amazônia com relevante visibilidade em virtude de suas ricas características como sua capacidade antioxidante e produção de frutos utilizados como alimento pela população amazônica. A adubação orgânica oportuniza melhoria na fertilidade do solo, crescimento e nutrição mineral das culturas agrícolas. Há uma alta demanda por produtos orgânicos no estado do Pará, especialmente na produção agrícola, e por esta razão, faz-se necessário analisar os efeitos da utilização destes insumos na adubação de produção de frutíferas. Com isso, essa pesquisa teve o intuito de avaliar o efeito de doses de composto associado ao calcário dolomítico na biometria, estado nutricional e fisiológico de plantas de açazeiro em cultivo orgânico, contribuindo para a sustentabilidade na Amazônia. O experimento foi conduzido no município de Santo Antônio do Tauá/PA (1°9'7" S, 48°7'44"W), na comunidade de Campo Limpo (1°2'S, 48°10'W). O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados em esquema fatorial 7x2, sendo o fator 1 as seis doses do composto orgânico (2, 4, 6, 8, 10 e 12 kg) e o fator 2, as condições de ausência e presença de calagem. O tratamento controle foi constituído somente da adubação química. Totalizando, portanto, quatorze tratamentos distribuídos em seis repetições, resultando em 84 unidades experimentais, em que cada parcela experimental teve duas touceiras de açazeiro BRS PAIDÉGUA. Foi utilizado calcário dolomítico (PRNT 98,45 %) e o composto foi oriundo do processo de compostagem dos seguintes resíduos: cama aviária, resíduos agroindustriais de culturas como andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.), cinza de caldeira, cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*), murumuru (*Astrocaryum murumuru*) e pripioca (*Cyperus articulatus* L.). Avaliou-se as variáveis biométricas, nutricionais e fisiológicas. Os dados foram submetidos as pressuposições necessárias, análise de variância (ANOVA) e teste de médias. Em geral, o composto orgânico possibilitou os melhores resultados na combinação entre as doses de 8 e 10 kg com calagem, ou seja, o manejo nutricional orgânico proporcionou efeitos importantes nas variáveis biométricas, nutricionais e fisiológicas. Portanto, esta pesquisa mostrou que a reutilização de resíduos agroindustriais, na forma de composto orgânico, juntamente à utilização da prática corretiva (calagem) favoreceram o crescimento, a nutrição mineral e a fisiologia do açazeiro, contribuindo para uma produção alternativa de baixo custo e sustentável na Amazônia.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Euterpe oleracea* Mart; Compostagem; Fruticultura; Nutrição Mineral; Prática Corretiva.

## ABSTRACT

The açazeiro (*Euterpe oleracea* Mart) is an Amazonian palm tree with a high profile due to its rich characteristics such as its antioxidant capacity and the production of fruit used as food by the Amazonian population. Organic fertilization improves soil fertility, growth and the mineral nutrition of agricultural crops. There is a great demand for organic products in the state of Pará, especially in agricultural production, so it is necessary to analyze the effects of using these inputs to fertilize the production of fruit. The objective of this research was to evaluate the effect of doses of compost associated with dolomitic limestone on the biometry, nutritional and physiological state of açazeiro plants in organic farming, contributing to sustainability in the Amazon. The experiment was conducted in the municipality of Santo Antônio do Tauá/PA (1°9'7" S, 48°7'44"W), in the community of Campo Limpo (1°2'S, 48°10'W). The experimental design used was randomized blocks in a 7x2 factorial scheme, with factor 1 being the six doses of organic compost (2, 4, 6, 8, 10 and 12 kg) and factor 2, the conditions of absence and presence of liming. The control treatment consisted only of chemical fertilization. There was therefore a total of fourteen treatments distributed over six replications, resulting in 84 experimental units, in which each experimental plot had two BRS PAIDÉGUA açazeiro plants. Dolomitic limestone (PRNT 98.45 %) was used, and the organic compost came from the composting process of the following waste: poultry litter, agro-industrial waste from crops such as andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.), boiler ash, cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*), murumuru (*Astrocaryum murumuru*) and priprioca (*Cyperus articulatus* L.). Biometric, nutritional and physiological variables were assessed. The data was subjected to the necessary assumptions, analysis of variance (ANOVA) and test of means. In general, the organic compost provided the best results when the 8 and 10 kg doses were combined with liming, i.e. the organic nutritional management provided important effects on the biometric, nutritional and physiological variables. Therefore, this research showed that the reuse of agro-industrial waste, in the form of organic compost, together with the use of corrective practices (liming) favored the growth, nutrition and physiology of the açazeiro, contributing to a low-cost and sustainable production alternative for the açazeiro in the Amazon.

**KEYWORDS:** *Euterpe oleracea* Mart; Composting; Fruit growing; Mineral Nutrition; Corrective Practice.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Localização do experimento em Santo Antônio do Tauá, Pará, Brasil. .....	44
Figura 2. Variáveis biométricas Altura do Estipe, Circunferência do Estipe, Circunferência à Altura do Peito e Número de Folhas de plantas de açaizeiro em função dos tratamentos. .....	52
Figura 3. Variação do conteúdo relativo de clorofila (índice SPAD) em plantas de açaizeiro. .....	60
Figura 4. Matriz de Correlação de Pearson entre as variáveis Altura do Estipe (AE), Circunferência do Estipe (CE), Circunferência à Altura do Peito (CAP), Número de Folhas (NF), Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Enxofre (S), Boro (B), Ferro (Fe), Manganês (Mn), Conteúdo Relativo de Clorofila (SPAD), Assimilação Líquida de CO <sub>2</sub> (A), Condutância Estomática ao Vapor d'água ( $g_s$ ), Transpiração (E), Concentração Intercelular de CO <sub>2</sub> (Ci), Eficiência instantânea o Uso da Água (A/E) e Eficiência Intrínseca de Carboxilação (A/Ci). .....	64
Figura 5. Componentes principais em função dos tratamentos e das variáveis Altura do Estipe (AE), Circunferência do Estipe (CE), Circunferência à Altura do Peito (CAP), Número de Folhas (N.Folhas), Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Enxofre (S), Boro (B), Ferro (Fe), Manganês (Mn), Conteúdo Relativo de Clorofila (SPAD), Assimilação Líquida de CO <sub>2</sub> (A), Condutância Estomática ao Vapor d'água ( $g_s$ ), Transpiração (E), Concentração Intercelular de CO <sub>2</sub> (Ci), Eficiência instantânea no Uso da Água (A/E) e Eficiência Intrínseca de Carboxilação (A/Ci). em plantas de açaizeiro.. .....	65
Quadro 1. Descrição dos tratamentos. .....	49



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição química de diferentes resíduos com valores máximos e mínimos, utilizados para a adubação ou formulação de adubos orgânicos em diferentes literaturas. .....	24
Tabela 2. Atributos químicos e físicos do solo (camada 0-20 cm) de duas amostras compostas da área experimental. .....	45
Tabela 3. Caracterização físico-química do composto orgânico utilizado para a composição dos tratamentos aplicados. .....	47
Tabela 4. Concentrações médias, desvio padrão e coeficiente de variação de macronutrientes primários e secundários em folhas de açaizeiro, em função dos tratamentos. .....	55
Tabela 5. Concentrações em média, desvio padrão e coeficiente de variação de micronutrientes em folhas de açaizeiro, em função dos tratamentos. .....	58
Tabela 6. Médias, desvio padrão e coeficiente de variação da taxa de assimilação líquida de CO <sub>2</sub> (A), condutância estomática ao vapor d'água (g <sub>s</sub> ), transpiração (E) em plantas jovens de açaizeiro sob doses de adubação orgânica, na presença e ausência de calagem .....	61
Tabela 7. Médias, desvio padrão e coeficiente de variação da concentração intercelular de CO <sub>2</sub> (C <sub>i</sub> ), eficiência instantânea no uso da água (A/E) e eficiência intrínseca de carboxilação (A/C <sub>i</sub> ) em plantas jovens de açaizeiro sob doses de adubação orgânica, na presença e ausência de calagem. .....	62
Tabela 8. Caracterização físico-química do composto orgânico utilizado para a composição dos tratamentos aplicados no ano de 2022. .....	75

## LISTA DE ABREVIÇÕES E SIGLAS

ACP	Análise de componentes principais
AE	Altura do estipe
A	Assimilação líquida de CO <sub>2</sub>
Al	Alumínio
ATP	Adenosina trifosfato
<i>A/Ci</i>	Eficiência intrínseca de carboxilação
<i>A/E</i>	Eficiência instantânea no uso da água
B	Boro
Ca	Cálcio
CAP	Circunferência à altura do peito
CE	Circunferência do estipe
<i>Ci</i>	concentração intercelular de CO <sub>2</sub>
Cl	Cloro
CNPO	Cadastro Nacional de Produtores Orgânicos
CO <sub>2</sub>	Gás carbônico
CTC	Capacidade de troca de cátions
Cu	Cobre
DNA	Ácido desoxirribonucleico
Ds	Densidade
<i>E</i>	Transpiração
Fe	Ferro
<i>g<sub>s</sub></i>	Condutância estomática ao vapor d'água
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
K	Potássio
IFOAM	Forschungsinstitut für biologischen landbau
Mg	Magnésio
Mn	Manganês
Mo	Molibdênio
MO	Matéria orgânica
MOS	Matéria orgânica do solo
M%	Saturação por alumínio
N	Nitrogênio
NADPH	Nicotinamida Adenina Dinucleotídeo Fosfato
NF	Número de folhas
P	Fósforo
PCZ	Ponto de carga zero
pH	Potencial hidrogeniônico
RNA	Ácido ribonucleico
S	Enxofre
SB	Soma de bases
V%	Saturação por bases
Zn	Zinco

## SUMÁRIO

1. CONTEXTUALIZAÇÃO.....	13
1.1 REVISÃO DE LITERATURA.....	15
1.1.1 Açaizeiro ( <i>Euterpe oleracea</i> Mart.) .....	15
1.1.1.1 Aspectos gerais .....	15
1.1.1.2 Importância econômica do açaizeiro .....	16
1.1.2 Estado nutricional de plantas.....	17
1.1.2.1 Efeito dos nutrientes no mecanismo fisiológico e crescimento de plantas .....	18
1.1.2.2 Macronutrientes .....	19
1.1.2.3 Micronutrientes.....	20
1.1.3 Produção orgânica .....	21
1.1.3.1 Produção de resíduos orgânicos .....	22
1.1.3.2 Caracterização e disponibilidade de nutrientes de diferentes resíduos orgânicos .....	24
1.1.3.3 Ciclagem de nutrientes, biodiversidade amazônica e mudanças climáticas.....	24
1.1.4 A Calagem nos solos amazônicos .....	25
1.1.5 Compostagem e matéria orgânica do solo .....	26
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	27
2. DESEMPENHO AGRONÔMICO DO AÇAIZEIRO SOB DOSES DE COMPOSTO ORGÂNICO ASSOCIADO AO USO DE CALCÁRIO AGRÍCOLA.....	41
2.1 INTRODUÇÃO .....	41
2.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	43
2.2.1 Caracterização da área de estudo.....	43
2.2.2 Coleta e preparo de amostras de solo .....	44
2.2.3 Caracterização do composto orgânico.....	45
2.2.4 Calagem e adubação .....	47

2.2.5	Avaliações biométricas .....	48
2.2.6	Teor nutricional no tecido vegetal .....	48
2.2.7	Conteúdo de clorofilas .....	48
2.2.8	Trocas gasosas .....	48
2.2.9	Delineamento experimental .....	49
	Fonte: Autor (2024).....	49
2.2.10	Condução do experimento e Análise de dados .....	49
2.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	50
2.3.1	Avaliações biométricas.....	50
2.3.2	Avaliação nutricional no tecido vegetal.....	54
2.3.3	Avaliação do conteúdo relativo de clorofila .....	59
2.3.4	Avaliação de trocas gasosas.....	60
2.3.5	Correlação e Análises de Componentes Principais (ACP) .....	63
	CONCLUSÕES .....	66
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	66
	Material Suplementar .....	75

## 1. CONTEXTUALIZAÇÃO

O açazeiro (*Euterpe oleracea* Mart) é uma espécie pertencente à família das palmeiras (Arecaceae) nativa e muito popular na Amazônia devido às suas características ricas e produção de frutos utilizados como alimento pela população local (Araújo *et al.*, 2016; Oliveira *et al.*, 2019). Essa frutífera se desenvolve em vários tipos de solo e encontra-se naturalmente em áreas sujeitas a inundações, bem como em solos de terra firme (Oliveira *et al.*, 2017).

O cultivo dessa palmeira na Amazônia normalmente ocorre em Latossolos Amarelos com baixa fertilidade química natural, sendo o manejo nutricional essencial para alcançar a máxima produtividade (Lindolfo *et al.*, 2020). A eficiência no cultivo do açazeiro está diretamente relacionada à necessidade de identificar quais nutrientes são mais limitantes para o seu desenvolvimento. Por isso, compreender a importância da nutrição mineral adequada para essa frutífera é fundamental, visto que práticas nutricionais inadequadas podem restringir a produtividade desse valioso fruto amazônico (Viégas *et al.*, 2009).

Com relação à produção e o consumo do fruto do açazeiro, entre os anos de 2015 a 2021, cresceram de forma demasiada, ultrapassando cerca de 1.400.000 toneladas em 2021 (EMBRAPA, 2023). No que diz respeito à produção agrícola orgânica, países em desenvolvimento estão consumindo produtos orgânicos com o intuito de melhorar a qualidade de vida (Roy *et al.*, 2022), Isso ocorre atualmente devido a uma grande procura por alimentos orgânicos não apenas no estado do Pará, mas em todo o território brasileiro (Lima *et al.*, 2020), especialmente na produção de frutíferas.

Em relação à ocorrência de solos na região amazônica, estes abrangem em cerca de 70% Latossolos e Argissolos e em pequenas expressões, Plintossolos, Nitossolos, Neossolos, Espodossolos e Cambissolos (Rodrigues *et al.*, 2010). Os ambientes fisiográficos que predominam são áreas de terra firme (cerca de 80%) e várzea (Moreira & Fageria, 2009; Lima *et al.*, 2006). No caso dos solos de terra firme, estes são considerados como de baixa fertilidade natural, baixa capacidade de troca de cátions (CTC) e pH ácido.

Esta acidez, além de baixos teores de nutrientes, estão relacionados as características dos solos tropicais brasileiros, dado as adversidades nas suas propriedades químicas, um dos três pilares da qualidade do solo, pois são altamente intemperizados com mineralogia majoritariamente constituída de (hidro) óxidos de Fe (hematita ou goethita), Al (gibbsite) e caulinita na fração argila, e quartzo na fração areia, sendo que estes minerais possuem baixa capacidade de troca de cátions, alto ponto de carga zero (PCZ) e baixa reserva de nutrientes, não atendendo as demandas nutricionais das plantas (Fontes & Alleoni, 2006; Hartemink,

2002).

Uma alternativa no manejo agrônômico para a correção de acidez do solo é a calagem, prática de grande importância uma vez que eleva o pH do solo e, conseqüentemente, aumenta a disponibilidade de nutrientes essenciais. Além disso, esta prática ajuda a reduzir a toxicidade do  $Mn^{2+}$  e  $Al^{3+}$ , resultando em um maior crescimento de plantas em áreas de cultivo com solos predominante ácidos (Campos *et al.*, 2022; Jiang *et al.*, 2018; Zhang *et al.*, 2020).

Nesse contexto, o crescimento populacional preocupante e a produção de alimentos apresentam grandes desafios a serem enfrentados no porvir (Myers *et al.*, 2017). Por isso, a demanda por altas produtividades agrônômicas aliada a qualidade ambiental evidencia o papel crucial da matéria orgânica do solo (MOS) na sustentabilidade agrícola em agroecossistemas (USDA-NRCS, 2023). Conforme conceitos recentes, o manejo eficiente da MOS constitui o método mais efetivo para melhorar a qualidade do solo (ou seja, a saúde do solo), assegurando funções importantes neste recurso natural e serviços ecossistêmicos relacionados, bem como a nutrição das culturas agrícolas (Adhikari & Hartemink, 2016; Bünemann *et al.*, 2018; USDA-NRCS, 2023).

Alinhado ao crescimento populacional, têm-se um aumento significativo na geração de resíduos de toda ordem. A nível mundial, verifica-se a produção de dois bilhões de toneladas de resíduos todos os anos, e em 2050, haverá um aumento na geração de resíduos sólidos urbanos em cerca de 70% em todo o mundo, chegando a 3,4 bilhões de toneladas (Kaza *et al.* 2018).

A nível global, a produção de biomassa de resíduos agrícolas é cerca de 3.700 a 5.100 milhões de toneladas métricas, sem descarte adequado e queimado em terras agrícolas abertas reproduzindo poluentes bastante nocivos para a atmosfera (Singh; Sarkar, 2023). Trata-se da importância do uso assertivo dos resíduos orgânicos como forma de reduzir efeitos negativos no ambiente, sendo o Brasil uma nação com enorme potencial para a geração de recursos renováveis (Lima Mesquita *et al.*, 2018).

Considerando o exposto, compreende-se a fruticultura orgânica como solução viável do ponto de vista econômico e ecologicamente correta, uma vez que nos dias de hoje preservar o meio ambiente é tarefa fundamental (Trindade *et al.*, 2010). De acordo com a Federação Internacional de Movimentos Agrícolas Orgânicos, a Suíça tem o maior consumo per capita de alimentos orgânicos, os Estados Unidos têm o maior mercado consumidor (49,5 bilhões de Euros), a Índia tem o maior número de produtores (1.599.010), a Austrália tem a maior área plantada (35,7 milhões de hectares) (IFOAM, 2021). Atualmente no Brasil, o Cadastro Nacional de Produtores Orgânicos (CNPO) registra um total de 24.833 produtores orgânicos (BRASIL,

2023).

Na conjuntura da produção de frutos de açaí em áreas de terra firme, o uso intenso de insumos agrícolas pode impactar de forma negativa, sendo isto atribuído à diminuição da sustentabilidade de produção dos frutos (Campbell *et al.*, 2018). A agricultura orgânica oportuniza melhoria na fertilidade do solo a qual quando ligada ao uso do composto orgânico como forma de fertilizar o solo, propicia práticas de reciclagem de resíduos orgânicos, por meio da compostagem, em que os microrganismos transformam substratos orgânicos complexos em um material estável e humificado que desempenham um papel importante para a fertilidade do solo (assegurando maior CTC e adsorção de nutrientes no solo) e para o desenvolvimento das plantas (Silva, 2023; Yang *et al.*, 2019; Yu *et al.*, 2019).

São muitos os benefícios do uso do adubo orgânico como condicionante de solo, visto que os solos que recebem este insumo apresentam benefícios relacionados a agregação do solo, macro e microporosidade favorecendo a aeração e maior retenção de água, respectivamente, bem como proporcionando disponibilidade de água, macro e micronutrientes essenciais, melhorias no pH, na Capacidade de troca de cátions, poder tampão do solo e complexação de metais pesados (Melo; Alleoni, 2019).

Portanto, essa pesquisa teve o intuito de avaliar o efeito de doses de composto associado ao calcário dolomítico na biometria, estado nutricional e fisiológico de plantas de açaizeiro em cultivo orgânico, contribuindo para a sustentabilidade em frutíferas na Amazônia.

## **1.1 REVISÃO DE LITERATURA**

### **1.1.1 Açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart.)**

#### **1.1.1.1 Aspectos gerais**

O açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart) se destaca dentre as principais espécies do gênero *Euterpe* Mart existentes no Brasil devido ao seu relevante rendimento de frutos e outros produtos oriundos dessa palmeira (Ximenes *et al.*, 2020). Além disso, pertence à família *Arecaceae* Schultz Sch, ocorrendo na Amazônia ocidental e central brasileira dentro das fronteiras da Amazônia do Peru, Brasil, Colômbia e Bolívia (Bussmann & Zambrana 2012; Ramos *et al.*, 2019). Essa família abrange aproximadamente 200 gêneros e 2.600 espécies, dentre as quais, além do açaizeiro, têm o coqueiro (*Cocos Nucifera*), o Dendezeiro (*Elaeis guineensis*) e a pupunheira (*Bactris gasipaes*) (Vianna, 2020; Viégas *et al.*, 2023).

Este fruto amazônico (açaí) dispõe de grande importância à saúde humana devido ao seu alto teor de compostos bioativos, antioxidantes, antocianinas, proantocianidinas e

flavonoides (Jesus, *et al.*, 2020; Silva *et al.*, 2019). Caracterizado como baga preta-púrpura, de acordo com a ordem Cronquist, sendo classificado como Magnoliophyta ou dicotiledônea (Classe: *Liliopsida*; Subclasse: *Areceidae*; Ordem: *Arecales*; Família: *Areceaceae*; Subfamília: *Arecoideae* – *Euterpe oleracea* Mart.) (Buratto *et al.*, 2021).

A semente do açaí tem um aspecto oleaginoso com endosperma sólido ou ruminado, se ligando a um tegumento, o qual possui celulose, hemicelulose e lignina, sendo globosos ou elipsoides (1 a 2 cm de diâmetro) (Pessôa *et al.*, 2019; Vianna, 2020). Como característica natural, a cor negro-púrpura do fruto dessa cultura é relacionada a uma notável concentração de antocianinas e flavonoides, sendo estes compostos benéficos para a saúde humana (Zavarize; Oliveira, 2021).

As espécies centrais de açazeiro no cenário amazônico são: *Euterpe oleracea* a qual pode apresentar cerca de 25 estipes por touceira e chegar a 25 metros de altura e diâmetro de 9 a 16 cm, sendo chamada, entre outros nomes, de “açazeiro de touceira” e “açai-do-pará”. Também, têm-se a *Euterpe precatoria* que se desenvolve por meio de um único estipe podendo chegar a 30 metros de altura, conhecida como “açai solteiro” e “açai do mato” (IPAM, 2018; Neves *et al.*, 2022; Tavares *et al.*, 2022).

No que diz respeito à botânica do açazeiro, é caracterizado como uma planta cespitosa, apresentando caules eretos ou inclinados, folhas pinadas, planas e arqueadas, inflorescência infrafoliares com pedúnculo, bráctea peduncular, raque e ráquulas (Vianna, 2020). Os estipes de plantas adultas são cilíndricos, cinza, apresentando líquens. Ademais, apresentam de 8 a 14 folhas por estipe, estas folhas são compostas, pinadas e arranjo espiralado, com 40 a 80 pares de folíolos podendo ser pendentes em plantas adultas ou levemente horizontais em plantas jovens (Oliveira *et al.*, 2000).

As flores do açazeiro são unissexuadas na mesma inflorescência, sendo dispostas em tríades e estaminadas ou pistiladas, contendo sépalas e pétalas triangulares e ovadas, sendo que na Amazônia, o açazeiro floresce e frutifica durante o ano completo, porém com “pico” de frutificação entre os meses de setembro e dezembro (Oliveira *et al.*, 2000; Vianna, 2020). O Sistema radicular é caracterizado como fasciculado, contendo estruturas anatômicas e morfológicas especiais, como lenticelas e aerênquimas, além de raízes de pernilongos (Oliveira *et al.*, 2000; Oliveira *et al.*, 2017).

#### 1.1.1.2 Importância econômica do açazeiro

Atualmente, o Brasil é o maior produtor mundial de açaí sendo o estado do Pará, no



Norte, o “player” mundial e nacional na produção deste fruto, por meio do extrativismo praticado pela população amazônica (Cruz *et al.*, 2015; Lima *et al.*, 2015; Oliveira *et al.*, 2017; Tavares *et al.*, 2022). Com relação ao mercado interno brasileiro, em virtude da crescente demanda de mercado, impulsionada por seu alto valor nutricional, propriedades antioxidantes e médicas, o açaí passou a ser consumido nas grandes capitais brasileiras, além de movimentar o mercado externo, sendo exportado para o continente Europeu e países como Estados Unidos, Japão, China (Barros *et al.*, 2022; Tavares *et al.*, 2022).

Essa demanda nacional e internacional por suco de açaí tem motivado o aumento do cultivo em áreas irrigadas (Lindolfo *et al.*, 2020). Essa palmeira é naturalmente encontrada em ecossistema de “várzea” e em ecossistema de “igapós” (Oliveira *et al.*, 2017). A domesticação da espécie, como as cultivares BRS-Pará e BRS-Pai d’égua, adaptada às condições de “terra firme” (isto é, em áreas irrigadas), propiciou o seu cultivo em larga escala (EMBRAPA, 2019; Homma *et al.*, 2006). Entre 2010 e 2022, a expansão da área cultivada com açazeiro em áreas de terra firme na região amazônica e no Brasil atingiu aproximadamente 675%, graças à implementação de técnicas de manejo apropriadas (EMBRAPA, 2023).

O costume de consumo do açaí é originário de comunidades ribeirinhas amazônicas, as quais o fazem como princípio básico de alimentação (Amorim *et al.*, 2023; Freitas *et al.*, 2015). Sendo, portanto, parte da identidade cultural, além de envolver aspectos sociais e econômicos para essa população, a qual faz este consumo diariamente (Boeira *et al.*, 2020; Sousa; Barros, 2018). A cadeia produtiva do açaí engloba muitos segmentos do setor agrícola, como extrativistas, produtores e intermediários, chegando à indústria de beneficiamento e batedores artesanais o que é fundamental para propiciar renda (Tavares *et al.*, 2022).

### **1.1.2 Estado nutricional de plantas**

O estado nutricional das plantas é entendido através dos níveis de nutrientes e da sua ocorrência nos tecidos vegetais, bem como das suas interações que determinam o crescimento, a produtividade e a qualidade na produção de culturas agrícolas (Mattos Jr & Bataglia, 2022). Os nutrientes são elementos químicos muito importantes à vida das plantas, sendo eles essenciais, benéficos e tóxicos (Prado, 2021).

A essencialidade dos nutrientes, proposta por Arnon & Stout em 1939 com uma adequação feita por Epstein & Bloom em 2006, é compreendida quando o elemento satisfaz um ou ambos os seguintes critérios: A) O nutriente é parte de uma molécula que seja componente fundamental da estrutura ou do metabolismo da planta; e B) A planta pode ser intensamente

privada do elemento, exibindo anormalidade em seu crescimento, desenvolvimento ou reprodução, quando comparada com a planta menos privada (Faquin, 2005; Marschner, 2012; Malavolta, 2006; Prado, 2021; Van Raij, 2011).

Elemento benéfico é definido como aquele que estimula o crescimento dos vegetais, não sendo essencial, ou somente o é para certas espécies sob determinadas condições (Faquin, 2005; Marschner, 2012; Malavolta, 2006; Prado, 2021). Elemento tóxico é aquele absorvido em excesso ou que não se enquadra como nutriente ou elemento benéfico e que, mesmo em baixas concentrações no ambiente, pode ter um alto potencial nocivo, reduzindo o crescimento e a produção e podendo levar à morte da planta (Faquin, 2005; Marschner, 2012; Malavolta, 2006; Prado, 2021).

Os nutrientes que ocorrem em teores mais altos nas plantas são compreendidos como macronutrientes, sendo divididos em primários: Nitrogênio (N), Fósforo (P) e Potássio (K); e secundários: Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Enxofre (S). Os que aparecem em teores menores nas plantas são entendidos como micronutrientes: Boro (B), Cloro (Cl), Cobre (Cu), Ferro (Fe), Manganês (Mn), Zinco (Zn) e Molibdênio (Mo) (Van Raij, 2011). Assim, cada um destes elementos tem funções específicas nas espécies vegetais (Dechen & Nachtigall, 2007).

Em pesquisa desenvolvida por Ribeiro (2017), avaliando plantas adultas de açazeiro fertirrigados, pelo sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS), foi possível verificar que os elementos N e S foram os mais balanceados por esse manejo. Viégas *et al.* (2022) avaliando o índice de distribuição dos nutrientes no tecido foliar do açazeiro, verificou que a quinta folha é a mais adequada para o diagnóstico nutricional dessa palmeira.

Cordeiro (2011), também estudando a cultura do açazeiro no Estado do Pará, em latossolo amarelo de textura média, com idade de sete anos, no espaçamento 5x5, três estipes por touceira e consorciada com essência florestal, verificou-se, nos folíolos e estipe, a seguinte ordem decrescente de extração de macro e micronutrientes, respectivamente: N>K>Ca>S>P>Mg; Mn>Fe>Zn>B>Cu.

#### 1.1.2.1 Efeito dos nutrientes no mecanismo fisiológico e crescimento de plantas

Os elementos essenciais desempenham um papel fundamental no metabolismo e no funcionamento normal das plantas, logo, a deficiência nutricional de um elemento essencial resulta em distúrbios metabólicos (Taiz *et al.*, 2017). Haja vista que os nutrientes minerais participam da síntese de moléculas orgânicas essenciais, como aminoácidos e proteínas, e o desequilíbrio de nutrientes pode afetar muitos processos biológicos. Nesse contexto, a carência

de quaisquer nutrientes minerais impede o crescimento das plantas, o que também tem associação direta com o potencial de produção (Bhattacharya, 2021).

#### 1.1.2.2 Macronutrientes

O N é o constituinte principal de proteínas, ácidos nucléicos, coenzimas, componentes da membrana, clorofila, além de metabolitos orgânicos como aminoácidos, amins, fitohormônios e metabolitos secundários. Este elemento atua no desenvolvimento da parte aérea e a floração, crescimento das folhas e arquitetura das raízes. Sintomas contrários são observados quando há baixo teor de nitrogênio devido à diminuição da divisão celular e expansão. Além de clorose nas folhas em razão da redução da síntese de clorofila ou à quebra das proteínas de clorofilas dos fotossistemas (Bang *et al.*, 2021).

O P é um elemento estrutural de biomoléculas essenciais envolvidas no metabolismo energético (ATP, NADPH), de ácidos nucléicos (DNA, RNA) e de fosfolipídios nas membranas celulares (Bang *et al.*, 2021). Este nutriente também é essencial para o desenvolvimento radicular, formação de flores, sementes e maturação de frutos e melhoria do vigor de plantas (Malhotra *et al.*, 2018).

O K atua na regulação de processos osmóticos, ativação de enzimas e transporte de nutrientes. Ademais, está envolvido no desenvolvimento geral da planta, fortalecimento da resistência a doenças e estresse abióticos como temperaturas extremas, salinidade, estresse hídrico e toxicidade por metais pesados e regulação do equilíbrio osmótico (Johnson *et al.*, 2022; Sardans & Peñuelas, 2021).

O Ca é essencial para estabilização das paredes celulares, atua como um mensageiro secundário em muitas vias de sinalização, afetando a divisão celular, a alongação do caule e a manutenção da integridade estrutural da planta, permitindo que as plantas regulem os processos de desenvolvimento em resposta a estímulos ambientais (Hawkesford *et al.*, 2012; Kour *et al.*, 2023).

O Mg auxilia no crescimento e desenvolvimento da planta, é o componente central da molécula de clorofila, ou seja, com forte influência na fotossíntese. Contribui para a formação de ATP, participando do metabolismo energético, sendo essencial para a síntese de ácidos nucleicos, além de atenuar os efeitos de estresses bióticos e abióticos (Chen *et al.*, 2018; Guo *et al.*, 2016; Tian *et al.*, 2021).

O S é componente de aminoácidos, vitaminas e coenzimas, clorofila que permite a fotossíntese, está envolvido na síntese de proteínas e, portanto, é essencial para o crescimento

e desenvolvimento e qualidade das plantas (Narayana *et al.*, 2023; Zenda *et al.*, 2021).

### 1.1.2.3 Micronutrientes

O B participa na regulação da integridade estrutural e de membrana da parede celular e membrana plasmática, mobilidade de íons através da membrana, divisão e alongamento celular, crescimento reprodutivo, como a formação de pólen, a retenção de flores, o crescimento ou germinação do tubo polínico, atua também na síntese de biomoléculas como carboidratos e proteínas, metabolismo de fenóis e auxinas, fixação de nitrogênio, resistência a doenças e manejo do estresse abiótico (Camacho-Cristóbal *et al.*, 2008; Hänsch; Mendel, 2009; Kohli *et al.*, 2023). Na cultura do açaizeiro, este elemento é fundamental, o que fica evidente quando se investiga os sintomas de deficiência bem como a redução de altura e diâmetro das plantas (Viegas *et al.*, 2008; Viegas *et al.*, 2009). Na palma de óleo e na cultura do coqueiro, folhas deformadas e enrugadas além de menor produtividade são variáveis atribuídas à deficiência de B (Viegas *et al.*, 2004).

Nas plantas, o Fe está envolvido na síntese de clorofila, sendo essencial para a manutenção da estrutura e função dos cloroplastos. Este elemento é essencial no sistema de transporte de elétrons e construção de aglomerados e aparato fotossintético, demonstrando que o ferro está diretamente envolvido na atividade fotossintética das plantas e, por consequência, em sua produtividade (Rout; Sahoo, 2015; Zhang *et al.*, 2019).

O Mn está envolvido em processos metabólicos como respiração, fotossíntese, síntese de aminoácidos, cofator enzimático e ativação hormonal, sendo assim, contribui para o rendimento da cultura (Millaleo *et al.*, 2010; Rashed *et al.*, 2019).

O Zn desempenha um papel fundamental na promoção do crescimento adequado das plantas e na produção de frutos saudáveis. Além disso, é essencial para a atividade da enzima carbônica, encontrada em todos os tecidos que realizam fotossíntese e é vital para a formação de clorofila. Atua na síntese de proteínas, ativação de enzimas, reações de oxidação e revitalização e metabolismo de carboidratos (Mousavi *et al.*, 2013; Nandal; 2021).

O Cu é um constituinte estrutural de proteínas reguladoras e possui papel chave ao participar da respiração mitocondrial, metabolismo da parede celular, transporte de elétrons fotossintéticos, respostas ao estresse oxidativo, síntese de proteínas, lignina contribuindo para a resistência contra a penetração de patógenos, sinalização hormonal e sensoriamento de etileno e atua no desenvolvimento reprodutivo das plantas (Pandey, 2018; Shabbir *et al.*, 2020).

O Mo atua como cofator, estima-se que cerca de 30 enzimas que catalisam reações de

oxidação-redução contêm um cofator de molibdênio na sua estrutura. Este micronutriente é um cofator essencial da enzima nitrato redutase, enzima primordial para a síntese de proteína, além disso, auxilia na fixação simbiótica de N<sub>2</sub> e atua no desenvolvimento reprodutivo das plantas e na produção de sementes (Pandey, 2018; Rahman *et al.*, 2020).

As funções fisiológicas do Cl em plantas superiores incluem regulação osmótica, regulação estomática, evolução do oxigênio na fotossíntese, resistência e tolerância a doenças. Ademais, a adubação de cloro pode melhorar a qualidade dos frutos, influenciar a concentração de proteína nos grãos (Chen *et al.*, 2010; Geilfus, 2018).

### 1.1.3 Produção orgânica

A definição atual de agricultura orgânica perpassa pela união de diferentes ideias que surgiram em alguns países de língua alemã e inglesa no início do século XX, no âmbito em que a agricultura enfrentava uma crise de degradação do solo e má qualidade dos alimentos devido ao uso demasiado de insumos químicos e aumento da mecanização, atingindo um grande público a partir de 1970 (Lima *et al.*, 2020). A partir daí, a produção e o consumo de bebidas e alimentos orgânicos no mundo tem aumentado de forma significativa, sobretudo em países como Estados Unidos, Alemanha, França e China (Willer e Lernoud, 2017; Willer *et al.*, 2024).

De acordo com os relatórios “The World of Organic Agriculture Statistics and Emerging Trends”, nos anos de 2017 e 2019, ocorreu um aumento na área de produção orgânica mundial, de 50,9 milhões de hectares em 2015, para 69,8 milhões de hectares em 2017. Na América Latina, houve o manuseio 8 milhões de hectares, 11% da área de produção orgânica mundial. O Brasil representa 0,4%, totalizando 1.136.857 hectares (FIBL; IFOAM, 2017; 2019).

No âmbito da produção orgânica, conforme dados da Federação Internacional de Movimentos Agrícolas Orgânicos, Suíça, Dinamarca e Luxemburgo são os maiores consumidores per capita de alimentos orgânicos. Estados Unidos, Alemanha e França são os países que mais movimentam o mercado consumidor (77,2 bilhões de Euros), Índia, Etiópia e Tanzânia são os maiores produtores (2.782.759), a Austrália, seguida de Argentina e Uruguai são países com maior área plantada (42,9 milhões de hectares) (IFOAM, 2021).

Nos dias de hoje, verifica-se a necessidade de compreensão global no que diz respeito à mudança para modos de vida mais sustentáveis como forma de garantir a subsistência, bem como saúde e o desenvolvimento humano das gerações futuras (Capatina *et al.*, 2017; Mkhize & Ellis, 2020). A atenção com a saúde, estilo de vida e a preocupação socioambiental motivam a busca por orgânicos (Soroka & Wojciechowska-solis, 2019). As discussões atuais refletem

diversas possibilidades, buscando alternativas para a transição para uma economia que esteja em harmonia com a fronteira ecológica, sendo isto uma das maiores questões dos tempos atuais (Brown & Vergragt, 2016).

No Brasil, a Lei que regulamenta a produção orgânica é a 10.831/2003 que em seu primeiro artigo define o sistema orgânico de produção:

Todo aquele em que se adotam técnicas específicas, mediante a otimização do uso dos recursos naturais e socioeconômicos disponíveis e o respeito à integridade cultural das comunidades rurais, tendo por objetivo a sustentabilidade econômica e ecológica, a maximização dos benefícios sociais, a minimização da dependência de energia não-renovável, empregando, sempre que possível, métodos culturais, biológicos e mecânicos, em contraposição ao uso de materiais sintéticos, a eliminação do uso de organismos geneticamente modificados e radiações ionizantes, em qualquer fase do processo de produção, processamento, armazenamento, distribuição e comercialização, e a proteção do meio ambiente (BRASIL, 2003).

A portaria nº 52 de 2021 estabelece o Regulamento Técnico para os Sistemas Orgânicos de Produção e as listas de substâncias e práticas para o uso nos Sistemas Orgânicos de Produção (BRASIL, 2021).

Os produtores orgânicos no Brasil estão divididos em dois grupos: agricultores ligados a associações e movimentos sociais, os quais são responsáveis por cerca de 70% da produção de produtos orgânicos no país (Terrazzan & Valarini, 2009). A produção de frutas tropicais orgânicas no país é cerca de 71.728 toneladas, estando abaixo da média de países importantes como China (732.988,8 toneladas), Índia (603.197,8), Espanha (196.836,5 toneladas) e Itália (181.236 toneladas) (ABREU *et al.*, 2021). Porém, é visível a crescente produção de frutos tropicais brasileiro, já sendo maior que de países como Estado Unidos e México.

Quanto a ocupação pela produção orgânica em áreas agrícolas no país, conforme dados do FiBL/IFOAM, estima-se cerca de 1,3 milhão de hectares da área agricultável brasileira. Além de 1,7 milhão de terras consideradas orgânicas utilizadas para apicultura e extrativismo, para a produção de castanhas, açaí, palmito, plantas medicinais e aromáticas, embora haja pouca informação disponível que explore tais produtos (Abreu *et al.*, 2021; Willer, Trávnicek e Schlatter, 2021).

### 1.1.3.1 Produção de resíduos orgânicos

Atualmente, a agricultura enfrenta inúmeros desafios, incluindo a necessidade de lidar de forma eficiente com a crescente quantidade de resíduos gerados por diferentes atividades (Dussadee & Ramaraj, 2023). Além disso, o contínuo desenvolvimento agrícola, o crescente

aumento populacional e a retirada considerável de nutrientes são problemas à manutenção da fertilidade dos solos, uma vez que isto depende em grande parte da fertilização inorgânica, utilizando fontes não renováveis, ou quando a reutilização de resíduos orgânicos não é considerável (Möller *et al.*, 2018; Otsuka & Fan, 2021).

Resíduos provenientes da atividade agrícola são, basicamente, compostos orgânicos dispensados pelos seres humanos durante a prática agrícola. Eles englobam diversos elementos, como restos de culturas, esterco animal, subprodutos da indústria agrícola e demais compostos orgânicos (Dussadee & Ramaraj, 2023; Liu, 2017; Manmai *et al.*, 2021; Obey *et al.*, 2022). Na área da Bioeconomia, a economia circular busca compreender a redução da quantidade de resíduos (Santana, 2020), ligada à sustentabilidade, que engloba a harmonia entre os fatores econômicos, sociais e ambientais (Parada *et al.*, 2017).

Na perspectiva dos princípios da economia circular, a gestão sustentável dos resíduos das culturas pode ser otimizada para evitar desperdícios e formas incorretas de utilização dos recursos, avançando em condutas mais eficientes ao ambiente e economicamente viáveis para o gerenciamento correto dos resíduos agrícolas (Yrjälä *et al.*, 2022). Além disso, essa prática assertiva propicia a redução das emissões de carbono e gases de efeito estufa, seguindo as metas do acordo de Paris até 2050, com forte atribuição, também, da agricultura como corresponsável à transformação para sociedades mais sustentáveis (Bender *et al.*, 2016; Dumortier *et al.*, 2020; Yang *et al.*, 2021).

Nos Estados Unidos, resíduos com origem industrial, alimentar e agrícola excedem 300 milhões de toneladas (Mt), na China foram produzidos 1,75 bilhões de toneladas de resíduos orgânicos em 2013, sendo 56% resíduos agroindustriais e na Índia, cerca de 350 Mt de resíduos orgânicos foram produzidos, constituindo cerca de 14,85 Mt de nutrientes de origem orgânica (Dai *et al.*, 2018; FOOD WASTE, 2014; Singh *et al.*, 2015). De acordo com dados da FAOSTAT 2018, o Brasil está entre os maiores produtores de carne (38 Mt), frutas (laranja, maçã, banana e uva) (27 Mt), algodão (1,128 Mt) e milho (85,3 Mt). O mundo produz aproximadamente um bilhão de resíduos agrícolas anualmente e a agricultura contribui em torno de um quinto das emissões de gases do efeito estufa (Karić *et al.* 2022).

Portanto, essa alta disponibilidade de resíduos orgânicos possibilita que eles sejam utilizados de diferentes maneiras (Dai *et al.*, 2018). Uma dessas formas é a reutilização de resíduos orgânicos por meio da fertilização orgânica, a qual também é fundamental como condicionadora de solo, melhorando a estrutura e aumentando o conteúdo orgânico do solo, retorno de nutrientes essenciais para o crescimento de plantas, além de reduzir a utilização de fertilizantes químicos e pesticidas (Deng, 2017).

### 1.1.3.2 Caracterização e disponibilidade de nutrientes de diferentes resíduos orgânicos

A utilização de resíduos agrícolas, na adubação, é uma alternativa à fertilização convencional para melhorar e restaurar nutrientes nos solos (Rittl *et al.*, 2018; Van Der Wiel *et al.*, 2019). Para isto, é crucial uma criteriosa caracterização dessas matérias primas a fim de proporcionar o uso mais seguro nas atividades agrônômicas, bem como a devida restauração do fluxo dos nutrientes nos sistemas (Bouwman *et al.*, 2013). No entanto, esta prática (fertilização orgânica) é recurso nutricional pouco comum (Bellarby *et al.*, 2018; Chen *et al.*, 2021).

A caracterização de diferentes matérias primas apresenta grande variação, sendo isso resultante de diversos fatores como: presença de nutrientes, metodologia de calibração dos equipamentos utilizados e tipo de processamento agroindustrial, entre outros (Rao *et al.*, 2014; Souza; Resende, 2014). Esses nutrientes presentes podem ser fornecidos às plantas a depender da quantidade presente, composição e taxa de decomposição dos resíduos (Ordóñez-Fernández *et al.*, 2015).

Na Tabela 1 é possível verificar diferentes resíduos orgânicos, para uso como adubos orgânicos, e suas respectivas composições, vistos em estudos anteriormente realizados.

Tabela 1 – Composição química de diferentes resíduos com valores máximos e mínimos, utilizados para a adubação ou formulação de adubos orgânicos em diferentes literaturas.

Resíduos agrícolas	N	P	K	Ca	Mg	Fontes
	%					
Bagaço de cana	0,27-0,6	0,06-0,1	0,13	0,12	0,06	Rocha <i>et al.</i> (2015); Dotaniya <i>et al.</i> , (2016); Mokomele <i>et al.</i> (2019) Valadão <i>et al.</i> (2011); Aires (2012); Passos, Rezende e Carvalho (2014); Guimarães <i>et al.</i> (2016)
Cama de aviário	4-4,4	2,9-3,7	1,96-3,7	4,7-6,4	0,7-1,15	Kwiaton <i>et al.</i> (2014); Vestergard <i>et al.</i> (2018)
Cinzas de madeira	-	0,18-0,5	1,4-2,91	7,5-12	0,7-5	

Fonte: Autor (2024).

### 1.1.3.3 Ciclagem de nutrientes, biodiversidade amazônica e mudanças climáticas

A ciclagem (e disponibilidade) de Macro e micronutrientes e o aumento no estoque de carbono no solo dependem da qualidade biológica deste solo, ou seja, da pluralidade e atividade microbiana, além da utilização de práticas sustentáveis como o uso de Biochar, resíduos e composto orgânico, que forneçam nutrientes para os microrganismos e para a produção vegetal (Lugtenberg & Kamilova, 2009; Mazzola *et al.*, 2012; Tan *et al.*, 2023; Zhang *et al.*, 2021). A biodiversidade biológica agrícola tem relevância para a agricultura, com variabilidade de



animais, microorganismos e níveis genéticos de espécies nos agroecossistemas. Nesse viés, na amazônia, as comunidades atuais herdaram a agrobiodiversidade indígena e suas práticas de manejo associadas, o que proporcionou considerável conservação da diversidade específica e genéticas das plantas (Emperaire, 2017).

As mudanças climáticas envolvem aumento das temperaturas médias anuais ou sazonais, com alteração nos índices de precipitação e aumento na intensidade, frequência e duração de eventos climáticos extremos, incluindo ondas de calor e secas (Grigorieva *et al.*, 2023). De acordo com o relatório especial referente as Alterações climáticas e Terras, o IPCC (Painel Intergovernamental sobre Alterações Climáticas) comunicou que a segurança alimentar foi afetada negativamente pelas alterações climáticas, sendo uma ameaça ao futuro com o aquecimento global (IPCC, 2019).

Reciclar nutrientes por meio do uso de composto orgânico é uma alternativa fundamental às alterações climáticas, além de fornecer nutrientes importantes para a produção agrícola orgânica (Brock *et al.*, 2021; Dede *et al.*, 2023; Möller, 2018; Wei *et al.*, 2021). Além disso, a produção de frutos de açaí pode ser afetada negativamente por essas alterações climáticas (Tregidgo *et al.*, 2020), sendo, portanto, necessário a utilização de manejos sustentáveis como a incrementação de sistemas agroflorestais para maior resiliência contra eventos climáticos extremos.

#### **1.1.4 A Calagem nos solos amazônicos**

Os solos na região amazônica são naturalmente heterogêneos, uma vez que exibem notórias diferenças na composição do material de origem e dos processos pedogenéticos que deram origem a sua formação (Quesada *et al.*, 2011), como consequência disso, há alterações nos atributos morfológicos, físicos, químicos e mineralógicos dos solos (Lima *et al.*, 2006). A ocorrência de solos nessa região abrange em cerca de 70% Latossolos e Argissolos e em pequenas expressões, Plintossolos, Nitossolos, Neossolos, Gleissolos, Espodossolos e Cambissolos (Rodrigues *et al.*, 2010).

Os ambientes fisiográficos que predominam são áreas de terra firme (cerca de 80%) os quais não apresentam inundações, sendo normalmente profundos e com elevado grau de intemperização, além de solos de várzea que estão à margem dos rios, sujeitos a inundações periódicas (Moreira & Fageria, 2009; Lima *et al.*, 2006). No caso dos solos de terra firme, estes são considerados como de baixa fertilidade natural, baixa CTC e pH ácido.

Nesse contexto, a correção de acidez do solo é uma prática importante, visto que

aumenta o pH do solo, fornece  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$ , reduz a toxicidade do  $\text{Mn}^{2+}$  e  $\text{Al}^{3+}$ , tendo como consequência um melhor crescimento de raízes de plantas em áreas de cultivo onde o solo predominante é considerado ácido (Campos *et al.*, 2022; Jiang *et al.*, 2018; Zhang *et al.*, 2020). Os baixos teores de nutrientes e a acidez estão ligadas as características dos solos tropicais, devido as suas críticas propriedades químicas, um dos três pilares da qualidade do solo, em que esses solos são altamente intemperizados com mineralogia majoritariamente constituída de óxidos de Fe e Al e caulinita (Hartemink, 2002).

Por isso, é por meio da calagem que se faz possível neutralizar a acidez do solo, aumentar a atividade microbiana e a solubilidade de nutrientes da matéria orgânica, melhorando a saúde do solo, acarretando a melhor absorção de nutrientes pelas plantas e promovendo melhor rendimento agrícola (Silveira *et al.*, 2021; Vázquez *et al.*, 2019).

### **1.1.5 Compostagem e matéria orgânica do solo**

A compostagem é um método que estimula e conduz o processo de decomposição aeróbica de resíduos orgânicos de diferentes origens, produzindo (fora do solo) materiais orgânicos parecidos aos humos, sendo o produto obtido compreendido como composto orgânico (Brady & Weil, 2010; Díaz *et al.*, 2021). Ou seja, é um processo que possibilita soluções adequadas para a reutilização de resíduos orgânicos, sendo o produto desse processo utilizado na agricultura (Liu *et al.*, 2020). De acordo com a Instrução Normativa N° 61 de 8 de julho de 2020 do MAPA, a compostagem tem a seguinte definição:

Processo de decomposição biológica controlada dos resíduos orgânicos, efetuado por uma população diversificada de organismos, em condições aeróbias e termofílicas, resultando em material estabilizado, com propriedades e características completamente diferentes daqueles que lhe deram origem (BRASIL, 2020).

A Matéria Orgânica do Solo (MOS) é o material de origem biológica, vivo ou morto que seja possível encontrar no solo (Dick *et al.*, 2019), A MOS é fundamental para melhoria da fertilidade (por ser um “reservatório de nutrientes” e melhorando a CTC) e da qualidade (saúde) dos solos em agroecossistemas, auxiliando na estrutura do solo (agregação do solo), melhorando a sua capacidade de retenção de água e aeração, além de outras propriedades físicas e biológicas (como o aumento de macro e microorganismos que ajudam na mineralização de nutrientes), na produção agrícola sustentável, garantindo qualidade de água, saúde humana, mitigação e adaptação às mudanças climáticas (Adetunji *et al.*, 2020; Brady & Weil, 2010; Dawson & Smith, 2007; Gulhane *et al.*, 2023; Inik *et al.*, 2023; Lal, 2004; Weng *et al.*, 2022;).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, L. S.; SOARES, J. P. G.; WATANABE, M. A. Síntese do panorama global da produção de alimentos orgânicos, In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 59.; ENCONTRO BRASILEIRO DE PESQUISADORES EM COOPERATIVISMO. Brasília, DF. Anais: UnB, 2021.

ADETUNJI, A. T.; NCUBE, B., MULIDZI, R., & LEWU, F. B. Management impact and benefit of cover crops on soil quality: A review. **Soil and Tillage Research**, v. 204, p. 104717, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.still.2020.104717>

ADHIKARI, K.; HARTEMINK, A. E. Linking soils to ecosystem services—A global review. **Geoderma**, v. 262, p. 101-111, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2015.08.009>

AIRES, A. M. **Desenvolvimento de um sistema para o pré-processamento da cama de frangos de corte destinada a biodigestão anaeróbia e compostagem “in-vessel”**. 2012 143 f. Tese (doutorado) Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Jaboticabal, SP 2012

AMORIM, D. S.; AMORIM, I. S.; CHISTÉ, R. C.; FERNANDES, F. A. N.; MARIUTTI, L. R. B.; GODOY, H. T.; MENDONÇA, C. R. B. Non-thermal technologies for the conservation of açai pulp and derived products: A comprehensive review. **Food Research International**, v. 174, n. October 2023

ARAÚJO, F.R.R.; VIÉGAS, I.J.M.; CUNHA, R.L.M.; VASCONCELOS, W.L.F. Nutrient omission effect on growth and nutritional status of assai palm seedlings. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.46, n.4, p.374-382, 2016.

BANG, T. C.; HUSTED, S.; LAURSEN, K. H.; PERSSON, D. P.; SCHJOERRING, J. K. The molecular–physiological functions of mineral macronutrients and their consequences for deficiency symptoms in plants. **New Phytologist**, v. 229, n. 5, p. 2446-2469, 2021. <https://doi.org/10.1111/nph.17074>

BARROS, L. S.; SILVA, E. R. R.; MACIEL, M. D. N. M.; MELO, V. S.; CICERELLI, R. E.; ALMEIDA, T. Dispersão Espacial de Atributos Químicos do Solo de um Açazeiro na Região Amazônica. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 45, p. 1-10, 2022. [https://doi.org/10.11137/1982-3908\\_2022\\_45\\_40848](https://doi.org/10.11137/1982-3908_2022_45_40848)

BHATTACHARYA, A. Mineral Nutrition of Plants under Soil Water Deficit Condition: A Review. *Soil Water Deficit and Physiological Issues in Plants*; Springer: Singapore, 2021; pp. 287–391. ISBN 978-981-336-275-8.

BELLARBY, J.; SURRIDGE, B. W.; HAYGARTH, P. M.; LIU, K.; SICILIANO, G.; SMITH, L.; MENG, F. The stocks and flows of nitrogen, phosphorus and potassium across a 30-year time series for agriculture in Huantai county, China. **Science of the Total Environment**, v. 619, p. 606-620, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.10.335>

BENDER, S. F.; WAGG, C.; VAN DER HEIJDEN, M. GA. An underground revolution: biodiversity and soil ecological engineering for agricultural sustainability. *Trends in ecology & evolution*, v. 31, n. 6, p. 440-452, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2016.02.016>

BRADY, N. C.; WEIL, R. R. **Elements of the nature and properties of soils**. Pearson Prentice Hall, 2010.

BRASIL. **Lei nº 10.831, de dezembro de 2003**. Dispõe sobre agricultura orgânica e dá outras

providências. Diário Oficial da União: Seção 1. Brasília, DF, 2003. 3 p. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/2003/110.831.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2003/110.831.htm). Acesso em: 30/05/2023.

BRASIL 2023. Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento - **Cadastro Nacional de Produtores Orgânicos, CNPO.** Disponível em: [http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/organicos/cadastro\\_nacionalprodutores-organicos](http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/organicos/cadastro_nacionalprodutores-organicos). Acesso em: 30/05/2023.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento – **Instrução Normativa Nº 61, de 08 de Julho de 2020.** Estabelece os requisitos para registro de produtos orgânicos e biofertilizantes. Brasília, DF, 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/fertilizantes/legislacao/in-61-de-8-7-2020-organicos-e-biofertilizantes-dou-15-7-20.pdf>. Acesso em: 25/06/2024.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Portaria Nº 52, de 15 de março de 2021.** Estabelece o Regulamento Técnico para os Sistemas Orgânicos de Produção e as listas de substâncias e práticas para o uso nos Sistemas Orgânicos de Produção. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2021. 58 p. Disponível em: [https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/organicos/arquivos-organicos/PORTARIA\\_MAPA\\_N\\_52.2021\\_ALTERADA\\_PELA\\_PORTARIA\\_MAPA\\_N\\_404.pdf](https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/organicos/arquivos-organicos/PORTARIA_MAPA_N_52.2021_ALTERADA_PELA_PORTARIA_MAPA_N_404.pdf). Acesso em: 25/06/2024.

BROWN, H. S.; VERGRAGT, P. J. From consumerism to wellbeing: toward a cultural transition. **Journal of Cleaner Production**, v. 132, p. 308-317, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.04.107>

BOEIRA, L. S.; BASTOS FREITAS, P. H.; UCHÔA, N. R.; BEZERRA, J. A.; CÁD, S. V.; JUNIOR, S. D.; ALBUQUERQUE, P. M.; MAR, J. M.; RAMOS, A. S.; MACHADO, M. B.; MACIEL, L. R. Chemical and sensorial characterization of a novel alcoholic beverage produced with native acai (Euterpe precatoria) from different regions of the Amazonas state. **Lwt**, v. 117, n. January 2019, p. 108632, 2020.

BOUWMAN, L. GOLDEWIJK, K. K.; VAN DER HOEK, K. W.; BEUSEN, A. H.; VAN VUUREN, D. P.; WILLEMS, J.; STEHFEST, E. Exploring global changes in nitrogen and phosphorus cycles in agriculture induced by livestock production over the 1900–2050 period. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 110, n. 52, p. 20882-20887, 2013.

BROCK, C.; OLTMANN, M.; MATTHES, C.; SCHMEHE, B.; SCHAAF, H.; BURGHARDT, D.; SPIEB, H. Compost as an option for sustainable crop production at low stocking rates in organic farming. **Agronomy**, v. 11, n. 6, p. 1078, 2021. <https://doi.org/10.3390/agronomy11061078>

BÜNEMANN, E. K.; BONGIORNO, G.; BAI, Z.; CREAMER, R. E.; DEYN, G.; GOEDE, R.; BRUSSAARD, L. Soil quality—A critical review. **Soil biology and biochemistry**, v. 120, p. 105-125, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2018.01.030>

BURATTO, R. T.; COCERO, M. J.; MARTÍN, Á. Characterization of industrial açai pulp residues and valorization by microwave-assisted extraction. **Chemical Engineering and Processing - Process Intensification**, v. 160, n. October 2020, 2021.

BUSSMANN, R. W.; ZAMBRANA, N. Y. P. Facing global markets-usage changes in Western Amazonian plants: the example of Euterpe precatoria Mart. and E. oleracea Mart. **Acta Societatis Botanicorum Poloniae**, v. 81, n. 4, 2012. 1 <http://dx.doi.org/10.5586/asbp.2012.032>

CAMACHO-CRISTÓBAL, J. J.; REXACH, J.; GONZÁLEZ-FONTES, A. Boron in plants: deficiency and toxicity. **Journal of Integrative Plant Biology**, v. 50, n. 10, p. 1247-1255,

2008. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7909.2008.00742.x>

CAMPBELL, A. J.; CARVALHEIRO, L. G.; MAUÉS M. M.; JAFFÉ, R.; GIANNINI, T. C.; FREITAS M. A. B.; COELHO, B. W. T.; MENEZES C. Anthropogenic disturbance of tropical forests threatens pollination services to açai palm in the Amazon River delta. **Journal of Applied Ecology**, v. 55, n. 4, p. 1725-1736, 2018. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13086>

CAMPOS, M.; ROSSATO, O. B.; MARASCA, I.; MARTELLO, J. M.; SIQUEIRA, G. F.; GARCIA, C. P.; CRUSCIOL, C. A. C. Deep tilling and localized liming improve soil chemical fertility and sugarcane yield in clayey soils. **Soil and Tillage Research**, v. 222, p. 105425, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.still.2022.105425>

CAPATINA, A.; MICU, A.; CRISTACHE, N.; MICU, A. E. The impact of a trend pattern for sustainable marketing budgets on turnover dynamics (a case study). **Contemporary Economics**, v. 11, n. 3, p. 287-302, 2017.

CHEN, A.; ZHANG, W.; SHENG, R.; LIU, Y.; HOU, H.; LIU, F.; QIN, H. Long-term partial replacement of mineral fertilizer within situ crop residues ensures continued rice yields and soil fertility: A case study of a 27-year field experiment in subtropical China. **Science of the Total Environment**, v. 787, p. 147523, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147523>

CHEN, W.; HE, Z. L.; YANG, X. E.; MISHRA, S.; STOFFELLA, P. J. Chlorine nutrition of higher plants: progress and perspectives. **Journal of Plant Nutrition**, v. 33, n. 7, p. 943-952, 2010. <https://doi.org/10.1080/01904160903242417>

CHEN, Z. C.; PENG, W. T.; LI, J.; LIAO, H. Functional dissection and transport mechanism of magnesium in plants. In: Seminars in cell & developmental biology. Academic Press, 2018. p. 142-152.

CORDEIRO, R. A. M. **Crescimento e nutrição mineral do açazeiro (*Euterpe oleraceae* Mart.), em função da idade em sistemas agroflorestais no município de Tomé Açu, Pará**. 137 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal Rural da Amazônia/Embrapa Amazônia Oriental, Belém-Pa, 2011.

CRUZ, K. A. G.; SILVA FONSECA, M. D.; PASTRO, M. S.; LACERDA, L. C.; SANTOS, A. R. Agroclimatic zoning of acai crop (*Euterpe oleracea* Mart.) for the state of Espírito Santo. **REVISTA CIENCIA AGRONOMICA**, v. 46, n. 4, p. 707-717, 2015.

DAI, Y.; SUN, Q.; WANG, W.; LU, L.; LIU, M.; LI, J.; ZHANG, Y. Utilizations of agricultural waste as adsorbent for the removal of contaminants: A review. **Chemosphere**, v. 211, p. 235-253, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.06.179>

DAWSON, J. J.; SMITH, Pete. Carbon losses from soil and its consequences for land-use management. **Science of the total environment**, v. 382, n. 2-3, p. 165-190, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2007.03.023>

DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. ELEMENTOS REQUERIDOS À NUTRIÇÃO DE PLANTAS. In: NOVAIS, R. F. **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007.

DEDE, C.; OZER, H.; DEDE, O. H.; CELEBI, A.; OZDEMIR, S. Recycling nutrient-rich municipal wastes into ready-to-use potting soil: An approach for the sustainable resource circularity with inorganic porous materials. **Horticulturae**, v. 9, n. 2, p. 203, 2023. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9020203>

DENG, Z. Utilization of agricultural waste resources utilization strategy of developing agricultural. Recycling economy. **Agricultural science and technology**, v. 5, p. 161-162, 2017.

DÍAZ, M. J.; RUIZ-MONTOYA, M.; PALMA, A.; DE-PAZ, M. V. Thermogravimetry applicability in compost and composting research: A review. **Applied Sciences**, v. 11, n. 4, p. 1692, 2021. <https://doi.org/10.3390/app11041692>

DICK, D. P.; NOVOTNY, E. H.; DIECKNOW, J. BAYER, C. Química de matéria orgânica do solo In: MELO, V. F; ALLEONI, L. R. F. **Química e mineralogia do solo: conceitos básicos e aplicações**. 2019.

DOTANIYA, M. L.; DATTA, S. C.; BISWAS, D. R.; DOTANIYA. C. K.; MEENA, B. L.; RAJENDIRAN, R.; REGAR, K. L.; LATA, M. Use of sugarcane industrial by-products for improving sugarcane productivity and soil health. **International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture**, v. 5, p. 185-194, 2016.

DUMORTIER, J.; DOKOOHAKI, H.; ELOBEID, A.; HAYES, D. J.; LAIRD, D.; MIGUEZ, F. E. Global land-use and carbon emission implications from biochar application to cropland in the United States. **Journal of Cleaner Production**, v. 258, p. 120684, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120684>

DUSSADEE, N.; RAMARAJ, R. Integrated management of organic agricultural waste enhancing soil quality, mitigating climate change and advancing biofuel production, 2023.

EMBRAPA. Área plantada com açaizeiros de terra firme gerados pela pesquisa cresce 675% no Brasil. **Https://Www.Embrapa.Br/Busca-De-Noticias/-/Noticia/79157772/Area-Plantada-Com-Acaizeiros-De-Terra-Firme-Gerados-Pela-Pesquisa-Cresce-675-No**, p. 1–9, 2023.

EMBRAPA. BRS Pai d'égua, cultivar de açaí para terra firme com suplementação hídrica. Comunicado Técnico 317. Belém. 2019.

EMPERAIRE, L. Saberes tradicionais e diversidade das plantas cultivadas na Amazônia. **Knowing our Lands and Resources**, v. 1, p. 41, 2017.

FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **FAOSTAT**, 2018. Disponível em: <https://www.fao.org/statistics/en>. Acesso em: 20/jun/2024

FAQUIN, V. Nutrição mineral de plantas. **Lavras: UFLA/Faepe**, v. 183, 2005.

FONTES, M. P. F.; ALLEONI, L. R. F. Electrochemical attributes and availability of nutrients, toxic elements, and heavy metals in tropical soils. **Scientia Agricola**, v. 63, p. 589-608, 2006. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162006000600014>

FREITAS, M. A. B.; VIEIRA, I. C. G.; ALBERNAZ, A. L. K. M.; MAGALHÃES, J. L. L.; LEES, A. C. Floristic impoverishment of Amazonian floodplain forests managed for açaí fruit production. **Forest Ecology and Management**, v. 351, p. 20–27, 2015.

FIBL – Forschungsinstitut für biologischen landbau; IFOAM – Federação Internacional dos Movimentos da Agricultura Orgânica. The world of organic agriculture: statistics & emerging trends 2017. Research Institute of Organic Agriculture FIBL and IFOAM Organics International, 2017. Disponível em: <https://shop.fibl.org/chen/mwdownloads/download/link/id/785/>. Acesso em: 15 jan. 2024.

FIBL – Forschungsinstitut für biologischen landbau; IFOAM – Federação Internacional dos Movimentos da Agricultura Orgânica. The world of organic agriculture: statistics & emerging trends 2019. Research Institute of Organic Agriculture FIBL and IFOAM Organics International, 2019. Disponível em: <https://shop.fibl.org/chen/mwdownloads/download/link/id/1202/>. Acesso em: 15 jan.

2024.

FOOD WASTE, 2014. Projects using food waste to make biogas. **American Biogas Council**. Disponível em: <[https://www.americanbiogascouncil.org/biogas\\_foodWaste.asp](https://www.americanbiogascouncil.org/biogas_foodWaste.asp)>. Acesso em: 22 jan. 2024;

GEILFUS, C. Review on the significance of chlorine for crop yield and quality. *Plant Science*, v. 270, p. 114-122, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2018.02.014>.

GRIGORIEVA, E.; LIVENETS, A.; STELMAKH, E. Adaptation of agriculture to climate change: A scoping review. **Climate**, v. 11, n. 10, p. 202, 2023. <https://doi.org/10.3390/cli11100202>

GUIMARÃES, G.; LANA, R. D. P.; REI, R. D. S.; VELOSO, C. M.; SOUSA, M. R. D. M.; RODRIGUES, R. C.; CAMPOS, S. D. A Produção de cana-de-açúcar adubada com cama de frango. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 17, p. 617-625, 2016.

GULHANE, V. A.; RODE, S. V.; PANDE, C. B. Correlation analysis of soil nutrients and prediction model through ISO cluster unsupervised classification with multispectral data. **Multimedia Tools and Applications**, v. 82, n. 2, p. 2165-2184, 2023. <https://doi.org.ez4.periodicos.capes.gov.br/10.1007/s11042-022-13276-2>

GUO, W.; NAZIM, H.; LIANG, Z.; YANG, D. Magnesium deficiency in plants: An urgent problem. **The Crop Journal**, v. 4, n. 2, p. 83-91, 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cj.2015.11.003>.

HÄNSCH, R.; MENDEL, R. R. Physiological functions of mineral micronutrients (Cu, Zn, Mn, Fe, Ni, Mo, B, Cl). *Current opinion in plant biology*, v. 12, n. 3, p. 259-266, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2009.05.006>

HARTEMINK, A. E. Soil science in tropical and temperate regions—some differences and similarities. **Advances in agronomy**, v. 77, p. 269-292, 2002. [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(02\)77016-8](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(02)77016-8)

HAWKESFORD, M.; HORST, W.; KICHEY, T.; LAMBERS, H.; SCHJOERRING, J.; MØLLER, I. S., WHITE, P. Functions of macronutrients. In: Marschner's mineral nutrition of higher plants. Academic press, 2012. p. 135-189. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384905-2.00006-6>

HOMMA, A. K. O. NOGUEIRA, O. L.; MENEZES, A. J. E. A.; CARVALHO, J. D., NICOLI, C. M. L.; MATOS, G. D. Açai: novos desafios e tendências. **Amazônia: ciência & desenvolvimento**, v. 1, n. 2, p. 7-23, 2006.

IFOAM. Consolidated Annual Report of IFOAM—Organics International; IFOAMOrganics International Head Office: Bonn, Germany, p. 1-32, 2021.

INIK, O.; İNIK, Ö.; ÖZTAŞ, T.; DEMİR, Y.; YÜKSEL, A. Prediction of Soil Organic Matter with Deep Learning. **Arabian Journal for Science and Engineering**, v. 48, n. 8, p. 10227-10247, 2023. <https://doi.org/10.1007/s13369-022-07575-x>

IPAM. Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia. **Desafios Para a Sustentabilidade na Cadeia do Açai**, subsídios para a iniciativa Açai Sustentável. Brasília, 07 nov. 2018.

IPCC, The Intergovernmental Panel on Climate Change. *Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems*, 2019.

JIANG, Y.; LIAO, P.; VAN GESTEL, N.; SUN, Y.; ZENG, Y.; HUANG, S.; VAN GROENIGEN, K. J Lime application lowers the global warming potential of a double rice cropping system. **Geoderma**,

v. 325, p. 1-8, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.03.034>

JOHNSON, R.; VISHWAKARMA, K.; HOSSEN, M. S.; KUMAR, V.; SHACKIRA, A. M.; PUTHUR, J. T.; HASANUZZAMAN, M. Potassium in plants: Growth regulation, signaling, and environmental stress tolerance. **Plant Physiology and Biochemistry**, 172, 56-69. 2022 <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2022.01.001>

KARIĆ, N.; MAIA, A. S.; TEODOROVIĆ, A.; ATANASOVA, N.; LANGERGRABER, G.; CRINI, G.; ĐOLIĆ, M. Bio-waste valorisation: Agricultural wastes as biosorbents for removal of (in) organic pollutants in wastewater treatment. **Chemical Engineering Journal Advances**, v. 9, 2022. <https://doi.org/ez4.periodicos.capes.gov.br/10.1016/j.ceja.2021.100239>

KAZA, SILPA.; YAO L, BHADA-TATA P, VAN WOERDEN F. What a waste 2.0: a global snapshot of solid waste management to 2050. World Bank Publications, 2018.

KOHLI, S. K.; KAUR, H.; KHANNA, K.; HANDA, N.; BHARDWAJ, R.; RINKLEBE, J.; AHMAD, P. Boron in plants: Uptake, deficiency and biological potential. **Plant Growth Regulation**, v. 100, n. 2, p. 267-282, 2023. <https://doi.org/10.1007/s10725-022-00844-7>

KOUR, J.; KHANNA, K.; SINGH, A. D.; DHIMAN, S.; BHARDWAJ, T.; DEVI, K.; BHARDWAJ, R. (). Calcium's multifaceted functions: From nutrient to secondary messenger during stress. **South African Journal of Botany**, n. 152, p. 247-263, 2023 <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2022.11.048>

KWIATON, M.; HAZLE, P.; MORRIS, D.; FLEMING, R.; WEBSTER, K.; VENIER, L.; AUBIN, I. Island Lake Biomass Harvest Research and Demonstration Area: Establishment Report - Information Report GLC-X-11. **Canadian Forest Service, Natural Resources Canada**, p. 82. 2014.

LAL, R. Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. **science**, v. 304, n. 5677, p. 1623-1627, 2004. <https://doi.org/10.1126/science.1097396>

LIMA, H. N.; MELLO, J. W. V.; SCHAEFER, C. E. G. R.; KER, J. C.; LIMA, A. M. N. Mineralogia e química de três solos de uma topossequência da bacia sedimentar do Alto Solimões, Amazônia Ocidental. **R. Bras. Ci. Solo**, 30: 59-68, 2006.

LIMA, K. K. Y.; PEREIRA, L. F. R.; LAMARÃO, C. V.; LIMA, E. S.; VEIGA-JUNIOR, V. F. Açai da Amazônia: Química e atividades biológicas: uma revisão. **Química Alimentar**, v. 179, pág. 137-151, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.01.055>

LIMA MESQUITA, A. DE; BARRERO, N. G.; FIORELLI, J.; CHRISTOFORO, A. L.; FARIA, L. J. G. DE; LAHR, F. A. R. Eco-particleboard manufactured from chemically treated fibrous vascular tissue of acai (*Euterpe oleracea* Mart.) Fruit: A new alternative for the particleboard industry with its potential application in civil construction and furniture. **Industrial Crops and Products**, v. 112, n. January, p. 644–651, 2018.

LIMA, S. K.; GALIZA, M.; VALADARES, A.; ALVEZ, F. **Produção e consumo de produtos orgânicos no mundo e no Brasil**. Texto para Discussão, 2020.

LINDOLFO, M.M.; MATOS, G.S.B.; PEREIRA, W.V.S.; FERNANDES, A.R. Productivity and nutrition of fertigated açai palms according to boron fertilization. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.42, n.2, p.e-601, 2020. <http://dx.doi.org/10.1590/0100-29452020601>

LIU, K.; WEI, Y. The practical significance and countermeasures of agricultural waste utilization. **Environ Dev**, v. 5, p. 254-256, 2017. <https://doi.org/10.25236/isafb.2019.001>

LIU, T.; REN, X.; ZHAO, J.; CHEN, H.; WANG, Q.; AWASTHI, S. K.; ZHANG, Z. Sustainability



analysis of large-scale food waste composting. In: Current developments in biotechnology and bioengineering. **Elsevier**, p. 301-322, 2020. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-64309-4.00013-1>

LUGTENBERG, B.; KAMILOVA, F. Plant-growth-promoting rhizobacteria. **Annual review of microbiology**, v. 63, p. 541-556, 2009. <https://doi.org/10.1146/annurev.micro.62.081307.162918>

MANMAI, N.; UNPAPROM, Y.; RAMARAJ, R. Bioethanol production from sunflower stalk: application of chemical and biological pretreatments by response surface methodology (RSM). **Biomass Conversion and Biorefinery**, v. 11, p. 1759-1773, 2021. <https://doi.org/10.1007/s13399-020-00602-7>

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006.

MALHOTRA, H.; VANDANA, S, S.; PANDEY, R. Phosphorus Nutrition: Plant Growth in Response to Deficiency and Excess. In: HASANUZZAMAN, M.; FUJITA, M.; OKU, H.; NAHAR, K. HAWRYLAK-NOWAK, B. (eds) Plant Nutrients and Abiotic Stress Tolerance. **Springer**, Singapore, 2018 [https://doi.org/10.1007/978-981-10-9044-8\\_7](https://doi.org/10.1007/978-981-10-9044-8_7)

MARSCHNER, Horst (Ed.). **Marschner's mineral nutrition of higher plants**. Academic press, 2012.

MATTOS JR, D.; BATAGLIA, O. C. Composição química de plantas, amostragem e diagnose do Estado Nutricional das Plantas. In: CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; MATTOS JR, D.; BOARETTO, R. M.; RAIJ, B. V. Recomendação de adubação e calagem para o estado de São Paulo. IAC Campinas, 2022.

MAZZOLA, M.; MANICI, L. M. Apple replant disease: role of microbial ecology in cause and control. **Annual review of phytopathology**, v. 50, p. 45-65, 2012. <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-081211-173005>

MELO, V. F; ALLEONI, L. R. F. **Química e mineralogia do solo: conceitos básicos e aplicações**. São Paulo: Editora UFV, 2019.

MILLALEO, R.; REYES-DÍAZ, M.; IVANOV, A. G.; MORA, M. L.; ALBERDI, M. Manganese as essential and toxic element for plants: transport, accumulation and resistance mechanisms. **Journal of soil science and plant nutrition**, v. 10, n. 4, p. 470-481, 2010. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-95162010000200008>

MKHIZE, S.; ELLIS, D. Creativity in marketing communication to overcome barriers to organic produce purchases: The case of a developing nation. **Journal of Cleaner Production**, v. 242, p. 118415, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118415>

MOELLER, K.; OBERSON, A.; BÜNEMANN, E. K.; COOPER, J.; FRIEDEL, J. K.; GLAESNER, N.; MAGID, J. Improved phosphorus recycling in organic farming: navigating between constraints. **Advances in agronomy**, v. 147, p. 159-237, 2018. <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2017.10.004>

MOKOMELE, T.; SOUSA, L. C.; BALANB, V.; RENSBURG, E. V.; DALE, E. D.; GÖRGENS, J. F. Incorporating anaerobic co-digestion of steam exploded or ammonia fiber expansion pretreated sugarcane residues with manure into a sugarcane based bioenergy-livestock nexus. **Bioresource Technology**, v. 272, p. 326-336, 2019.

MÖLLER, K. Soil fertility status and nutrient input-output flows of specialised organic cropping systems: a review. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 112, n. 2, p. 147-164, 2018. <https://doi.org/10.1007/s10705-018-9946-2>

MOREIRA, A.; FAGERIA N. K. Soil chemical attributes of Amazonas state, Brazil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 40, n. 17-18, p. 2912-2925, 2009.

<https://doi.org/10.1080/00103620903175371>

MOUSAVI, S. R.; GALAVI, M.; REZAEI, M. Zinc (Zn) importance for crop production—a review. **International Journal of Agronomy and Plant Production**, v. 4, n. 1, p. 64-68, 2013.

MYERS, S.; SMITH, M. R.; GUTH, S.; GOLDEN, C. D.; VAITLA, B.; MUELLER, N. D.; HUYBERS, P. Climate change and global food systems: potential impacts on food security and undernutrition. **Annual review of public health**, v. 38, p. 259-277, 2017. <https://doi.org.ez4.periodicos.capes.gov.br/10.1146/annurev-publhealth-031816-044356>

NANDAL, V.; SOLANKI, M. The Zn as a vital micronutrient in plants. **Journal of microbiology, biotechnology and food sciences**, v. 11, n. 3, p. e4026-e4026, 2021. <https://doi.org/10.15414/jmbfs.4026>

NARAYAN, O. P.; KUMAR, P.; YADAV, B.; DUA, M. JOHRI, A. K. Sulfur nutrition and its role in plant growth and development. **Plant Signaling & Behavior**, v. 18, n. 1, p. 2030082, 2023. <https://doi.org/10.1080/15592324.2022.2030082>

NEVES, L. C.; MONIQUE CARVALHO DA SILVA, P.; RUFFO ROBERTO, S.; MAYARA ROCHA LEÃO, P.; BRITO CARVALHO, L.; CRYSTHINA LUCAS DA SILVA, B.; CISNEROS-ZEVALLOS, L. Physiological maturity and wound-based orchard practices influence the antioxidant content and metabolic activity of two species of açai fruit at harvest and during storage. **Food Chemistry**, v. 382, 2022.

OBEY, G.; ADELAIDE, M.; RAMARAJ, R. Biochar derived from non-customized matamba fruit shell as an adsorbent for wastewater treatment. **Journal of Bioresources and Bioproducts**, v. 7, n. 2, p. 109-115, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.jobab.2021.12.001>

OLIVEIRA, A. R.; RIBEIRO, A. E. C.; OLIVEIRA, E. R.; GARCIA, M. C.; SOARES JUNIOR, M. S.; CALIARI, M. Structural and physicochemical properties of freeze-dried açai pulp (*Euterpe oleracea* Mart.). **Food Science and Technology**, v. 40, p. 282-289, 2019. <https://doi.org/10.1590/fst.34818>

OLIVEIRA, M.; FARIAS NETO, J. T.; MATTIETTO, R. D. A.; MOCHIUTTI, S.; CARVALHO, A. Açai: *Euterpe oleracea*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura/PROCISUR, Buenos Aires, p 31, 2017.

OLIVEIRA, M. S. P.; CARVALHO, J. E. U.; NASCIMENTO, W. M. O.; **Açai (*Euterpe oleraceae* Mart)**. Jaboticabal: Funep, 52p., 2000. (Frutas nativas, 7).

OLIVEIRA, H. O.; CASTRO, G. L. S.; CORREA, L. O.; SILVESTRE, W. V. D.; NASCIMENTO, S. V.; SILVA VALADARES, R. B.; PINHEIRO, H. A. Coupling physiological analysis with proteomic profile to understand the photosynthetic responses of young *Euterpe oleracea* palms to drought. **Photosynthesis Research**, v. 140, n. 2, p. 189-205, 2019. <https://doi.org/10.1007/s11120-018-0597-6>

ORDÓÑEZ-FERNÁNDEZ, R.; TORRES, M. R. R.; ROMÁN-VÁZQUEZ, J.; GONZÁLEZ-FERNÁNDEZ, P.; CARBONELL-BOJOLLO, R. Macronutrients released during the decomposition of pruning residues used as plant cover and their effect on soil fertility. **The Journal of Agricultural Science**, v. 153, n. 4, p. 615-630, 2015. <https://doi.org/10.1017/S0021859614000458>

OTSUKA, K.; FAN, S. **Agricultural development: new perspectives in a changing world**. Intl Food Policy Res Inst, 2021.

PANDEY, N. Role of Plant Nutrients in Plant Growth and Physiology. In: HASANUZZAMAN, M.; FUJITA, M.; OKU, H.; NAHAR, K.; HAWRYLAK-NOWAK, B. (eds) **Plant Nutrients and Abiotic Stress Tolerance**. 2018. **Springer**, Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-10-9044-8\\_2](https://doi.org/10.1007/978-981-10-9044-8_2)

PARADA, M. P.; OSSEWEIJER, P.; DUQUE, J. A. P. Sustainable biorefineries, an analysis of practices for incorporating sustainability in biorefinery design. **Industrial Crops and Products**, v. 106, p. 105-123, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.08.052>

PASSOS, A. M. A. REZENDE, P. M. CARVALHO, E. R. Cama de frango, esterco de curral e pó de carvão no estado nutricional da soja - **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.10, n.19, 2014.

PESSÔA, T. S.; LIMA FERREIRA, L. E.; SILVA, M. P.; PEREIRA NETO, L. M.; NASCIMENTO, B. F. DO; FRAGA, T. J. M.; JAGUARIBE, E. F.; CAVALCANTI, J. V.; MOTTA SOBRINHO, M. A. Açai waste benefiting by gasification process and its employment in the treatment of synthetic and raw textile wastewater. **Journal of Cleaner Production**, v. 240, 2019.

PRADO, R.M. **Mineral nutrition of tropical plants**. New York City: Springer Publishing, 339p. 2021.

PRADO, R.M **Nutrição de plantas**. São Paulo: Editora Unesp, 2021.

QUESADA, C. A.; LLOYD, J.; ANDERSON, L. O.; FYLLAS, N. M.; SCHWARZ, M.; CZIMCZIK, C. I. Soils of Amazonia with particular reference to the RAINFOR sites. *Biogeosciences*, v. 8, n. 6, p. 1415-1440, 2011. <https://doi.org/10.5194/bg-8-1415-2011>

RAHMAN, R.; SOFI, J. A.; JAVEED, I.; MALIK, T. H.; NISAR, S. Role of micronutrients in crop production. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, v. 8, p. 2265-2287, 2020.

RAO, K. M.; SINGH, P. K; RYINGKHUN, H. B. K.; MAYING, B. Use of bio-fertilizers in vegetable production. **Indian Horticulture Journal**, v. 4, n. 1, p. 73-76, 2014.

RAMOS, S. L. F.; LOPES, M. T. G.; LOPES, R.; DEQUIGIOVANNI, G.; MACÊDO, J. L. V. D.; SEBBENN, A. M.; GARCIA, J. N. Mating system analysis of Açai-do-Amazonas (*Euterpe precatoria* Mart.) using molecular markers. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 19, p. 126-130, 2019. <https://doi.org/10.1590/1984-70332019v19n1n17>

RASHED, M. H.; HOQUE, T. S.; JAHANGIR, M. M. R.; HASHEM, M. A. Manganese as a micronutrient in agriculture: crop requirement and management. *Journal of Environmental Science and Natural Resources*, v. 12, n. 1-2, p. 225-242, 2019.

RIBEIRO, F. O. Estado nutricional e produtividade de açaizeiro fertirrigado em função da variabilidade espacial. 2017. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2017

RITTL, T.; BUTTERBACH-BAHL, K.; BASILE, C. M.; PEREIRA, L. A.; ALMS, V.; DANNENMANN, M.; CERRI, C. E. Greenhouse gas emissions from soil amended with agricultural residue biochars: Effects of feedstock type, production temperature and soil moisture. **Biomass and Bioenergy**, v. 117, p. 1-9, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2018.07.004>

ROCHA, J. M. G.; NASCIMENTO, V. M.; GONÇALVES, A. R.; SILVA, V. F. N.; MARTÍN, C. Influence of mixed sugarcane bagasse samples evaluated by elemental and physical-chemical composition. **Industrial Crops and Products**, v. 64, p. 52-58, 2015.

RODRIGUES, T. E.; SILVA, R. D. C.; SILVA, B. N. R.; SILVA, J. M. L.; VALENTE, M.; DARIVA, T.; VENTURIERI, A. Caracterização, mapeamento e classificação dos solos da área de influência da BR-163 (Cuabá-Santarém) e da BR-230 (Transamazônica), no Estado do Pará. In: **Embrapa Amazônia Oriental, ed. Zoneamento-Ecológico Econômico da área de influência da rodovia BR-163 (Cuiabá**

Santarém). Belém, PA., P. 403-571. 2010.

ROUT, G. R.; SAHOO, S. Role of iron in plant growth and metabolism. **Reviews in Agricultural Science**, v. 3, p. 1-24, 2015. doi: 10.7831/ras.3.1

ROY, A.; GHOSH, A.; VASHISHT, D. The consumer perception and purchasing attitude towards organic food: A critical review. **Nutrition & Food Science**, v. 53, n. 3, p. 578-599, 2022. <https://doi.org/10.1108/NFS-04-2022-0130>

SANTANA, A. C. **Bioeconomia aplicada ao agronegócio: mercado, externalidades e ativos naturais**. Piracanjuba, GO: Editora Conhecimento Livre, 2020. 346 p

SARDANS, J.; PEÑUELAS, J. Potassium Control of Plant Functions: Ecological and Agricultural Implications. **Plants**, n. 10, v. 419, 2021. <https://doi.org/10.3390/plants10020419>

SHABBIR, Z.; SARDAR, A.; SHABBIR, A.; ABBAS, G.; SHAMSHAD, S.; KHALID, S.; SHAHID, M. Copper uptake, essentiality, toxicity, detoxification and risk assessment in soil-plant environment. **Chemosphere**, v. 259, p. 127436, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.127436>

SINGH, V. K.; SANYAL, S. K. Nutrient Management in Indian Agriculture with Special Reference to Nutrient Mining — A Relook. 2015.

SILVA, A. A. Matéria orgânica e a Fertilidade do Solo. *In*: BETTIOL, W.; SILVA, C. A.; CERRI, C. E. P.; MARTIN NETO, L.; ANDRADE, C. A. **Entendendo a matéria orgânica do solo em ambientes tropical e subtropical**. Brasília/DF: EMBRAPA, 2023

SILVA, M. P.; CUNHA, V. M. B.; SOUSA, S. H. B.; MENEZES, E. G. O.; BEZERRA, P. D. N.; FARIAS NETO, J. T. DE; FILHO, G. N. R.; ARAÚJO, M. E.; CARVALHO, R. N. DE. Supercritical CO<sub>2</sub> extraction of lyophilized Açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) pulp oil from three municipalities in the state of Pará, Brazil. **Journal of CO<sub>2</sub> Utilization**, v. 31, n. October 2018, p. 226–234, 2019.

SILVEIRA, R.; MELLO, T. D. R. B.; SILVA, M. R. S. S.; KRÜGER, R. H.; BUSTAMANTE, M. M. D. C. Long-term liming promotes drastic changes in the composition of the microbial community in a tropical savanna soil. **Biology and Fertility of Soils**, v. 57, n. 1, p. 31-46, 2021. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00374-020-01504-6>

SINGH, R. K.; SARKAR, A. Pyrolysis of torrefied crop residue: Optimization using response surface methodology and benefits of bio-char in co-combustion with coal. **Industrial Crops and Products**, v. 199, n. April, p. 116786, 2023.

SINGH, Y.; SINGH, P.; SIDHU, H. S.; JAT, M. L. 6.2 Organic Resources for Agriculture: Availability, Recycling Potential and Strategies to Convert Waste to National Resource. **Book of extended summaries**, p. 43, 2015.

SOROKA, A.; WOJCIECHOWSKA-SOLIS, J. Consumer motivation to buy organic food depends on lifestyle. **Foods**, v. 8, n. 11, p. 581, 2019. <https://doi.org/10.3390/foods8110581>

SOUSA, C. F. F. DE V.-S.; BARROS, F. B. The (in)visible market of miriti (*Mauritia flexuosa* L.f.) fruits, the “winter acai” in Amazonian riverine communities of Abaetetuba, Northern Brazil. **Global Ecology and Conservation**, v. 14, 2018.

SOUZA, J. L.; RESENDE, P. **Manual de horticultura orgânica 3. ed.** Viçosa: Aprenda Fácil. 842p, 2014.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Porto Alegre: Artmed Editora, 2017.

TAN, Y.; WANG, J.; HE, Y.; YU, X.; CHEN, S.; PENTTINEN, P.; ZOU, L. Organic fertilizers shape soil microbial communities and increase soil amino acid metabolites content in a blueberry orchard. **Microbial ecology**, v. 85, n. 1, p. 232-246, 2023. <https://doi.org/10.1007/s00248-022-01960-7>

TAVARES, G. S.; HOMMA, A. K. O.; MENEZES, A. A.; PALHETA, M. P. **Análise da produção e comercialização de açaí no estado do Pará**, Brasil. 2022.

TERRAZZAN, P.; VALARINI, P. J. Situação do mercado de produtos orgânicos e as formas de comercialização no Brasil. **Informações econômicas**, v. 39, n. 11, p. 27-40, 2009.

TIAN, X. Y.; HE, D. D.; BAI, S.; ZENG, W. Z.; WANG, Z.; WANG, M.; CHEN, Z. C. Physiological and molecular advances in magnesium nutrition of plants. **Plant and Soil**, v. 468, p. 1-17, 2021. <https://doi.org/10.1007/s11104-021-05139-w>

TRINDADE, A.V.; BORGES, A.L.; MATOS, A.P.; RITZINGER, C.H.S.P.; CARVALHO, J.E.B.; CABRAL, J.R.S.; SOUZA, L.S.; FANCELLI, M.; CORDEIRO, Z.J.M.; Produção orgânica de fruteiras tropicais – ênfase nas culturas de abacaxi e banana: Perguntas e respostas. 1ª edição. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, p. 77, 2010.

USDA-NRCS. **Soil Quality Institute**. Disponível em: < <https://www.nrcs.usda.gov/conservation-basics/natural-resource-concerns/soil/soil-science> > Acesso em: 22/02/2023.

VALADÃO, F. C. A.; MAAS, K. D. B.; WEBER, O. L. S.; VALADÃO, D. D. J.; SILVA, T. J. Variação nos atributos do solo em sistemas de manejo com adição de cama de frango. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 2073-2082, 2011.

VAN DER WIEL, B.; WEIJMA, J.; VAN MIDDELAAR, C. E.; KLEINKE, M.; BUISMAN, C. J. N.; WICHERN, F. Restoring nutrient circularity: A review of nutrient stock and flow analyses of local agro-food-waste systems. **Resources, Conservation & Recycling: X**, v. 3, p. 100014, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.rcrx.2019.100014>

VAN RAIJ, B. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. International Plant Nutrition Institute, 2011.

VAZQUEZ, E.; BENITO, M.; ESPEJO, R.; TEUTSCHEROVA, N. Effects of no-tillage and liming amendment combination on soil carbon and nitrogen mineralization. **European Journal of Soil Biology**, v. 93, p. 103090, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2019.103090>

VELOSO, C. A. C.; BOTELHO, S. M.; VIÉGAS, I. J. M.; RODRIGUES, J. E. L. F. Amostragem e diagnose foliar. In: Brasil, E. C.; CRAVO, M. S.; VIÉGAS, I. J. M (ed.). **Recomendações de calagem e adubação para o Estado do Pará**. Brasília: Embrapa, p. 65-72, 2020.

VESTERGÅRD, M.; BANG-ANDREASEN, T.; BUSS, S. M.; CRUZ-PAREDES, C.; BENTZONTILIA, S.; EKELUND, F.; KJØLLER, R.; MORTENSEN, H. L.; RØNN, R. The relative importance of the bacterial pathway and soil inorganic nitrogen increase across an extreme wood-ash application gradient. **Global Change Biology Bioenergy**, v. 10, p. 320-334, 2018.

VIANNA, S.A. Euterpe. Flora do Brasil, Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <https://floradobrasil2020.jbrj.gov.br/FB15711>. Acesso em: 23 abr. 2021.

VIÉGAS, I. J. M. FRAZÃO, D. A. C.; CONCEIÇÃO, H. E. Efeitos das omissões de macronutrientes e

boro na sintomatologia e crescimento em plantas de açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart.). **Revista de Ciências Agrárias**, v. 50, n. 1, p. 129-142, 2008.

VIÉGAS, I.J.M.; FRAZÃO, D.A.C.; THOMAZ, M.A.A.; CONCEIÇÃO, H.E.O.; PINHEIRO, E. Limitações nutricionais para o cultivo de açaizeiro em latossolo amarelo textura média, estado do Pará. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.26, n.2, p.382-384, 2004.

VIÉGAS, I.J.M.; MATOS, G. S. B.; FERREIRA, E. V. O. Nutrição do açaizeiro. *In*: VIÉGAS, I.J.M.; FERREIRA, E. O.; COSTA, M.G. **Nutrição de cultivos amazônicos**. São Paulo: oficina de textos, 2023.

VIÉGAS, I.J.M.; MEIRELES, R.O.; FRAZÃO, D.A.C.; CONCEIÇÃO, H.E.O. Avaliação da fertilidade de um Latossolo Amarelo textura média para o cultivo do açaizeiro no estado do Pará. **Revista de Ciências Agrárias**, Fortaleza, v.52, p.23-36, 2009.

VIÉGAS, I. J. M.; MULLER, A. A.; COSTA, M. G.; FERREIRA, E. V. O.; PINHEIRO, D. P.; CAMPOS, P. S. S. Determination of the standard leaf for nutritional diagnosis of assai palm plants. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 44, n.3, 2022. <https://doi.org/10.1590/0100-29452022078>

WEI, Y.; WANG, N.; LIN, Y.; ZHAN, Y.; DING, X.; LIU, Y.; LI, J. Recycling of nutrients from organic waste by advanced compost technology-A case study. **Bioresource Technology**, v. 337, p. 125411, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.125411>

WENG, Z.; LEHMANN, J.; VAN ZWIETEN, L.; JOSEPH, S.; ARCHANJO, B. S.; COWIE, B.; KOPITKE, P. M. Probing the nature of soil organic matter. *Critical reviews in environmental science and technology*, v. 52, n. 22, p. 4072-4093, 2022.

WILLER, H.; LERNOUD, J. The world of organic agriculture. Statistics and emerging trends 2017. Research Institute of Organic Agriculture FiBL and IFOAM-Organics International, 2017.

WILLER, H.; LERNOUD, J. (Eds.). The world of organic agriculture: statistics and emerging trends 2019. Frick: FiBL; Bonn: Ifoam – Organics Internacional, 2019.

WILLER, H.; TRÁVNÍČEK, C. M.; SCHLATTER, S. The World of Organic Agriculture. Statistics and Emerging Trends 2021. Research Institute of Organic Agriculture FiBL, Frick and IFOAN – Organics International, Bonn (Alemanha), 2021.

WILLER, H.; TRÁVNÍČEK, J.; SCHLATTER, S. The World of Organic Agriculture. Statistics and Emerging Trends 2024. 2024.

XIMENES, L. C.; GAMA, J. R. V.; BEZERRA, T. G.; SILVA CRUZ, G. Importância do açaí na renda mensal da comunidade quilombola Murumuru em Santarém, Pará. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 11, n. 2, p. 36-42, 2020. <https://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2020.002.0004>

YANG, K.; ZHU, L.; ZHAO, Y.; WEI, Z.; CHEN, X.; YAO, C.; ZHAO, R. A. Novel method for removing heavy metals from composting system: The combination of functional bacteria and adsorbent materials. **Bioresource technology**, v. 293, p. 122095, 2019. <https://doi.org/10.1016/J.BIORTECH.2019.122095>

YANG, Q.; ZHOU, H.; BARTOCCI, P.; FANTOZZI, F.; MAŠEK, O.; AGBLEVOR, F. A.; MCELROY, M. B. Prospective contributions of biomass pyrolysis to China's 2050 carbon reduction and renewable energy goals. **Nature communications**, v. 12, n. 1, p. 1698, 2021. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-21868-z>

YRJÄLÄ, K.; RAMAKRISHNAN, M.; SALO, E. Agricultural waste streams as resource in circular economy for biochar production towards carbon neutrality. **Current opinion in environmental science & health**, v. 26, p. 100339, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.coesh.2022.100339>

YU, H.; ZHAO, Y.; ZHANG, C. WEI.; WU, J.; ZHAO, X.; HAO, J.; WEI, J.; Driving effects of minerals on humic acid formation during chicken manure composting: Emphasis on the carrier role of bacterial community. **Bioresource technology**, v. 294, p. 122239, 2019. <https://doi.org/10.1016/J.BIORTECH.2019.122239>

ZAVARIZE, D. G.; OLIVEIRA, J. D. DE. Brazilian açai berry seeds: an abundant waste applied in the synthesis of carbon-based acid catalysts for transesterification of low free fatty acid waste cooking oil. **Environmental Science and Pollution Research**, p. 21285–21302, 2021.

ZENDA, T.; LIU, S.; DONG, A.; DUAN, H. Revisiting sulphur—The once neglected nutrient: It's roles in plant growth, metabolism, stress tolerance and crop production. **Agriculture**, v. 11, n. 7, p. 626, 2021. <https://doi.org/10.3390/agriculture11070626>

ZHANG, G.; ZHAO, Z.; YIN, X. A.; ZHU, Y. Impacts of biochars on bacterial community shifts and biodegradation of antibiotics in an agricultural soil during short-term incubation. **Science of The Total Environment**, v. 771, p. 144751, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144751>

ZHANG, H. Q.; ZHAO, X. Q.; CHEN, Y. L.; WANG, J. L.; SHEN, R. F. Improved root growth by liming aluminum-sensitive rice cultivar or cultivating an aluminum-tolerant one does not enhance fertilizer nitrogen recovery efficiency in an acid paddy soil. **Plants**, v. 9, n. 6, p. 765, 2020. <https://doi.org/10.3390/plants9060765>

ZHANG, X.; ZHANG, D.; SUN, W.; WANG, T. The adaptive mechanism of plants to iron deficiency via iron uptake, transport, and homeostasis. **International journal of molecular sciences**, v. 20, n. 10, p. 2424, 2019. <https://doi.org/10.3390/ijms20102>

**PAPER**



## 2. DESEMPENHO AGRONÔMICO DO AÇAIZEIRO SOB DOSES DE COMPOSTO ORGÂNICO ASSOCIADO AO USO DE CALCÁRIO AGRÍCOLA

### 2.1 INTRODUÇÃO

*Euterpe oleracea* Mart. (Arecaceae), usualmente conhecida como açaizeiro, é uma frutífera amplamente encontrada na Amazônia, naturalmente no norte do Brasil, principalmente nos estados do Pará, Amazonas e Amapá, dispondo de grande importância em razão de seu valor econômico da polpa e rendimento de frutos (Sena *et al.*, 2022). Recentemente, verificou-se uma grande demanda por produtos dessa produtiva e importante palmeira do território amazônico, sendo destaque dentre as principais espécies do gênero *Euterpe* Mart existentes no Brasil (Bezerra *et al.*, 2018; Ximenes *et al.*, 2020).

O Brasil é o maior produtor mundial de açaí, gerando mais de 9 bilhões de dólares em receitas à base desse fruto, sendo o estado do Pará, no Norte, o “player” mundial e nacional na produção deste fruto, por meio do extrativismo praticado pela população amazônica (Figueiredo *et al.*, 2022; Matta *et al.*, 2020; Oliveira *et al.*, 2017; Souza *et al.*, 2022; Tavares *et al.*, 2022). O potencial de produção e o consumo do fruto dessa cultura, entre os anos de 2015 a 2021, cresceram de forma significativa, ultrapassando 1.400.000 toneladas em 2021 (EMBRAPA, 2023).

Esta demanda de mercado, impulsionada por seu alto valor nutricional, propriedades antioxidantes e médicas, proporciona o consumo de açaí nas grandes capitais brasileiras e exportação para o continente Europeu e países como Estados Unidos, Austrália, Japão e China (Barros *et al.*, 2022; Silva *et al.*, 2023).

Essa palmeira é naturalmente encontrada em ecossistema de “várzea” e em ecossistema de “igapós”, e quando bem manejado a produção de frutos pode ser de cerca de 9 toneladas/ha, todavia a demanda nacional e internacional por suco de açaí tem motivado o aumento do cultivo em áreas irrigadas (Lindolfo *et al.*, 2020; Oliveira *et al.*, 2017; Oliveira *et al.*, 2002). A domesticação da espécie, como as cultivares BRS-Pará e BRS-Pai d’égua, adaptada às condições de “terra firme” (isto é, em áreas irrigadas), facilitou o seu cultivo em extensas áreas (EMBRAPA, 2019; Homma *et al.*, 2006).

Na Amazônia, os solos são naturalmente diversificados, com 70% sendo Latossolos e Argissolos, e presença limitada de outros tipos (Quesada *et al.*, 2011). Os ambientes fisiográficos principais são “terra firme” (80%), “várzea” e “igapós”, com os solos de terra firme sendo de baixa fertilidade natural, baixa capacidade catiônica (CTC) e pH ácido (Moreira & Fageria, 2009; Lima *et al.*, 2006). Corrigir a acidez do solo é essencial para promover crescimento de plantas, pois esta prática aumenta o pH, fornece nutrientes essenciais como  $\text{Ca}^{2+}$

36 e  $Mg^{2+}$ , reduz a toxicidade de  $Mn^{2+}$  e  $Al^{3+}$ , melhora a absorção de nutrientes pelas plantas e  
37 resulta em maior rendimento agrícola (Campos *et al.*, 2022; Hartemink & Barrow, 2023; Jiang  
38 *et al.*, 2018; Silveira *et al.*, 2021; Vázquez *et al.*, 2019; Zhang *et al.*, 2020).

39 Os desafios para o futuro relacionados a produção de alimentos ocasionam  
40 preocupações, sobretudo com o aumento populacional (Lal, 2020; Myers *et al.*, 2017). Por isso,  
41 o desempenho agrícola satisfatório é indispensável atualmente (melhorando a fertilidade do  
42 solo e sustentando a produtividade das culturas), na garantia da segurança alimentar das  
43 sociedades (Bai *et al.*, 2018; Bokor *et al.*, 2021; Lal, 2020). No entanto, o uso intenso da  
44 fertilização mineral a longo prazo pode levar a poluição ambiental, degradação do solo e  
45 impactar de forma negativa na produção sustentável de frutos de açaí em áreas de terra firme  
46 (Campbell *et al.*, 2018; Hossain *et al.* 2022).

47 Nesse contexto, a fertilização orgânica oportuniza o fornecimento de matéria orgânica,  
48 que é um “reservatório de nutrientes”, fornecendo estes elementos essenciais ao crescimento e  
49 desenvolvimento das plantas, melhorando propriedades físicas e promovendo a atividade e  
50 metabolismo microbiano nos solos (Brichi *et al.*, 2023; Deng, 2017; Han *et al.*, 2022; Wu *et*  
51 *al.*, 2021). Em suma, por meio da agricultura orgânica é possível melhorar a fertilidade do solo,  
52 sobretudo no que se refere ao uso do composto orgânico como forma de fertilizá-lo, uma vez  
53 que o aumento dos níveis de nutrientes no solo depende das características e da quantidade de  
54 resíduos orgânicos que são adicionados a este solo (Al-suhaibani *et al.*, 2020; Yang *et al.*, 2019;  
55 Yu *et al.*, 2019).

56 Atualmente, a produção agrícola enfrenta problemáticas relacionadas a quantidade  
57 crescente de resíduos produzidos por várias atividades (Dussadee & Ramaraj, 2023). Muitos  
58 destes resíduos são descartados no processo agrícola, como os de culturas agrícolas, estrume  
59 animal, subprodutos agroindustriais entre outros compostos orgânicos (Dussadee & Ramaraj,  
60 2023; Liu, 2017; Manmai *et al.*, 2021; Obey *et al.*, 2022). No campo da Bioeconomia, a  
61 economia circular tem o intuito de compreender a atenuação da massa destes resíduos (Santana,  
62 2020), associada à sustentabilidade que compreende o equilíbrio ideal entre os aspectos  
63 econômicos, sociais e ambientais (Parada *et al.*, 2017).

64 Neste sentido, a hipótese que justificou essa pesquisa é fundamentada na restrita  
65 quantidade de informações a respeito de respostas envolvendo aspectos agronômicos no manejo  
66 e diagnóstico nutricional de frutíferas como o açaizeiro (Ribeiro *et al.*, 2020), por meio da  
67 fertilização orgânica. Pesquisas anteriores apontam a matéria orgânica como importante  
68 alternativa à melhoria da estrutura, capacidade de retenção de água, além de propriedades físicas  
69 e biológicas do solo (Adetunji *et al.*, 2020; Dawson & Smith, 2007). Portanto, este estudo teve

70 como objetivo avaliar o efeito de doses de composto associado ao calcário dolomítico na  
71 biometria, estado nutricional e fisiológico de plantas de açaizeiro em cultivo orgânico que  
72 contribua para a produção sustentável na Amazônia.

73

## 74 **2.2 MATERIAL E MÉTODOS**

### 75 **2.2.1 Caracterização da área de estudo**

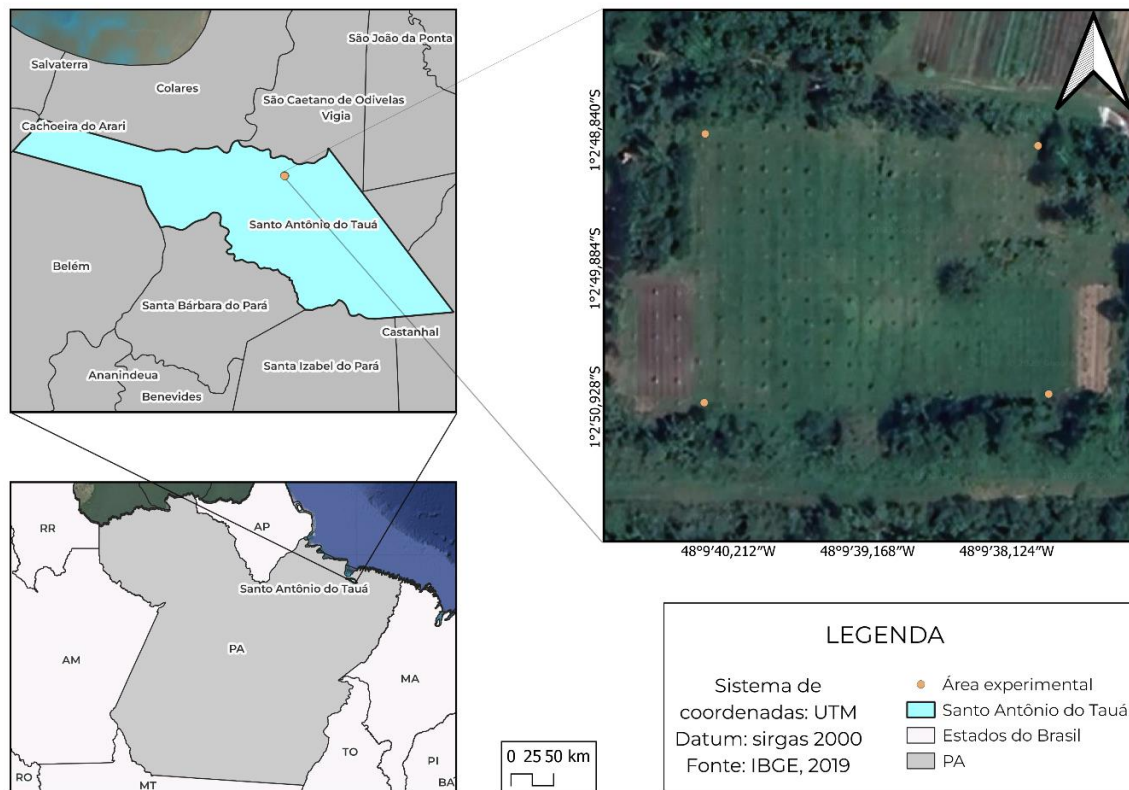
76 A área selecionada para este estudo está situada no município de Santo Antônio do Tauá  
77 – Pa (1°9'7" S, 48°7'44"W), com distância de 63,2 quilômetros de Belém, na comunidade de  
78 Campo Limpo, representada pela Associação dos Produtores e Produtoras Rurais de Campo  
79 Limpo – APROCAMP (1°2'S, 48°10'W), (IBGE, 2017). Como critério de escolha do local foi  
80 selecionada uma área experimental, em cultivo de açaizeiros solteiro BRS Pai d'Égua, no  
81 terceiro ano de cultivo, no espaçamento 5x5 e em uma área de aproximadamente 4200 m<sup>2</sup>,  
82 situada em associação de produtores rurais, sendo estes inclusos no sistema orgânico de  
83 produção no qual a maior parte da produção agrícola é destinada aos consumidores de produtos  
84 orgânicos e a agroindústria da Natura.

85 O clima do município é definido como do tipo Af - tropical úmido o qual não possui  
86 estação seca (classificação de Köppen-Geiger), onde a temperatura média anual mantém-se em  
87 torno de 26°C e precipitação pluviométrica anual comumente variando de 2500 a 3000 mm. De  
88 acordo com a série histórica de chuvas da base de dados Climate hazards Group InfraRed  
89 Precipitation with Stations (CHIRPS), durante os anos de 2018 e 2022 foi registrado entre 3100  
90 e 3700 mm anuais de chuvas na comunidade onde se encontra a área experimental.

91 De acordo com Auliyani e Wahyuningrum (2021), os dados gerados pelo produto  
92 CHIRPS podem ser usados para prever a precipitação anual e mensal na área de estudo.

93 A figura 1 descreve os limites do Estado (em cinza) e do município (em azul), além de  
94 identificar a localização da área experimental na cidade.

95 Figura 1 - Localização do experimento em Santo Antônio do Tauá, Pará, Brasil.



116 Tabela 2 - Atributos químicos e físicos do solo (camada 0-20 cm) de duas amostras compostas da área  
 117 experimental.

Área 1(A ser corrigida)		Área 2 (Sem correção)	
pH (H <sub>2</sub> O)	5,29	pH (H <sub>2</sub> O)	5,23
MO (g kg <sup>-1</sup> )	0,29	MO (g kg <sup>-1</sup> )	0,29
Al <sup>3+</sup> (cmolc dm <sup>-3</sup> )	0,83	Al <sup>3+</sup> (cmolc dm <sup>-3</sup> )	0,94
H <sup>+</sup> + Al <sup>3+</sup> (cmolc dm <sup>-3</sup> )	3,47	H <sup>+</sup> + Al <sup>3+</sup> (cmolc dm <sup>-3</sup> )	2,78
Ca <sup>2+</sup> (cmolc dm <sup>-3</sup> )	0,47	Ca <sup>2+</sup> (cmolc dm <sup>-3</sup> )	0,41
Mg <sup>2+</sup> (cmolc dm <sup>-3</sup> )	0,08	Mg <sup>2+</sup> (cmolc dm <sup>-3</sup> )	0,09
P (mg dm <sup>-3</sup> )	130,1	P (mg dm <sup>-3</sup> )	65,55
K (cmolc dm <sup>-3</sup> )	0,089	K (cmolc dm <sup>-3</sup> )	0,097
S (mg dm <sup>-3</sup> )	1	S (mg dm <sup>-3</sup> )	1
SB (cmolc dm <sup>-3</sup> )	0,64	SB (cmolc dm <sup>-3</sup> )	0,60
CTCT (cmolc dm <sup>-3</sup> )	4,11	CTCT (cmolc dm <sup>-3</sup> )	3,38
CTCt (cmolc dm <sup>-3</sup> )	1,47	CTCt (cmolc dm <sup>-3</sup> )	1,54
V%	15,57	V%	17,75
m%	56,46	m%	61,04
B (mg dm <sup>-3</sup> )	0,18	B (mg dm <sup>-3</sup> )	0,22
Cu (mg dm <sup>-3</sup> )	2,6	Cu (mg dm <sup>-3</sup> )	2,5
Fe (mg dm <sup>-3</sup> )	112	Fe (mg dm <sup>-3</sup> )	147
Mn (mg dm <sup>-3</sup> )	5,5	Mn (mg dm <sup>-3</sup> )	5,4
Zn (mg dm <sup>-3</sup> )	5,0	Zn (mg dm <sup>-3</sup> )	4,0
Ds (g cm <sup>-3</sup> )	1,35	Ds (g cm <sup>-3</sup> )	1,35
Areia total (g kg <sup>-1</sup> )	758	Areia total (g kg <sup>-1</sup> )	758
Silte (g kg <sup>-1</sup> )	46	Silte (g kg <sup>-1</sup> )	46
Argila (g kg <sup>-1</sup> )	196	Argila (g kg <sup>-1</sup> )	196

118 Fonte: Autor (2023).

119 pH: H<sub>2</sub>O; matéria orgânica (MO): Método Walkley-Black; Ca, Mg e Al<sup>3+</sup>: Titulação Complexometria; H<sup>+</sup> +  
 120 Al<sup>3+</sup>: Titulação por Neutralização (NaOH 0,025 mol L<sup>-1</sup>); P e K<sup>+</sup>: Mehlich<sup>-1</sup>; B, Cu, Fe, Mn, Zn: IAC; Areia  
 121 total, silte e argila: IAC \*Manual de Métodos de Análise de solo (TEIXEIRA *et al.*, 2017).

122

### 123 2.2.3 Caracterização do composto orgânico

124 O composto oriundo de resíduos orgânicos da comunidade de Campo Limpo - Santo  
 125 Antônio do Tauá/PA, é resultante do processo de compostagem dos seguintes resíduos: cama  
 126 aviária, resíduos agroindustriais como casca da andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.), cinza de  
 127 caldeira, caroço do cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*), murumuru (*Astrocaryum murumuru*)  
 128 e priprioca (*Cyperus articulatus* L.), os quais foram adquiridos após a trituração e prensagem  
 129 da matéria prima nas agroindústrias. Para a adição da quantidade de cada resíduo, levou-se em  
 130 consideração a proporção 2/1 dos materiais com a relação C/N maior (Casca de andiroba, Cinza  
 131 de caldeira, Murumuru) em comparação ao material com a relação C/N menor (Cama de  
 132 aviário, Priprioca e Caroço do cupuaçu).

133 No processo de compostagem, foi realizado o gerenciamento da temperatura em que  
 134 inicialmente verificou-se o aquecimento do material e, após 30 dias, houve a estabilização dessa  
 135 temperatura até a completa humificação do composto. Além disso, foi feito o gerenciamento da

136 umidade do material para que não houvesse paralização na atividade microbiana e nem  
137 decomposição anaeróbica (falta de oxigênio), bem como o revolvimento para a correta aeração  
138 do material. O processo de compostagem levou em torno de 90 dias para seguir os padrões  
139 exigidos pela Instrução Normativa Nº 61 de 8 de julho de 2020 do Ministério da Agricultura,  
140 Pecuária e Abastecimento/Secretaria de Defesa Agropecuária (BRASIL, 2020).

141 Após isso, as amostras do composto foram encaminhadas ao Laboratório Solos &  
142 Plantas (Selo de proficiência IAC) para caracterização físico-química, sendo determinados a  
143 matéria seca, os parâmetros como pH, densidade, matéria orgânica, carbono orgânico, relação  
144 C/N, bem como os teores de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S) e micronutrientes (B, Cu,  
145 Fe, Mn, Zn, Na, Mo e Al) (Vieira & Silva, 2009), como descritos na Tabela 3.

146  
147  
148

Tabela 3 - Caracterização físico-química do composto orgânico utilizado para a composição dos tratamentos aplicados.

Características	Unidade	Base Seca – 65°C
Teor de matéria seca	%	50
pH (CaCl <sub>2</sub> )	-	6,83
Densidade	g/dm <sup>3</sup>	0,50
Nitrogênio Total	%	2,24
Matéria Orgânica Total	%	67,37
Matéria Orgânica Compostável (Titulação)	%	27,59
Matéria Orgânica Resistente a Compostagem	%	39,78
Carbono Total (Orgânico e Mineral)	%	39,17
Carbono Orgânico	%	16,04
Resíduo Mineral Total	%	32,63
Relação C/N (C Total e N Total)	-	17/1
Relação C/N (C Orgânico e N Total)	-	7/1
Fósforo Total (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> Total)	%	1,05
Potássio (K <sub>2</sub> O Total)	%	0,88
Cálcio (Ca Total)	%	1,62
Magnésio (Mg Total)	%	0,63
Enxofre (S Total)	%	0,22
Boro (B Total)	ppm	25,35
Cobre (Cu Total)	ppm	89,45
Manganês (Mn Total)	ppm	193,19
Ferro (Fe Total)	ppm	3440
Zinco (Zn Total)	ppm	166,15
Sódio (Na Total)	ppm	214,08
Molibdênio (Mo Total)	ppm	7,08

149

Fonte: Autor (2023).

150

Teste realizado conforme Manual de Métodos Analíticos Oficiais para Fertilizantes e Corretivos, 2017.

151

Resíduos: Gravimétricos; N - (N - Total) = Liga de Raney; P, K, Ca, Mg, S, Na, B, Cu, Fe, Mn, Zn, Mo e Al =

152

Dig. Nítrica; Dt. ICP-OES; Carbono Orgânico - Método Volumétrico Dicromato de Potássio.

153

154

#### 2.2.4 Calagem e adubação

155

A quantidade de calcário aplicada foi feita com o intuito de elevar a saturação por bases

156

do solo para 60% (recomendado para a cultura do açaizeiro). Foram utilizadas 1,85 t ha<sup>-1</sup> de

157

calcário dolomítico (PRNT 98,45 %) em janeiro de 2023. A adubação (realizada em fevereiro

158

de 2023) foi distribuída em doses de 2, 4, 6, 8, 10 e 12 kg do composto orgânico de acordo com

159

cada tratamento nas parcelas experimentais. No que se refere ao tratamento controle, foi

160 utilizado a recomendação de acordo com o boletim regional do Estado do Pará, em que para a  
161 adubação nitrogenada e potássica foi utilizado 400 g/touceira (UREIA 45%) e 416,7 g/touceira  
162 (KCl 60%), respectivamente, além da adubação fosfatada com a aplicação de 195 g/touceira  
163 (SFT 41%). Para a adubação com micronutrientes, foi utilizado 75g/touceira de FTE BR 12  
164 (BRASIL *et al.*, 2020).

165

### 166 **2.2.5 Avaliações biométricas**

167 Para a realização das análises biométricas, em setembro de 2023, foram coletados dados  
168 das variáveis Altura do estipe - AE (m) que foi mensurado a partir da inserção das folhas até a  
169 emissão das raízes, a Circunferência do estipe - CE (cm) obtido a 10 cm do solo, Circunferência  
170 à altura do peito – CAP (cm) mensurada à altura do peito (1,30m) e Número de folhas - NF que  
171 foi obtido por meio da contagem das folhas existentes no estipe, exceto as folhas senescidas  
172 (Oliveira, 2005).

### 173 **2.2.6 Teor nutricional no tecido vegetal**

174 Para a avaliação do tecido vegetal utilizou-se a diagnose foliar, em que foram feitas  
175 amostragens na folha número 5 das plantas de açaizeiro, a qual é a mais indicada para  
176 representar o estado nutricional da cultura na região (Viégas *et al.*, 2022). Foram coletados em  
177 média seis folíolos de cada lado na parte central da folha diagnóstico (Nº 5), retirando-se as  
178 pontas para obtenção de uma lâmina central de 10 a 20 cm, sendo este procedimento realizado  
179 em setembro de 2023, no período de safra, devido a maior exportação de nutrientes para a  
180 colheita.

181 Posteriormente, as amostras foram secas em estufa de circulação forçada durante 72h a  
182 65 C°, após isso foram moídas em moinho tipo Wiley e enviadas ao laboratório de tecido vegetal  
183 no departamento de ciência do solo da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da  
184 Universidade de São Paulo – Esalq/USP para determinação de macro e micronutrientes  
185 (Miyazawa *et al.*, 2009).

186

### 187 **2.2.7 Conteúdo de clorofilas**

188 O índice de clorofila foi estimado por meio do medidor portátil de clorofila modelo  
189 SPAD –502 nos mesmos folíolos utilizadas para as medidas das trocas gasosas (Folha Nº 5), e,  
190 setembro de 2023. As leituras com o SPAD-502 foram feitas em três pontos da nervura central  
191 da folha, na face adaxial da folha e retiradas as médias.

192

### 193 **2.2.8 Trocas gasosas**

194 Os parâmetros de trocas gasosas foram estimados, em setembro de 2023, nos folíolos



195 da quinta folha fisiologicamente madura e completamente expandida, do ápice para a base.  
 196 Sendo estes: A taxa de assimilação líquida de CO<sub>2</sub> (*A*), condutância estomática ao vapor de  
 197 água (*g<sub>s</sub>*) e a taxa de transpiração (*E*), concentração intercelular de CO<sub>2</sub> (*C<sub>i</sub>*), a eficiência  
 198 intrínseca de carboxilação (*A/C<sub>i</sub>*) e a eficiência instantânea do uso da água (*A/E*).

199 Estas análises foram feitas quando a planta esteve em condições ambientais para estes  
 200 processos, usando um analisador portátil de gases a infravermelho do tipo sistema aberto (LI-  
 201 6400 XT, LI-COR, Lincoln, NE) sob uma concentração externa de CO<sub>2</sub> de 400 μmol mol<sup>-1</sup> de  
 202 ar e radiação fotossinteticamente ativa (PAR) artificial de 1000 μmol de fótons m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>. O  
 203 intervalo de medição (09 às 11h) foi ajustado de acordo com os resultados obtidos com curva  
 204 diurna de trocas gasosas para a espécie.

205

### 206 **2.2.9 Delineamento experimental**

207 O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados em esquema fatorial  
 208 7x2, sendo o fator 1 as seis doses (2, 4, 6, 8, 10 e 12 kg por planta) do composto orgânico bem  
 209 como o tratamento controle e o fator 2 as condições de com e sem calagem, com quatorze  
 210 tratamentos distribuídos em seis repetições, totalizando 84 unidades experimentais, em que  
 211 cada parcela experimental teve duas touceiras de açazeiro.

212

213 Quadro 1: Descrição dos tratamentos.

214

Tratamentos	Descrição	Sigla
T1	2 kg do composto orgânico com calagem	2 kg COCC
T2	4 kg do composto orgânico com calagem	4 kg COCC
T3	6 kg do composto orgânico com calagem	6 kg COCC
T4	8 kg do composto orgânico com calagem	8 kg COCC
T5	10 kg do composto orgânico com calagem	10 kg COCC
T6	12 kg do composto orgânico com calagem	12 kg COCC
T7	Adubação química com calagem	AQCC
T8	2 kg do composto orgânico sem calagem	2 kg COSC
T9	4 kg do composto orgânico sem calagem	4 kg COSC
T10	6 kg do composto orgânico sem calagem	6 kg COSC
T11	8 kg do composto orgânico sem calagem	8 kg COSC
T12	10 kg do composto orgânico sem calagem	10 kg COSC
T13	12 kg do composto orgânico sem calagem	12 kg COSC
T14	Adubação química sem calagem	AQSC

215 Fonte: Autor (2024).

### 216 **2.2.10 Condução do experimento e Análise de dados**

217 Na condução desta pesquisa, fez-se o manejo fitossanitário com o intuito de combater  
 218 pulgão e cochonilha em algumas plantas, para isso foi utilizado óleo de neem na proporção 200  
 219 mL para cada 20 L de água. Como instrumento de aplicação foi utilizado um pulverizador costal

220 de 20 L, utilizado na aplicação da calda formada. A roçagem era feita de forma corriqueira para  
221 não permitir que as plantas espontâneas competissem com os açazeiros. O calcário e a  
222 adubação de cobertura foram aplicados sobre o solo, sendo feito o processo de coroamento de  
223 acordo com a projeção da copa das plantas. 50% da adubação foi feita 30 dias após a calagem  
224 e os 50% restante 15 dias após a primeira.

225 Os dados desta pesquisa foram submetidos as pressuposições necessárias, seguindo com  
226 a análise de variância (ANOVA), sendo as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott ( $p$ -  
227 *valor*  $\leq 0,05$ ) e análise de regressão. Para a representação dos dados obtidos, foram calculados  
228 as médias e desvio padrão, além da construção de gráficos e tabelas no programa EXCEL,  
229 versão Microsoft 365. A Análise de correlação de Pearson foi realizada para avaliar as relações  
230 entre as variáveis. Além disso, os dados foram analisados por meio das análises de componentes  
231 principais (ACP). O software R versão 4.2.1 foi utilizado nas análises estatísticas (R Core Team  
232 2022).

233

## 234 **2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### 235 **2.3.1 Avaliações biométricas**

236 Os resultados obtidos, com grau de significância a 1% para cada equação, tanto com o  
237 uso de calcário agrícola quanto sem, indicam que a maior AE foi observada no tratamento que  
238 recebeu 8 kg do composto orgânico com calagem, proporcionando uma altura média de  
239 aproximadamente 3,6 e 3,26 m, sequencialmente, conforme a Figura 2A. No tratamento  
240 controle e no tratamento com 12 kg do composto, foram observados os menores valores médios  
241 de AE, variando de 2,18 a 2,37 m e de 2,10 a 2,74 m, respectivamente. Além disso, determinou-  
242 se que dose ótima deste fertilizante orgânico (máximo potencial biológico) é de 6,33 kg com  
243 calagem.

244 Para a variável CE, o uso da prática corretiva junto à dose de 8kg do composto  
245 influenciou em um maior resultado, com cerca de 68,22 cm. Os menores valores foram  
246 registrados no tratamento controle e na dose de 2 kg, oscilando entre 51,12 e 57,25 cm. A dose  
247 ótima nessa combinação é 7,69 kg do composto. Na ausência de calagem, a quantidade de 8 kg  
248 do adubo orgânico destacou-se, proporcionando CE mais alto, com valor médio de 58,63 cm.  
249 Por outro lado, os menores valores foram notados no tratamento controle e com a dose de 4 kg,  
250 com valores médios variando de 47,95 e 52,54 cm (Figura 2B).

251 Em relação à CAP, as doses 10 e 12 kg do composto, quando combinadas com a  
252 calagem, proporcionaram os maiores resultados com as médias variando entre 22,17 e 22,68  
253 cm. Por outro lado, os menores resultados foram observados no tratamento controle e na dose

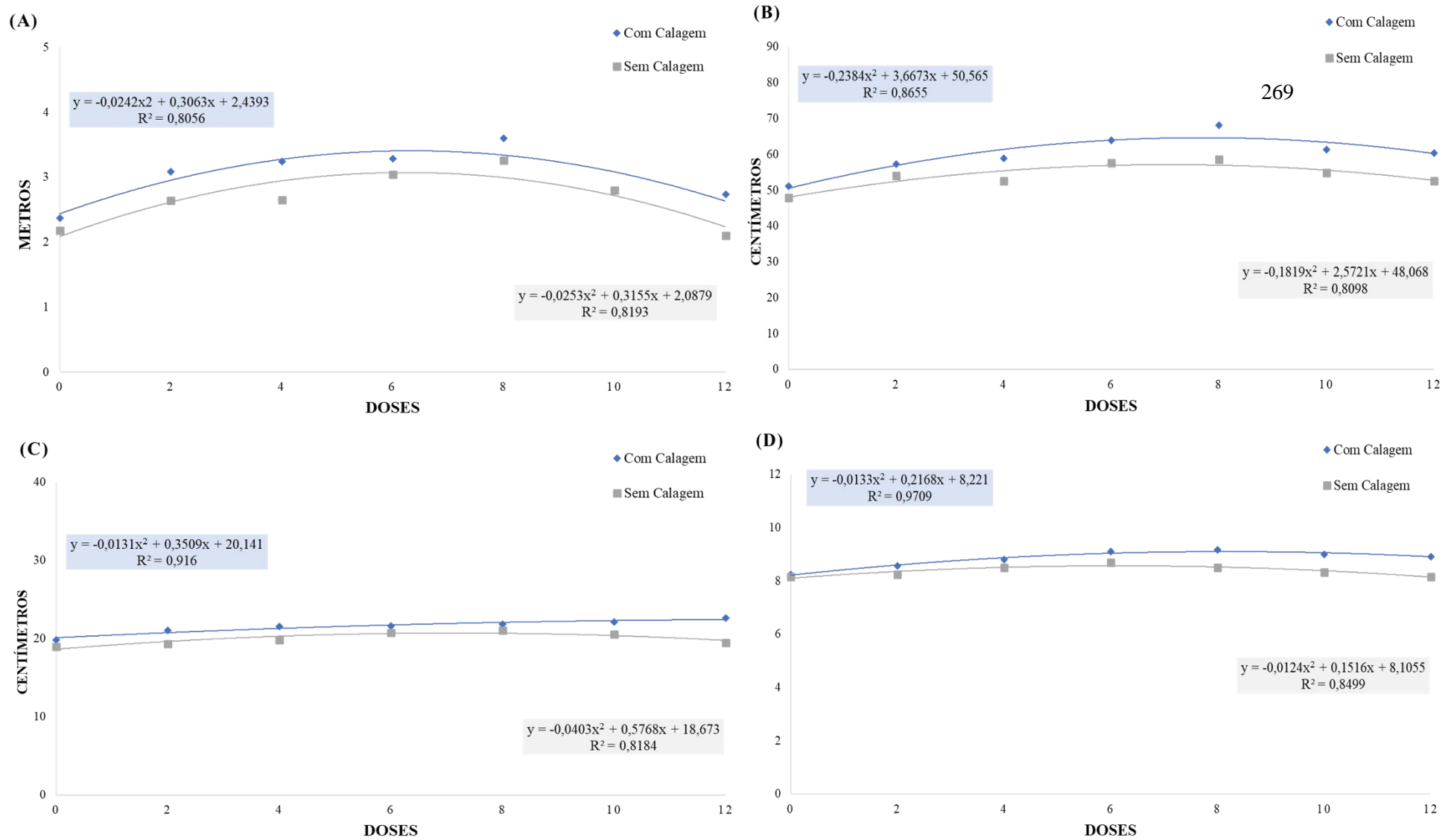
254 de 2 kg, com as médias alternando entre 19,86 e 21,10 cm. A dose máxima para CAP foi de  
255 13,39 kg do composto. Em contraste, para a combinação sem calagem, a dose de 6 kg do  
256 composto proporcionou a maior média (20,83 cm), enquanto o tratamento controle acarretou o  
257 valor médio de 19,02 cm (Figura 2C).

258 Na variável NF, tanto com o uso de calcário agrícola quanto sem, os maiores valores  
259 foram observados no tratamento que recebeu 8 kg do composto orgânico, com média por volta  
260 de 9 folhas, de acordo com a Figura 2. No tratamento controle, foi observado os menores valores  
261 médios de NF, com aproximadamente 8 folhas. A dose ótima deste composto para esta variável  
262 é de 8,15 kg com calagem.

263 Além disso, o efeito quelatizante da matéria orgânica faz com que estes nutrientes  
264 fundamentais para o crescimento das plantas sejam liberados de forma mais lenta,  
265 diferentemente do que ocorre com a adubação química.

266

267 Figura 2 – Variáveis biométricas Altura do Estipe (A), Circunferência do Estipe (B), Circunferência à Altura do Peito (C) e Número de Folhas (D) de plantas de açaizeiro em  
 268 função dos tratamentos.



270 Fonte: Autor (2024).

271

272 A AE aumenta com a adição do composto orgânico no solo, pois além de contribuir  
273 positivamente para as características físicas e biológicas do solo, melhorando a relação  
274 mutualística entre os microrganismos e as plantas, o que é fundamental na aquisição de  
275 nutrientes essenciais (Adetunji *et al.*, 2020; Dawson & Smith, 2007), também propicia melhor  
276 desenvolvimento radicular para buscar nutrientes no solo, esse insumo tem a composição com  
277 nutrientes essenciais para o crescimento das plantas (Möller & Schultheiß, 2015).

278 A exemplo do nitrogênio que é nutriente fundamental para o crescimento vegetativo,  
279 pois é preciso de N para que as células se dividam, ou seja, que o DNA seja replicado  
280 (duplicado) o que precisa de altas quantidades de nucleotídeos (sendo as bases nitrogenadas os  
281 componentes) (Tais, 2017). O ferro também é um micronutriente fundamental na promoção de  
282 crescimento de plantas, por ser essencial na fase fotoquímica da fotossíntese, estando  
283 diretamente envolvido na produção de fotoassimilados (Zhang *et al.*, 2019).

284 Nogueira & Conceição (2000) estudando crescimento de açaizeiro em manejo de  
285 palmito e cultivado em várzea do estuário amazônico, verificaram a AE de 1,94 e 3,15 metros  
286 para 36 e 48 meses de idade, respectivamente. Condé *et al.* (2020) verificaram maiores AE na  
287 condução do açaizeiro de diferentes idades em regime de touceira e no espaçamento 5x5.

288 O composto orgânico aumentou a CE possivelmente devido ao fornecimento de íons  
289  $\text{Ca}^{2+}$  e o micronutriente B, os quais desempenham funções estruturais importantes, por serem  
290 integrante de parede celular, dentre elas promover uma melhor divisão celular e,  
291 conseqüentemente, uma maior CE, bem como maior AE. Além de manter a integridade de  
292 várias organelas e influenciar em diversos processos na planta, por ser ativador enzimático  
293 (Kohli *et al.*, 2023; Fagan *et al.*, 2016; Prado, 2021). Ademais, CE aumentou devido aos íons  
294  $\text{Mg}^{2+}$  fornecidos por meio dos tratamentos, importante para o crescimento radicular e da parte  
295 aérea da planta, pois desempenha vários papéis na ativação de enzimas relacionadas à  
296 respiração celular e à fotossíntese, processos fundamentais no crescimento vegetal (Chen *et al.*,  
297 2018; Taiz *et al.*, 2017). Almeida *et al.* (2018) averiguaram maior crescimento em diâmetro do  
298 estipe, que tem relação com a circunferência do estipe, no sistema de monocultivo até os 360  
299 dias após transplantá-lo.

300 Uma grande quantidade de composto orgânico incrementou maiores resultados na CAP,  
301 sobretudo na presença da prática corretiva a qual neutraliza elementos tóxicos e aumenta o pH,  
302 para entorno de 5,5 e 6,5, o que aumenta a solubilidade de nutrientes essenciais (Campos *et al.*,  
303 2022; Jiang *et al.*, 2018; Zhang *et al.*, 2020) fornecidos pelo composto orgânico o qual é um

304 “reservatório de nutrientes” (Brady *et al.*, 2010; Gulhane *et al.*, 2023; Inik *et al.*, 2023).

305 O composto orgânico afetou positivamente no NF possivelmente devido ao  
 306 fornecimento e maior solubilidade de N que é o constituinte principal de proteínas, coenzimas,  
 307 componentes da membrana, clorofila, além de metabolitos orgânicos como aminoácidos,  
 308 aminas e fitohormônios, processos importantes no desenvolvimento da parte aérea e  
 309 crescimento das folhas (Bang *et al.*, 2021). O S também foi fundamental no incremento de NF  
 310 pois é componente de vitaminas, coenzimas e clorofila que permite a fotossíntese, está  
 311 envolvido na síntese de proteínas sendo fundamental para o crescimento. desenvolvimento e  
 312 qualidade das plantas (Zenda *et al.*, 2021; Narayan *et al.*, 2023). O Fe e o Zn também são  
 313 micronutrientes fundamentais para esta variável, por estarem relacionados a maior síntese de  
 314 clorofila e promoção de crescimento das plantas (Nandal; 2021; Zhang *et al.*, 2019)

315 Ressalta-se que todos os nutrientes essenciais, macro e micronutrientes, influenciam  
 316 positivamente nas variáveis biométricas, uma vez que a Lei do mínimo, formulada por Liebig,  
 317 diz que a produção das culturas são limitadas pelo nutriente em menor quantidade no solo  
 318 (Brady *et al.*, 2010; Lepsch, 2021; Van Raij, 2011).

319

### 320 **2.3.2 Avaliação nutricional no tecido vegetal**

321 As concentrações médias de N foliar foram maiores nos seguintes tratamentos: 8 kg  
 322 COCC, 10 kg COCC, 10 kg COSC e 12 kg COSC, variando entre 31,80 a 37,13 g.kg<sup>-1</sup>, e os  
 323 menores valores foram verificados nos tratamentos com 2 kg COCC, 4 kg COCC, 6 kg COCC,  
 324 AQCC, e 4 kg COSC ficando entre 2,37 e 7 g.kg<sup>-1</sup>. Para o P, não houve diferenças significativas  
 325 entre as concentrações médias, com os valores variando de 0,94 a 1,01 g.kg<sup>-1</sup>. Com relação ao  
 326 K, os maiores valores foram observados nos tratamentos 6 kg COCC, 8 kg COCC e 10 kg  
 327 COCC, com concentração média e 2 g.kg<sup>-1</sup> para ambos. Os demais tratamentos (2 kg COCC, 4  
 328 kg COCC, 12 kg COCC, AQCC, 2 kg COSC, 4 kg COSC, 6 kg COSC, 8 kg COSC, 10 kg  
 329 COSC, 12 kg COSC e AQSC) apresentaram os menores valores de concentração média,  
 330 variando entre 0,9 a 1,33 g.kg<sup>-1</sup> (Tabela 4).

331 Em relação ao Ca, as maiores concentrações foram encontradas nos tratamentos 2 kg  
 332 COCC, 4 kg COCC, 6 kg COCC, 8 kg COCC, 10 kg COCC, AQCC e 12 kg COSC com os  
 333 resultados oscilando de 2,43 a 3 g.kg<sup>-1</sup> e os menores valores foram verificados nos tratamentos  
 334 12 kg COCC, 2 kg COSC, 4 kg COSC, 6 kg COSC, 8 kg COSC, 10 kg COSC e AQSC, variando  
 335 entre 2 a 2,33 g.kg<sup>-1</sup>. As maiores concentrações foliares de magnésio foram notadas nos  
 336 tratamentos T4 e T7 com os resultados alternando entre 0,57 e 0,63 g.kg<sup>-1</sup> e os menores  
 337 resultados foram observados nos tratamentos 12 kg COCC, 2 kg COSC, 4 kg COSC, 6 kg

338 COSC, 8 kg COSC, 10 kg COSC e 12 kg COSC, com valores variando entre 0,37 e 0,47 g.kg<sup>-1</sup>  
 339 <sup>1</sup>. As concentrações foliares de S não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos,  
 340 com os valores variando entre 2,83 e 3,57 g.kg<sup>-1</sup> (Tabela 4).

341 Levando em consideração as concentrações foliares médias dos macronutrientes do  
 342 presente estudo, a ordem decrescente para o açazeiro foi N > S > Ca > K > P > Mg. Viegas *et*  
 343 *al.* (2022) encontrou a seguinte ordem decrescente para a cultura do açazeiro, considerando a  
 344 quinta folha: N > K > Ca > S > P > Mg. Para a cultura do coqueiro, Saldanha *et al.* (2017)  
 345 encontrou a seguinte ordem decrescente: N > Ca > K > Mg > P > S.

346

347 Tabela 4 – Concentrações médias, desvio padrão e coeficiente de variação de macronutrientes primários e  
 348 secundários em folhas de açazeiro, em função dos tratamentos.

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S
	g.kg <sup>-1</sup>					
T1	2,37 ± 0,51c	0,99 ± 0,01a	1,00 ± 0,00b	2,43 ± 0,12a	0,50 ± 0,00b	3,17 ± 0,31a
T2	3,53 ± 0,20c	1,01 ± 0,07a	1,00 ± 0,00b	2,97 ± 0,06a	0,53 ± 0,06b	3,03 ± 0,21a
T3	4,25 ± 0,40c	0,98 ± 0,02a	2,00 ± 0,0a	2,57 ± 0,51a	0,50 ± 0,00b	3,00 ± 0,66a
T4	33,60 ± 2,00a	1,00 ± 0,04a	2,00 ± 0,00a	2,67 ± 0,58a	0,63 ± 0,06a	2,83 ± 0,45a
T5	33,93 ± 3,43b	0,97 ± 0,03a	2,00 ± 0,00a	2,67 ± 0,57a	0,50 ± 0,00b	3,37 ± 0,40a
T6	21,00 ± 4,00c	0,95 ± 0,02a	1,33 ± 0,58b	2,00 ± 0,00b	0,46 ± 0,06c	3,53 ± 0,20a
T7	7,00 ± 1,00c	0,98 ± 0,02a	1,33 ± 0,50b	3,00 ± 0,00a	0,57 ± 0,11a	3,00 ± 0,53a
T8	22,20 ± 2,00b	0,96 ± 0,02a	1,00 ± 0,00b	2,00 ± 0,00b	0,47 ± 0,06c	2,93 ± 0,15a
T9	13,20 ± 3,00c	0,97 ± 0,01a	1,00 ± 0,01b	2,33 ± 0,58b	0,43 ± 0,05c	3,23 ± 0,40a
T10	24,60 ± 4,00b	0,97 ± 0,01a	0,93 ± 0,11b	2,00 ± 0,00b	0,40 ± 0,00c	3,00 ± 0,17a
T11	25,20 ± 1,00b	0,99 ± 0,02a	0,97 ± 0,06b	2,00 ± 0,00b	0,40 ± 0,01c	3,57 ± 0,25a
T12	37,13 ± 2,90a	0,99 ± 0,01a	1,00 ± 0,00b	2,00 ± 0,00b	0,40 ± 0,01c	3,53 ± 0,38a
T13	31,80 ± 3,00a	0,95 ± 0,02a	1,00 ± 0,00b	2,67 ± 0,58a	0,37 ± 0,05c	3,57 ± 0,40a
T14	25,13 ± 0,61b	0,94 ± 0,06a	0,9 ± 0,17b	2,00 ± 0,00b	0,50 ± 0,00b	3,40 ± 0,27a
CV (%)	11,79	3,30	18,55	13,48	10,36	11,53

349 Fonte: Autor (2024).

350 Digestões: sulfúrica (N); nitroperclórica (P, K, Ca, Mg, S, Cu, Zn, Mn e Fe); incineração (B). Determinações:  
 351 Colorimetria (P e B); turbidimetria (S); fotometria de chama (K); espectrofotometria de absorção atômica (k, Ca,  
 352 Mg, Cu, Zn, Mn e Fe). (Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes. 2ª edição revista e ampliada.  
 353 Embrapa, 2009). **Nota:** Médias seguidas pela mesma letra, em uma coluna, não apresentam diferença significativa  
 354 entre si.

355

356 O N é absorvido pelas plantas pelas formas Nítricas (NO<sub>3</sub>-), amoniacal (NH<sub>4</sub>+) e N  
 357 orgânico estando na forma de peptídeos e aminoácidos (Ganeteg *et al.*, 2017), sendo a forma  
 358 de nitrato a mais predominante (Prado, 2021). O elemento nitrogênio é um nutriente com alta  
 359 mobilidade nas plantas, se acumulando nos tecidos mais jovens (Fernandes *et al.*, 2018). Tem  
 360 participação em muitos processos fundamentais das plantas como fotossíntese e respiração  
 361 celular (Malavolta, 2006). Ribeiro (2017) verificou concentrações foliares de 23 g.Kg<sup>-1</sup> de N  
 362 em plantas adultas de açazeiro na Amazônia Oriental. Viégas *et al.* (2022) avaliando a folha  
 363 de número 5 em açazeiros com 4 anos e 8 meses de idade verificaram 25,6 g.kg<sup>-1</sup> de N. Em

364 plantas jovens de açazeiro, com 2 anos de idade adubadas com NPK, a concentração foliar de  
365 N foi de 13,1 g.kg<sup>-1</sup> de N (Cordeiro, 2011).

366 O P é um nutriente com alta mobilidade no tecido vegetal (Fernandes *et al.*, 2018), é um  
367 elemento importante para o metabolismo energético (ATP, NADPH) e fosfolipídios das  
368 membranas celulares (Bang *et al.*, 2021), além de ser essencial para o desenvolvimento  
369 radicular e melhoria do vigor de plantas (Malhotra *et al.*, 2018). Cordeiro (2011) verificou  
370 teores foliares de P de 1,0 g.kg<sup>-1</sup> em plantas de açazeiro de dois anos de idade sob adubação  
371 NPK. Avaliações em açazeiros sob adubação completa, da cultivar BRS Pai d'Égua com 8  
372 meses de idade, cultivadas em casa de vegetação, indicaram 1,0 g.kg<sup>-1</sup> de P (Araujo *et al.*, 2019).  
373 Lindolfo *et al.* (2020) estudando plantas com 9,5 anos de idade amostradas na folha de número  
374 6, verificaram o teor de 1,4 g.kg<sup>-1</sup> de P.

375 As palmeiras, principalmente o coqueiro (*Cocus Nucifera*), são pouco responsivas a  
376 adubação fosfata, podendo isto estar relacionado a um processo de adaptação da cultura a baixa  
377 disponibilidade do elemento nos solos tropicais amazônicos que são de mineralogia constituída,  
378 majoritariamente, por (hidro) óxidos de Fe (hematita ou goethita), Al (gibsite) e caulinita na  
379 fração argila, e quartzo na fração areia. Assim, o P pode estar disponível em solução ou não  
380 disponível (P-lábil), estando adsorvidos P nos óxidos citados anteriormente (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-P, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-  
381 P), ou precipitados (Fe-P, Al-P), ou estar totalmente indisponível na forma não lábil (Fontes &  
382 Alleoni, 2006; Hartemink, 2002; Penn & Camberato, 2019). Microrganismos como os fungos  
383 micorrízicos são importantes na captação de fósforo, além de aumentar a expressão de genes  
384 transportadores de fosfatos nas plantas.

385 O K também é um elemento de alta mobilidade nos tecidos das plantas (Fernandes *et*  
386 *al.*, 2018), atuando na regulação de processos osmóticos, ativação de enzimas e transporte de  
387 nutrientes, além de estar envolvido no desenvolvimento geral da planta (Sardans & Peñuelas,  
388 2021; Johnson *et al.*, 2022). Os microrganismos são fundamentais na solubilização de K,  
389 utilizando mecanismos como a secreção de ácidos orgânicos que atuam nessa solubilização por  
390 processos como acidólise, complexação e quelação. Viegas *et al.* (2009) estudaram açazeiros  
391 de 10 meses de idade sob adubação completa e com 10 meses de idade, verificaram o teor de  
392 3,5 g.kg<sup>-1</sup> de K. Em estudo com açazeiros de 2 anos de idade que receberam adubação com  
393 NPK, no município de Tome-Açú, foram verificadas concentrações de 4,6 g.kg<sup>-1</sup> nos folíolos  
394 (Cordeiro, 2011). Viegas *et al.* (2022) estudaram açazeiros de 4 anos e 8 meses de idade e  
395 verificaram na quinta folha o teor de 6,8 g kg<sup>-1</sup> de K. O coqueiro é uma palmeira que demanda  
396 K em grandes quantidades (Lima *et al.*, 2018).

397 O Ca é um nutriente com mobilidade limitada por ter baixa solubilidade e concentração



398 no floema das plantas (Prado, 2021). É um nutriente importante para estabilização das paredes  
399 celulares, atua como um mensageiro secundário em muitas vias de sinalização, afetando a  
400 divisão celular, a alongação do caule e a manutenção da integridade estrutural da planta  
401 (Hawkesford *et al.*, 2012; Kour *et al.*, 2023). Em estudo com açazeiros com 4 anos e 8 meses  
402 de idade amostrando a folha de número 5, verificou-se o teor de 4,8 g.kg<sup>-1</sup> de Ca (Viéguas *et al.*,  
403 2020). Em plantas adultas de populações nativas de várzea, no Marajó/Pa, a concentração de  
404 Ca verificada foi de 4,4 g.kg<sup>-1</sup> (Brasil, Nascimento e Sobrinho, 2009). Em estudo com açazeiros  
405 de 2 anos sob adubação com NPK, verificou-se a concentração de Ca de 1,9 g.kg<sup>-1</sup>.

406 O Mg é um elemento móvel no floema das plantas, uma vez que parte fundamental do  
407 Mg se encontra solúvel (Prado, 2021). É um nutriente que auxilia no crescimento e  
408 desenvolvimento das plantas, sendo componente central da clorofila ou seja, influencia na  
409 fotossíntese (Chen *et al.*, 2018; Guo *et al.*, 2016; Tian *et al.*, 2021). Viegas *et al.* (2022)  
410 estudaram plantas com 4 anos e 8 meses de idade e verificaram na folha de número 5 a  
411 concentração média de 0,1 g.kg<sup>-1</sup> de Mg. Em estudo no município de Tome-Áçu/Pa em  
412 açazeiros com 9,5 anos de idade, foi verificado na folha de número 6 uma concentração média  
413 de 1,0 g.kg<sup>-1</sup> de Mg (Lindolfo *et al.*, 2020). Cordeiro (2011) verificou a concentração de 0,5  
414 g.kg<sup>-1</sup> de Mg em açazeiros de 2 anos sob adubação NPK.

415 Em relação ao S, é um nutriente com pouca redistribuição no tecido vegetal, ou seja, é  
416 pouco móvel na planta (Prado, 2021). Ademais, este elemento é componente de aminoácidos,  
417 vitaminas e coenzimas, síntese de proteínas e clorofila, assim importante para a fotossíntese,  
418 portanto, é essencial para o crescimento, desenvolvimento e qualidade das plantas (Narayana *et*  
419 *al.*, 2023; Zenda *et al.*, 2021). Ribeiro *et al.* (2020) estudaram plantas de açazeiros fertirrigados  
420 com 7 anos de idade no município de Tome-Áçu/Pa, verificaram a concentração foliar de 3,1  
421 g.kg<sup>-1</sup> de S. Em açazeiros com 4 anos e 8 meses de idade, Viéguas *et al.* (2022) verificaram na  
422 folha de número 5 a concentração de 2,7 g.kg<sup>-1</sup> de S. Cordeiro Em açazeiros com 2 anos de  
423 idade que receberam adubação com NPK, no município de Tomé-Áçu, foi verificado a  
424 concentração de 1,9 de S.

425 O maior resultado da concentração foliar de B foi verificado no tratamento 10 kg COSC,  
426 com média de 55,43 mg.kg<sup>-1</sup> e os menores valores foram verificado nos tratamentos 12 kg  
427 COCC e 2 kg COSC, alternando entre 19,27 e 19,43 mg.kg<sup>-1</sup>. Em relação as concentrações  
428 foliares de Fe, não houve diferença estatística entre os tratamentos, com as médias variando de  
429 1 a 1,67 mg.kg<sup>-1</sup>. Para as concentrações foliares de Mn, houve maiores valores nos tratamentos  
430 2 kg COCC, 4 kg COCC, 6 kg COCC, 8 kg COCC, 10 kg COCC, AQCC, 8 kg COSC, 12 kg  
431 COSC e AQSC, com as médias variando de 2,67 a 3,67 mg.kg<sup>-1</sup>, enquanto os menores valores

432 foram observados nos tratamentos 12 kg COCC, 2 kg COSC, 4 kg COSC, 6 kg COSC e 10 kg  
433 COSC, com as médias oscilando entre 0,93 a 1,93 mg.kg<sup>-1</sup> (Tabela 5).

434 Levando em consideração as concentrações foliares médias dos micronutrientes do  
435 presente estudo, a ordem decrescente para o açazeiro foi B > Mn > Fe.

436

437 Tabela 5 – Concentrações em média, desvio padrão e coeficiente de variação de micronutrientes em folhas de  
438 açazeiro, em função dos tratamentos.

Tratamentos	B	Fe	Mn
	mg.kg <sup>-1</sup>		
T1	48,80 ± 3,46b	1,67 ± 0,57a	3,67 ± 0,57a
T2	47,23 ± 0,89b	1,27 ± 0,46a	2,83 ± 0,76a
T3	41,93 ± 1,15c	1,63 ± 0,55a	2,67 ± 0,57a
T4	24,47 ± 0,58e	1,06 ± 0,11a	2,67 ± 0,15a
T5	36,57 ± 1,15d	1,00 ± 0,00a	2,67 ± 0,58a
T6	19,27 ± 1,15f	1,00 ± 0,00a	0,93 ± 0,11b
T7	38,13 ± 7,40d	1,33 ± 0,58a	3,00 ± 1,00a
T8	19,43 ± 1,10f	1,00 ± 0,01a	1,07 ± 0,11b
T9	23,30 ± 1,73e	1,00 ± 0,00a	1,93 ± 0,11b
T10	34,07 ± 2,31d	1,00 ± 0,00a	0,97 ± 0,06b
T11	29,93 ± 1,85e	1,00 ± 0,01a	2,67 ± 0,57a
T12	55,43 ± 4,62a	1,00 ± 0,01a	1,00 ± 0,00b
T13	26,27 ± 2,31e	1,00 ± 0,02a	3,33 ± 0,60a
T14	24,87 ± 3,21e	1,33 ± 0,57a	2,67 ± 0,58a
CV (%)	8,37	26,70	26,81

439 Fonte: Autor (2024).

440 Digestões: sulfúrica (N); nitroperclórica (P, K, Ca, Mg, S, Cu, Zn, Mn e Fe); incineração (B). Determinações:  
441 Colorimetria (P e B); turbidimetria (S); fotometria de chama (K); espectrofotometria de absorção atômica (K, Ca,  
442 Mg, Cu, Zn, Mn e Fe). (Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes. 2ª edição revista e ampliada.  
443 Embrapa, 2009). **Nota:** Médias seguidas pela mesma letra, em uma coluna, não apresentam diferença significativa  
444 entre si, segundo o teste de Scoot-Knott (p-valor ≤ 0,05).

445

446 O B é um elemento que é pouco redistribuído nas plantas, uma vez que é considerado  
447 de baixa mobilidade no floema, semelhante ao Ca (Prado, 2021). É um nutriente que participa  
448 na regulação da integridade estrutural e de membrana da parede celular, membrana plasmática,  
449 mobilidade de íons através da membrana, divisão e alongamento celular, crescimento  
450 reprodutivo, como a formação de pólen, a retenção de flores, atua também na síntese de  
451 carboidratos e proteínas (Camacho-Cristóbal *et al.*, 2008; Hänsch & Mendel, 2009; Kohli *et al.*,  
452 2023). Lindolfo *et al.* (2020) avaliaram açazeiros com 6 anos de idade amostrado na folha 6,  
453 verificando a concentração média de 14,90 mg.kg<sup>-1</sup> de B. Em açazeiros fertirrigados com 7  
454 anos de idade, amostrados nas folhas 4 e 5, foi verificado a concentração de 51,00 mg.kg<sup>-1</sup> de  
455 B. Em açazeiros do município de Tomé-Áçu com 2 anos de idade, que receberam adubação

456 com NPK, foi verificado a concentração de B de 17,00 mg.kg<sup>-1</sup>.

457 O Fe é pouco redistribuído pelo floema das plantas, ou seja, este elemento é pouco móvel  
458 (Prado, 2021). Nas plantas, este nutriente está envolvido na síntese de clorofila, sendo essencial  
459 para a manutenção da estrutura e função dos cloroplastos, sendo essencial no sistema de  
460 transporte de elétrons e construção de aglomerados e aparato fotossintético, demonstrando que o  
461 ferro está diretamente envolvido na atividade fotossintética das plantas e, por consequência, em  
462 sua produtividade (Rout & Sahoo, 2015; Zhang *et al.*, 2019). Em açazeiros com 4 anos e 8  
463 meses de idade amostrados na quinta folha, foi verificado a concentração de 118 mg.kg<sup>-1</sup> de Fe  
464 (Viegas *et al.* 2022). Lindolfo *et al.* (2020) estudaram açazeiros com 9 anos de idade,  
465 precisamente na folha 6, e verificaram a concentração de 153 mg.kg<sup>-1</sup> de Fe.

466 O Mn é um nutriente com redistribuição limitada devido a sua baixa concentração no  
467 floema (Prado, 2021). É um nutriente que está envolvido em processos metabólicos como  
468 respiração, fotossíntese, síntese de aminoácidos, cofator enzimático e ativação hormonal,  
469 portanto, contribui para o rendimento das culturas (Millaleo *et al.*, 2010; Rashed *et al.*, 2019).  
470 Em estudo com açazeiros de 9,5 anos de idade amostrado na folha 6, a concentração média  
471 encontrada de Mn foi de 44,6 mg.kg<sup>-1</sup>. Cordeiro (2011) avaliando plantas de 2 anos de idade  
472 sob adubação NPK verificou a concentração média de 180 mg.kg<sup>-1</sup> de Mn.

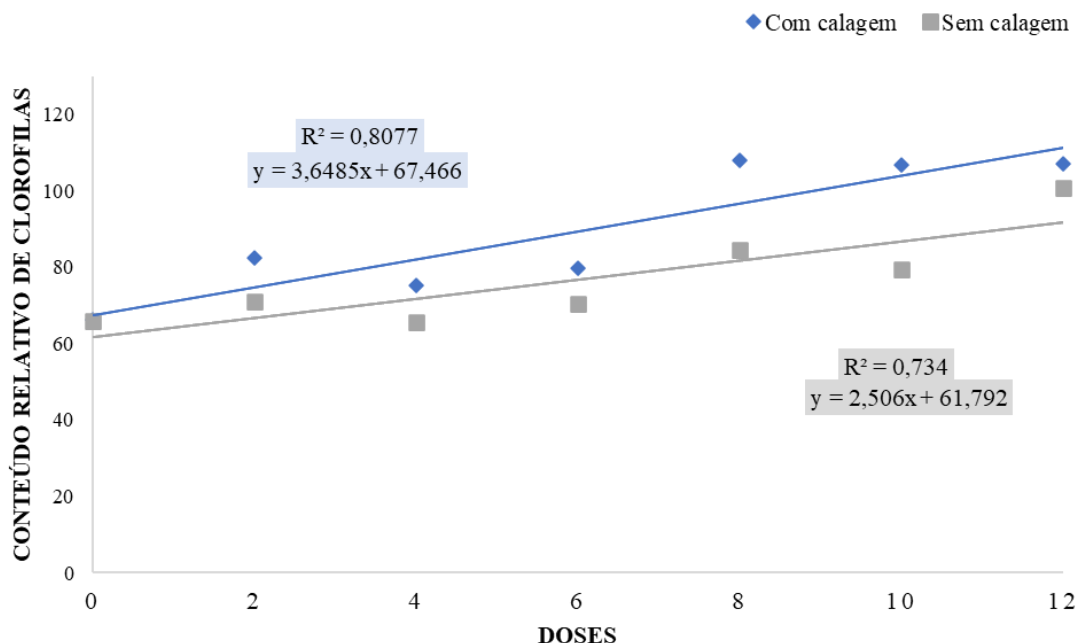
473 Veloso *et al.* (2020) frisam que ainda não há recomendação de concentração adequada  
474 de nutrientes para o açazeiro cultivado no Estado do Pará.

475

### 476 **2.3.3 Avaliação do conteúdo relativo de clorofila**

477 Os resultados obtidos para o conteúdo relativo de clorofila (índice SPAD), com grau de  
478 significância a 1% para a equação, mostraram que os maiores valores foram influenciados  
479 positivamente pela combinação entre a calagem e a dose de 8kg do composto orgânico, com  
480 valor médio de 107,97 unidades SPAD. O menor resultado foi verificado no tratamento  
481 controle, com 66,07 unidades SPAD. Na ausência de calagem, a quantidade de 12 kg de  
482 composto propiciou a maior média, com aproximadamente 100 unidades SPAD e o menor  
483 resultado médio foi observado no tratamento controle, com 66,03 unidades SPAD.

484 Figura 3 – Variação do conteúdo relativo de clorofila (índice SPAD) na quinta folha de açazeiros.



485

486 Fonte: Autor (2024).

487

488 O principal pigmento relacionado a absorção de luz é a clorofila, ou seja, é fundamental  
 489 para a fase fotoquímica da fotossíntese, sobretudo a Clorofila *a*. Compreender o nível de  
 490 clorofila nas folhas das plantas há tempos vem sendo utilizado demonstrar o a condição de saúde  
 491 vegeta, capacidade fotossintética, estado fisiológico e a produtividade dessas plantas (Houborg  
 492 *et al.*, 2015; Steele *et al.*, 2008).

493

#### 494 2.3.4 Avaliação de trocas gasosas

495 No que diz respeito às médias de *A*, não se verificou diferença estatística entre os  
 496 tratamentos, com os resultados variando entre 7,25 a 8,98  $\mu\text{mol de CO}_2/\text{m}^2.\text{s}^{-1}$ . Para *g<sub>s</sub>*, os  
 497 maiores resultados foram verificados nos tratamentos T3 e T10, sendo as médias variando de  
 498 62,55 a 62,58  $\text{mmol.H}_2\text{O}/\text{m}^2.\text{s}^{-1}$ , enquanto os menores resultados foram observados nos  
 499 tratamentos 4 kg COCC, 8 kg COCC, 12 kg COCC e AQCC, com as médias variando de 34,39  
 500 a 38,90  $\text{mmol.H}_2\text{O}/\text{m}^2.\text{s}^{-1}$ . Para a *E*, as maiores médias foram registradas nos tratamentos 6 kg  
 501 COCC e 6 kg COSC com valores oscilando de 2,09 a 2,10  $\text{mol.H}_2\text{O}/\text{m}^2.\text{s}^{-1}$  e os menores  
 502 resultados registrados nos tratamentos 4 kg COCC, 8 kg COCC, 12 kg COCC, AQCC e AQSC,  
 503 variando de 1,31 a 1,43  $\text{mol.H}_2\text{O}/\text{m}^2.\text{s}^{-1}$  (Tabela 6).

504 Tabela 6 –Médias, desvio padrão e coeficiente de variação da taxa de assimilação líquida de CO<sub>2</sub> (A), condutância  
 505 estomática ao vapor d'água ( $g_s$ ), transpiração (E) em plantas jovens de açaizeiro sob doses de adubação orgânica,  
 506 na presença e ausência de calagem.

Tratamentos	A	$g_s$	E
	$\mu\text{mol de CO}_2/\text{m}^2.\text{s}^{-1}$	$\text{mmol.H}_2\text{O}/\text{m}^2.\text{s}^{-1}$	$\text{mol.H}_2\text{O}/\text{m}^2.\text{s}^{-1}$
T1	8,98 ± 2,5a	58,56 ± 0,58b	1,81 ± 0,02c
T2	6,68 ± 8,8a	36,67 ± 1,15e	1,32 ± 0,04e
T3	7,67 ± 0,96a	62,55 ± 2,33a	2,09 ± 0,06a
T4	6,72 ± 0,84a	38,90 ± 1,74e	1,36 ± 0,02e
T5	7,65 ± 0,42a	57,10 ± 2,68b	1,96 ± 0,05b
T6	7,39 ± 2,06a	37,67 ± 4,93e	1,43 ± 0,21e
T7	5,64 ± 0,79a	34,39 ± 2,11e	1,31 ± 0,16e
T8	8,21 ± 0,59a	51,17 ± 1,75d	1,75 ± 0,04d
T9	7,68 ± 1,14a	54,95 ± 1,63c	1,88 ± 0,07c
T10	8,50 ± 1,03a	62,58 ± 1,45a	2,10 ± 0,05a
T11	7,91 ± 1,36a	56,76 ± 1,90b	1,83 ± 0,04c
T12	7,36 ± 1,13a	49,25 ± 1,64d	1,68 ± 0,06d
T13	7,25 ± 1,51a	58,91 ± 1,89b	1,92 ± 0,05b
T14	7,44 ± 0,74a	53,73 ± 1,16c	1,39 ± 0,03e
CV (%)	15,83	4,12	4,55

507 Fonte: Autor (2024). Nota: Médias seguidas pela mesma letra, em uma coluna, não apresentam diferença  
 508 significativa entre si.

509  
 510 A é uma variável de trocas gasosas que se refere a diferença entre o quanto a planta está  
 511 ganhando de carbono (fotossíntese total) e o quanto ela está perdendo (respiração e  
 512 fotorrespiração). No que se refere à E, é a taxa de perda de água das folhas para a atmosfera que  
 513 ocorre devido ao aumento da concentração de vapor d'água dentro da folha em relação ao ar  
 514 adjacente, além do maior grau de abertura dos estômatos ( $g_s$ ), ou seja, quando muito abertos  
 515 oferecem menor resistência a saída do vapor d'água. Assim,  $g_s$  mede a capacidade de um  
 516 conjunto de estômatos em determinada unidade de área foliar em conduzir vapor d'água, por  
 517 unidade de tempo (Hunt, 2003; Lambers *et al.*, 2008; Xiong & Nadal, 2020).

518 De forma geral, os resultados de A indicam que o composto orgânico foi importante pois  
 519 a planta está fotossintetizando, ou seja, produzindo (pelo ciclo de Calvin) a triose fosfatada, que  
 520 é o produto imediato gerado na fase bioquímica da fotossíntese, a qual é importantes na  
 521 formação de diversos compostos na planta (Buchanan *et al.*, 2015; Taiz, 2017).

522 Em relação a  $g_s$  e E, a adubação orgânica foi fundamental uma vez que é possível  
 523 verificar maiores resultados quando comparados ao manejo convencional. É importante que as  
 524 plantas abram os estômatos, equilibradamente com a reposição de água via solo, pois é por meio  
 525 desse processo que elas assimilam CO<sub>2</sub>, que é o gás essencial para a fotossíntese (fase  
 526 bioquímica), bem como no processo transpiratório (por terem forte correlação), sendo esse  
 527 último essencial para que haja tensão no xilema dos vegetais e conseqüentemente, por um  
 528 gradiente de potencial hídrico, haja absorção de água (e íons móveis via fluxo de massa) do

529 solo para a parte aérea das plantas (Buchanan *et al.*, 2015; Chowdhury *et al.*, 2022; Taiz, 2017).  
 530 Com relação a  $C_i$ , o maior valor foi verificado no tratamento T5, com média de 324,62  
 531  $\mu\text{mol de CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ ar}$ . Os tratamentos 2 kg COCC, 4 kg COCC, 12 kg COCC, AQCC, 8 kg  
 532 COSC, 10 kg COSC e 12 kg COSC apresentaram as menores médias, oscilando entre 130,53 a  
 533 137,96  $\mu\text{mol de CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ ar}$ . Para  $A/E$ , não foi verificado diferença estatística entre os  
 534 tratamentos, com as médias variando de 3,65 a 5,35. Em relação a  $A/C_i$ , os maiores valores foram  
 535 observados nos tratamentos 2 kg COCC, 4 kg COCC, 6 kg COCC, 12 kg COCC, 2 kg COSC,  
 536 4 kg COSC, 6 kg COSC, 8 kg COSC, 10 kg COSC e 12 kg COSC com os valores variando de  
 537 0,04 a 0,07, enquanto os menores valores sendo verificados no tratamento T5, com média de  
 538 0,02 (Tabela 7).

539  
 540  
 541  
 542

Tabela 7 – Médias, desvio padrão e coeficiente de variação da concentração intercelular de  $\text{CO}_2$  ( $C_i$ ), eficiência instantânea no uso da água ( $A/E$ ) e eficiência intrínseca de carboxilação ( $A/C_i$ ) em plantas jovens de açaizeiro sob doses de adubação orgânica, na presença e ausência de calagem.

Tratamentos	$C_i$	$A/E$	$A/C_i$
	$\mu\text{mol de CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ ar}$	-	-
T1	131,81 $\pm$ 0,86e	4,97 $\pm$ 1,41a	0,07 $\pm$ 0,02a
T2	137,96 $\pm$ 1,12e	5,07 $\pm$ 0,73a	0,04 $\pm$ 0,01a
T3	148,62 $\pm$ 1,51c	3,65 $\pm$ 0,36a	0,05 $\pm$ 0,006a
T4	173,17 $\pm$ 2,83b	4,94 $\pm$ 0,55a	0,03 $\pm$ 0,005b
T5	324,62 $\pm$ 2,34a	3,90 $\pm$ 0,31a	0,02 $\pm$ 0,001c
T6	130,53 $\pm$ 4,45e	5,21 $\pm$ 7,43a	0,06 $\pm$ 0,01a
T7	135,39 $\pm$ 1,63e	4,36 $\pm$ 1,05a	0,04 $\pm$ 0,006b
T8	150,65 $\pm$ 1,04c	4,70 $\pm$ 0,38a	0,05 $\pm$ 0,01a
T9	144,83 $\pm$ 3,79d	4,07 $\pm$ 0,45a	0,05 $\pm$ 0,01a
T10	142,74 $\pm$ 2,09d	4,03 $\pm$ 0,42a	0,06 $\pm$ 0,01a
T11	132,76 $\pm$ 2,67e	4,33 $\pm$ 0,84a	0,06 $\pm$ 0,01a
T12	131,97 $\pm$ 6,73e	4,37 $\pm$ 0,64a	0,06 $\pm$ 0,01a
T13	135,04 $\pm$ 1,75e	3,78 $\pm$ 0,80a	0,05 $\pm$ 0,01a
T14	168,34 $\pm$ 5,54b	5,35 $\pm$ 0,49a	0,03 $\pm$ 0,004b
CV (%)	2,1	16,61	17,07

543 Fonte: Autor (2024). Nota: Médias seguidas pela mesma letra, em uma coluna, não apresentam diferença  
 544 significativa entre si.

545  
 546

547  $C_i$  diz respeito a concentração de  $\text{CO}_2$  nos espaços intercelulares. Verifica-se que o  
 548 composto orgânico associado a calagem influenciaram positivamente nessa variável, apesar de  
 549 não ser o  $\text{CO}_2$  presente no estroma dos cloroplastos, essa medida auxilia na compressão do  $\text{CO}_2$   
 550 que pode proporcionar o funcionamento da fase bioquímica da fotossíntese, a qual também  
 551 depende de ATP, NADPH (produzidos na fase fotoquímica) e luz para o pleno funcionamento  
 552 (Buchanan *et al.*, 2015; Taiz, 2017).

553  $A/E$  refere-se à eficiência da planta ao usar a água, sendo esse processo regulado ao se

554 combinar as características das culturas e os fatores genéticos (Xia *et al.*, 2021). Com os  
 555 resultados obtidos para esta variável, percebe-se que o manejo dos nutrientes é fator  
 556 fundamental uma vez que a fertilização não se limita apenas por proporcionar crescimento de  
 557 raízes e expansão do seu espaço para alimentação de água, porém igualmente possibilita o  
 558 aumento da copa das plantas, equilibra a transpiração-evaporação, aumentando essa relação e  
 559 melhorando a eficiência do uso da água pelas culturas agrícolas (Jákli *et al.*, 2018; Trachsel *et*  
 560 *al.*, 2013).

561 Com relação a variável  $A/C_i$ , esta é necessária para se verificar a taxa de carboxilação  
 562 da enzima Ribulose 1,5 Bifosfato, a Rubisco. Sendo importante, pois esta enzima tem duas  
 563 funções, podendo usar na sua reação tanto  $O_2$  como o  $CO_2$ . Ou seja, a carboxilação (quando a  
 564 enzima funciona usando  $CO_2$ ) diz respeito a produção de duas moléculas de 3 fosfoglicerato  
 565 que serão reduzidas a triose fosfatada (importante para a formação de muitos compostos na  
 566 planta) no ciclo de Calvin (Buchanan *et al.*, 2015; Taiz, 2017). Ou seja, a fertilização orgânica  
 567 foi fundamental para os resultados obtidos.

568

### 569 **2.3.5 Correlação e Análises de Componentes Principais (ACP)**

570 No que diz respeito às variáveis biométricas, a variável AE demonstrou uma correlação  
 571 significativa com CE, CAP, NF e P. Quanto à variável CE, observa-se uma correlação  
 572 significativa com as variáveis AE, CAP, NF, K e SPAD. Em relação à variável CAP, esta  
 573 apresenta correlação significativa com AE, CE, NF, K e SPAD. O NF apresenta correlação  
 574 significativa com AE, CE, CAP, K e SPAD (Figura 4).

575 No que se refere ao K, este elemento apresenta correlação significativa com as variáveis  
 576 CE, CAP, NF e Ca. O Ca apresenta uma correlação significativa com K, Mg, Mn e  $A/C_i$   
 577 (negativa). Em relação os Mg, este apresenta uma correlação significativa com Ca, Fe, S  
 578 (negativa),  $E$  (negativa),  $A/C_i$  (negativa). Para S, observa-se uma correlação significativa com  
 579 Mg (negativa) (Figura 4).

580 Para os micronutrientes, o B apresenta uma correlação significativa com P. O Fe tem  
 581 uma correlação significativa com Mg, Mn e  $A/E$  e  $E$  (negativa). Referente ao Mn, este tem uma  
 582 correlação significativa com Ca Fe (Figura 4).

583 O Conteúdo Relativo de Clorofila (SPAD) tem correlação significativa com CE, CAP e  
 584 NF (Figura 4).

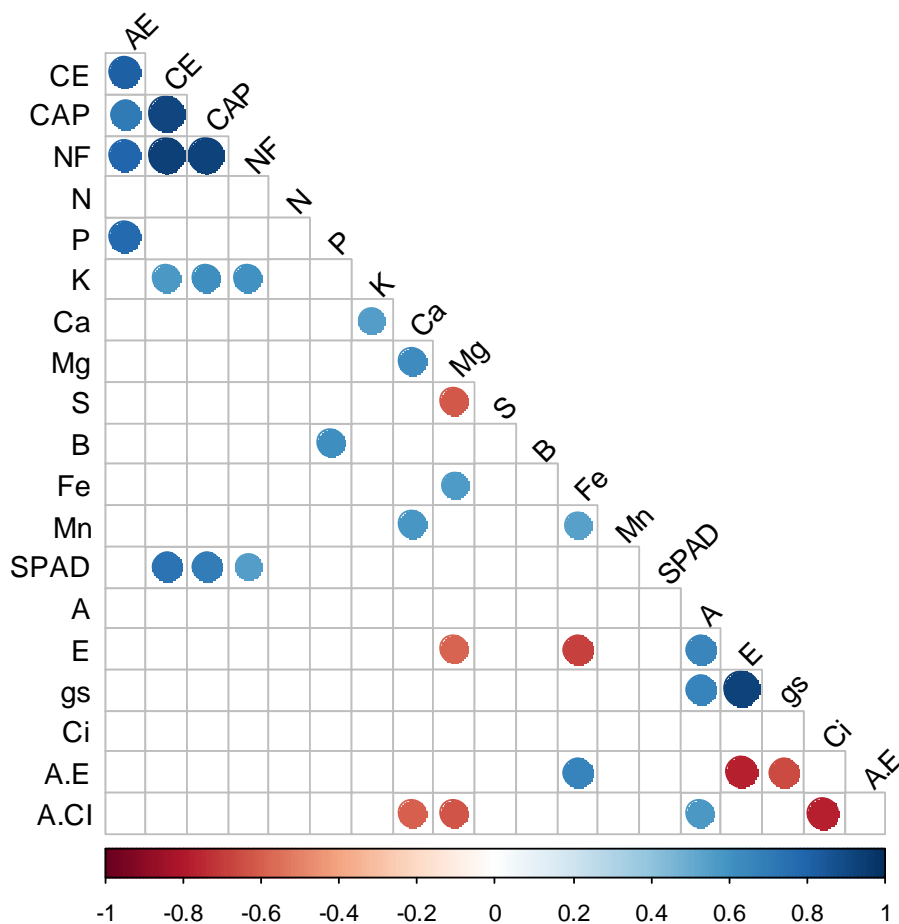
585 Para as variáveis de trocas gasosas, a  $A$  tem correlação significativa com  $E$ ,  $g_s$  e  $A/C_i$ .  
 586 Quanto a  $E$ , observa-se uma correlação significativa com  $A$ ,  $g_s$ , Mg (negativa), Fe (negativa) e  
 587  $A/E$  (negativa). A variável  $g_s$  tem uma correlação significativa com  $A$ ,  $E$  e  $A/E$  (negativa)

588 (Figura 4).

589 Em relação a  $C_i$ , esta tem uma correlação significativa com  $A/C_i$  (negativa). Quanto a  
 590  $A/E$ , verifica-se uma correlação significativa com Fe,  $E$  (negativa),  $g_s$  (negativa). Para a  $A/C_i$ ,  
 591 observa-se uma correlação significativa com  $A$ , Ca (negativa), Mg (negativa) e  $C_i$  (negativa)  
 592 (Figura 4).

593

594 Figura 4. Matriz de Correlação de Pearson entre as variáveis Altura do Estipe (AE), Circunferência do Estipe (CE),  
 595 Circunferência à Altura do Peito (CAP), Número de Folhas (NF), Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio  
 596 (Ca), Magnésio (Mg), Enxofre (S), Boro (B), Ferro (Fe), Manganês (Mn), Conteúdo Relativo de Clorofila (SPAD),  
 597 Assimilação Líquida de  $CO_2$  ( $A$ ), Condutância Estomática ao Vapor d'água ( $g_s$ ), Transpiração ( $E$ ), Concentração  
 598 Intercelular de  $CO_2$  ( $C_i$ ), Eficiência instantânea o Uso da Água ( $A/E$ ) e Eficiência Intrínseca de Carboxilação  
 599 ( $A/C_i$ ).



600

601 Fonte: Autor (2024).

602

603

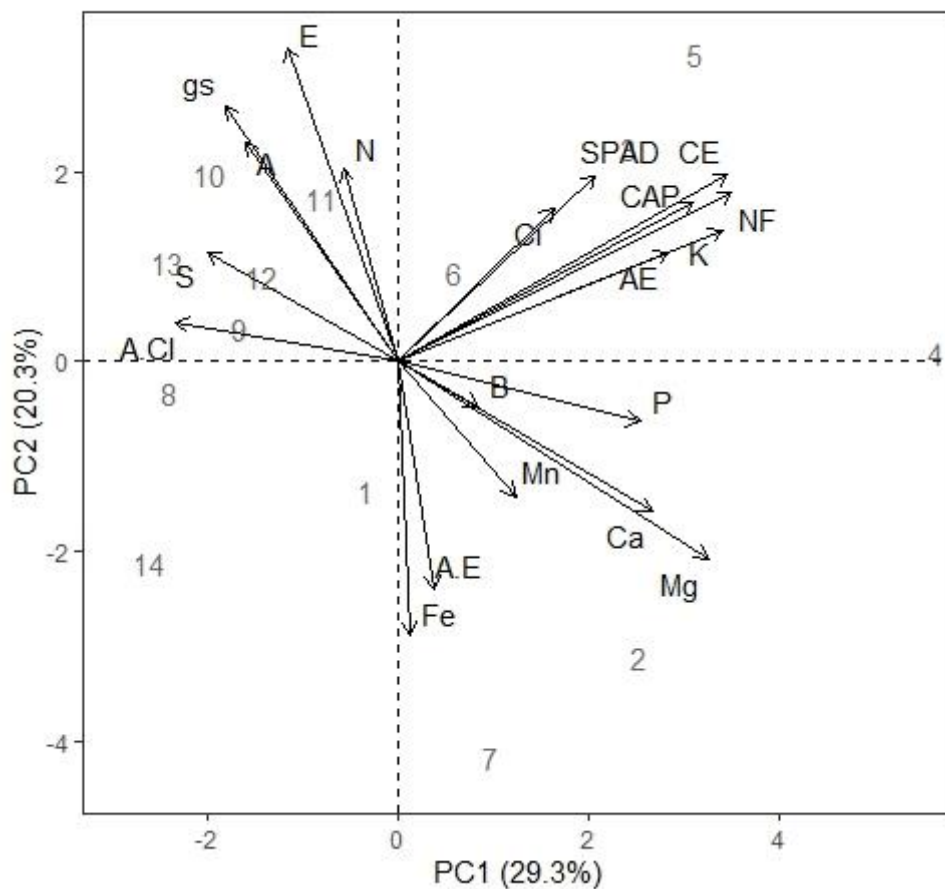
604 De acordo com a PCA (Figura 5), feita para melhor compreender os efeitos dos  
 605 tratamentos aplicados nesta pesquisa, a primeira componente (Dim 1) foi responsável por  
 606 29,33% da variabilidade dos dados, sendo representado por CAP, NF, K e Ca com os maiores  
 607 efeitos e por AE, P e B com os menores efeitos (positivamente), além de S e  $A/C_i$  com menores  
 608 efeitos (negativamente).



608 A segunda componente foi responsável por 20,33% da variabilidade dos dados e é  
 609 representada por CE, E,  $g_s$  com maiores efeitos, N, SPAD A e Ci com menores efeitos  
 610 (positivamente), além de Mg e Fe com maiores efeitos e A/E e Mn com menores efeitos  
 611 (negativamente) (Figura 5).

612

613 Figura 5 – Componentes principais em função dos tratamentos e das variáveis Altura do Estipe (AE),  
 614 Circunferência do Estipe (CE), Circunferência à Altura do Peito (CAP), Número de Folhas (N.Folhas), Nitrogênio  
 615 (N), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Enxofre (S), Boro (B), Ferro (Fe), Manganês (Mn),  
 616 Conteúdo Relativo de Clorofila (SPAD), Assimilação Líquida de CO<sub>2</sub> (A), Condutância Estomática ao Vapor  
 617 d'água ( $g_s$ ), Transpiração (E), Concentração Intercelular de CO<sub>2</sub> (Ci), Eficiência instantânea no Uso da Água (A/E)  
 618 e Eficiência Intrínseca de Carboxilação (A/Ci). em plantas de açazeiro.



619

620 Fonte: Autor (2024).

621

622 Além disso, verifica-se que todos os tratamentos com calagem, com exceção do  
 623 tratamento 1, tiveram forte influência em todas as variáveis biométricas, nutricionais (com  
 624 exceção do N e S) e no conteúdo relativo de clorofila (SPAD) e concentração intercelular de  
 625 CO<sub>2</sub> (Ci). Verifica-se, também, forte influência das dos tratamentos sem calagem, com exceção  
 626 dos tratamentos 8 e 14, nas variáveis nutricionais N e S, bem como nas variáveis de trocas  
 627 gasosas A, E,  $g_s$  e A/Ci.

628

## 629 CONCLUSÕES

630  
631 Os resultados desta pesquisa evidenciaram que a utilização de resíduos agroindustriais  
632 transformados em composto orgânico, especialmente nas quantidades de 8 e 10 kg, aliada à  
633 prática corretiva (calagem), contribuíram para a melhora da fertilidade do solo e estimularam o  
634 crescimento das plantas, alcançando AE 3,6 m, CE de 68,22 cm, CAP de 21,84 cm e em média  
635 9 folhas.

636 Além disso, essas práticas favoreceram a nutrição mineral das plantas de açaí, com  
637 níveis de macro e micronutrientes observados na seguinte ordem decrescente: N > S > Ca > K  
638 > P > Mg; B > Mn > Fe.

639 Também houve um aumento significativo no conteúdo de clorofila, atingindo em média  
640 107,97 unidades SPAD, e resultando em melhorias nos parâmetros *A*, *g<sub>s</sub>*, *E*, *Ci*, *A/E*, *A/Ci*.

641 Tais resultados foram explicados pelo fornecimento de nutrientes essenciais que  
642 possibilitaram maior crescimento, influenciando positivamente no teor nutricional no tecido  
643 vegetal e no maquinário fotossintético.

644 Portanto, este estudo proporcionou informações que contribuem para uma produção  
645 alternativa de baixo custo e sustentável do açaizeiro, sob produção orgânica, na Amazônia.

## 647 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

648  
649 ABREU, M. F.; ABREU JUNIOR, C. H.; SILVA, F. C.; SANTOS, G. C. G.; ANDRADE, J. C.;  
650 GOMES, T. F.; COSCIONE, A. R.; ANDRADE, C. A. Análises químicas de fertilizantes orgânicos. In:  
651 SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília, DF: Embrapa  
652 Informação Tecnológica; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009.

653  
654 ADETUNJI, A. T.; NCUBE, B., MULIDZI, R., & LEWU, F. B. Management impact and benefit of  
655 cover crops on soil quality: A review. **Soil and Tillage Research**, v. 204, p. 104717, 2020.  
656 <https://doi.org/10.1016/j.still.2020.104717>

657  
658 ALMEIDA, U. O.; ANDRADE NETO, R. D. C.; LUNZ, A. M. P.; COSTA, D. A.; ARAUJO, J. M.;  
659 SILVA RODRIGUES, M. J. Crescimento de açaizeiro (*Euterpe precatoria* Mart.) consorciado com  
660 bananeira. **South American Journal of Basic Education, Technical and Technological**, v. 5, n. 3,  
661 2018.

662  
663 AL-SUHAIBANI, N.; SELIM, M.; ALDERFASI, A.; EL-HENDAWY, S. Comparative performance  
664 of integrated nutrient management between composted agricultural wastes, chemical fertilizers, and  
665 biofertilizers in improving soil quantitative and qualitative properties and crop yields under arid  
666 conditions. **Agronomy**, v. 10, n. 10, p. 1503, 2020. [https://doi-](https://doi-org.ez4.periodicos.capes.gov.br/10.3390/agronomy10101503)  
667 [org.ez4.periodicos.capes.gov.br/10.3390/agronomy10101503](https://doi-org.ez4.periodicos.capes.gov.br/10.3390/agronomy10101503)

668  
669 ARAÚJO, F. R.; VIÉGAS, I.; SILVA, D. A. S.; GALVÃO, J. R.; RODRIGUES, D. M.; SILVA  
670 JÚNIOR, M. L.; CAMPOS, P. D. S. Nutrient omission effects on growth and nutritional status of  
671 seedlings of assai palm (*Euterpe oleracea* Mart.) var. Pai d'égua in clayey Oxisol. **Journal of**  
672 **Agricultural Science (Toronto)**, v. 11, n. 6, p. 510-518, 2019. <https://doi.org/10.5539/jas.v11n6p510>

- 673  
674 AULIYANI, D.; WAHYUNINGRUM, N. Rainfall variability based on the climate hazards group  
675 infrared precipitation with station data (CHIRPS) in lesti watershed, Java Island, Indonesia. In: **IOP**  
676 **conference series: earth and environmental science**. IOP Publishing, v. 874, n.1, p. 012003, 2021.  
677 <https://doi.org/10.1088/1755-1315/874/1/012003>  
678
- 679 BAI, Z.; CASPARI, T.; GONZALEZ, M. R.; BATJES, N. H.; MÄDER, P.; BÜNEMANN, E. K.;  
680 TÓTH, Z. Effects of agricultural management practices on soil quality: A review of long-term  
681 experiments for Europe and China. **Agriculture, ecosystems & environment**, v. 265, p. 1-7, 2018.  
682 <https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.05.028>  
683
- 684 BANG, T. C.; HUSTED, S.; LAURSEN, K. H.; PERSSON, D. P.; SCHJOERRING, J. K. The  
685 molecular–physiological functions of mineral macronutrients and their consequences for deficiency  
686 symptoms in plants. **New Phytologist**, v. 229, n. 5, p. 2446-2469, 2021.  
687 <https://doi.org/10.1111/nph.17074>  
688
- 689 BARROS, L. S.; SILVA, E. R. R.; MACIEL, M. D. N. M.; MELO, V. S.; CICERELLI, R. E.;  
690 ALMEIDA, T. Dispersão Espacial de Atributos Químicos do Solo de um Açaizeiro na Região  
691 Amazônica. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 45, p. 1-10, 2022. [https://doi.org/10.11137/1982-](https://doi.org/10.11137/1982-3908_2022_45_40848)  
692 [3908\\_2022\\_45\\_40848](https://doi.org/10.11137/1982-3908_2022_45_40848)  
693
- 694 BRADY, N. C.; WEIL, R. R. **Elements of the nature and properties of soils**. Pearson Prentice Hall,  
695 2010.  
696
- 697 BEZERRA, J. L.; ANDRADE NETO, R. C.; LUNZ, A. M. P.; ARAÚJO, C. S.; ALMEIDA, U. O.  
698 Fontes e doses de nitrogênio na produção de mudas de açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart). *Enciclopédia*  
699 *Biosfera*, v. 15, n. 27, 2018.  
700
- 701 BOKOR, B.; SANTOS, C. S.; KOSTOLANI, D.; MACHADO, J.; SILVA, M. N.; CARVALHO, S. M.;  
702 VASCONCELOS, M. W. Mitigation of climate change and environmental hazards in plants: Potential  
703 role of the beneficial metalloids silicon. **Journal of Hazardous Materials**, v. 416, p. 126193, 2021.  
704 <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.126193>  
705
- 706 BRASIL, E. C.; CRAVO, M. S.; VIEGAS, I. Recomendações de calagem e adubação para o estado do  
707 Pará. **Embrapa Amazônia Oriental-Livro técnico (INFOTECA-E)**, 2020.  
708
- 709 BRASIL. **Instrução Normativa nº. 61, de 08 de julho de 2020**. Ministério da Agricultura, Pecuária e  
710 Abastecimento. Diário Oficial da União, Brasília. Disponível em:  
711 [https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/106/106133/tde-29012024-](https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/106/106133/tde-29012024-183007/publico/Dissertacao_Alice_Akemi_Tagima.pdf)  
712 [183007/publico/Dissertacao\\_Alice\\_Akemi\\_Tagima.pdf](https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/106/106133/tde-29012024-183007/publico/Dissertacao_Alice_Akemi_Tagima.pdf) > Acesso em: 14 jan. 2024.  
713
- 714 BRASIL, E. C.; DO NASCIMENTO, E. V. S.; ALENCAR SOBRINHO, R. J. Macronutrientes em  
715 diferentes partes de indivíduos de açaizeiro (*Euterpe oleracea* mart.) provenientes de populações nativas  
716 de municípios do estado do Pará. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 32., 2009, Fortaleza.  
717 Anais... O solo e a produção de bioenergia: perspectivas e desafios. Fortaleza: SBCS, 2009.  
718
- 719 BRICHI, L.; FERNANDES, J. V.; SILVA, B. M.; VIZÚ, J. D. F.; JUNIOR, J. N. G.; CHERUBIN, M.  
720 R. Organic residues and their impact on soil health, crop production and sustainable agriculture: A  
721 review including bibliographic analysis. **Soil Use and Management**, v. 39, n. 2, p. 686-706, 2023.  
722 <https://doi.org/10.1111/sum.12892>  
723
- 724 BUCHANAN, B. B.; GRUISSEM, W.; JONES, R. L. (Ed.). **Biochemistry and molecular biology of**  
725 **plants**. John Wiley & sons, 2015  
726
- 727 CAMACHO-CRISTÓBAL, J. J.; REXACH, J.; GONZÁLEZ-FONTES, A. Boron in plants: deficiency

- 728 and toxicity. *Journal of Integrative Plant Biology*, v. 50, n. 10, p. 1247-1255,  
729 2008. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7909.2008.00742.x>  
730
- 731 CAMPBELL, A. J.; CARVALHEIRO, L. G.; MAUÉS M. M.; JAFFÉ, R.; GIANNINI, T. C.; FREITAS  
732 M. A. B.; COELHO, B. W. T.; MENEZES C. Anthropogenic disturbance of tropical forests threatens  
733 pollination services to açai palm in the Amazon River delta. *Journal of Applied Ecology*, v. 55, n. 4,  
734 p. 1725-1736, 2018. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13086>  
735
- 736 CAMPOS, M.; ROSSATO, O. B.; MARASCA, I.; MARTELLO, J. M.; SIQUEIRA, G. F.; GARCIA,  
737 C. P.; CRUSCIOL, C. A. C. Deep tilling and localized liming improve soil chemical fertility and  
738 sugarcane yield in clayey soils. *Soil and Tillage Research*, v. 222, p. 105425, 2022.  
739 <https://doi.org/10.1016/j.still.2022.105425>  
740
- 741 CHEN, Z. C.; PENG, W. T.; LI, J.; LIAO, H. Functional dissection and transport mechanism of  
742 magnesium in plants. In: *Seminars in cell & developmental biology*. Academic Press, 2018. p. 142-  
743 152.  
744
- 745 CHOWDHURY, F. I.; ARTEAGA, C.; ALAM, M. S.; ALAM, I.; DIOS, V. R. Drivers of nocturnal  
746 stomatal conductance in C3 and C4 plants. *Science of the Total Environment*, p.151952, 2022.  
747 <https://doi-org.ez4.periodicos.capes.gov.br/10.1016/j.scitotenv.2021.151952>  
748
- 749 CONDÉ, T. M.; CONDÉ, J. D.; SOUSA, C. W. L.. Açai fruit production and carbon stock in managed  
750 plantations in Southeast of Roraima. *Revista Agro@ mbiente On-line*, v. 14, 2020.  
751 <https://doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v14i0.5849>  
752
- 753 CORDEIRO, R. A. M. **Crescimento e nutrição mineral do açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart.), em**  
754 **função da idade em sistemas agroflorestais no município de Tomé-açu, Pará.** 2011. Dissertação  
755 (Mestrado em Agronomia) – Instituto de Ciência Agrárias, Universidade Federal Rural da Amazônia,  
756 Pará, 2011.  
757
- 758 DAWSON, J. J.; SMITH, Pete. Carbon losses from soil and its consequences for land-use management.  
759 *Science of the total environment*, v. 382, n. 2-3, p. 165-190, 2007.  
760 <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2007.03.023>  
761
- 762 DENG, Z. Utilization of agricultural waste resources utilization strategy of developing agricultural.  
763 Recycling economy. *Agricultural science and technology*, v. 5, p. 161-162, 2017.  
764
- 765 DUSSADEE, N.; RAMARAJ, R. Integrated management of organic agricultural waste enhancing soil  
766 quality, mitigating climate change and advancing biofuel production, 2023.  
767
- 768 EMBRAPA. Área plantada com açaizeiros de terra firme gerados pela pesquisa cresce 675% no Brasil.  
769 [https://Www.Embrapa.Br/Busca-De-Noticias/-/Noticia/79157772/Area-Plantada-Com-](https://Www.Embrapa.Br/Busca-De-Noticias/-/Noticia/79157772/Area-Plantada-Com-Acaizeiros-De-Terra-Firme-Gerados-Pela-Pesquisa-Cresce-675-No)  
770 [Acaizeiros-De-Terra-Firme-Gerados-Pela-Pesquisa-Cresce-675-No](https://Www.Embrapa.Br/Busca-De-Noticias/-/Noticia/79157772/Area-Plantada-Com-Acaizeiros-De-Terra-Firme-Gerados-Pela-Pesquisa-Cresce-675-No), p. 1–9, 2023  
771
- 772 EMBRAPA. **BRS Pai d'égua**, cultivar de açai para terra firme com suplementação hídrica. Comunicado  
773 Técnico 317. Belém. 2019.  
774
- 775 FAGAN, E. B.; ONO, E. O.; RODRIGUES, J. D.; SOARES, L. S.; DOURADO NETO, D. **Fisiologia**  
776 **vegetal: metabolismo e nutrição mineral.** São Paulo: Andrei Editora. Acesso em: 25 mar. 2024. 2016  
777
- 778 FERNANDES, M.S.; SANTOS, L.A.; SOUZA, S.R. Absorção de nutrientes. In: FERNANDES, M.S.;  
779 SOUZA, S.R.; SANTOS, L.A. (ed.). **Nutrição mineral de plantas.** Viçosa: Sociedade Brasileira de  
780 Ciência do Solo, 2018. p.125-166.  
781
- 782 FIGUEIREDO, A. M.; CARDOSO, A. C.; PEREIRA, B. L. B.; SILVA, R. A. C.; RIPA, A. F. G. D.;

- 783 PINELLI, T. F. B.; PAIVA, S. A. R. Açai supplementation (*Euterpe oleracea* Mart.) attenuates cardiac  
784 remodeling after myocardial infarction in rats through different mechanistic pathways. **PLoS One**, v.  
785 17, n. 3, p. e0264854, 2022. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0264854>  
786
- 787 FILIZOLA, H. F.; GOMES, M. A. F.; SOUZA, M. D. **Manual de procedimentos de coleta de**  
788 **amostras em áreas agrícolas para análise da qualidade ambiental**: solo, água e sedimentos. 1.ED.  
789 Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2006.169 p.  
790
- 791 FONTES, M. P. F.; ALLEONI, L. R. F. Electrochemical attributes and availability of nutrients, toxic  
792 elements, and heavy metals in tropical soils. **Scientia Agricola**, v. 63, p. 589-608, 2006.  
793 <https://doi.org/10.1590/S0103-90162006000600014>  
794
- 795 GANETEG, U.; AHMAD, I.; JÄMTGÅRD, S.; AGUETONI-CAMBUI, C.; INSELSBACHER, E.;  
796 SVENNERSTAM, H.; NÄSHOLM, T. "Amino acid transporter mutants of *Arabidopsis* provides  
797 evidence that a non-mycorrhizal plant acquires organic nitrogen from agricultural soil" *Plant, Cell &*  
798 *Environment* v. 40, n. 3 p. 413-423, 2017. <https://doi.org/10.1111/pce.12881>  
799
- 800 GULHANE, V. A.; RODE, S. V.; PANDE, C. B. Correlation analysis of soil nutrients and prediction  
801 model through ISO cluster unsupervised classification with multispectral data. **Multimedia Tools and**  
802 **Applications**, v. 82, n. 2, p. 2165-2184, 2023. [https://doi](https://doi.org.ez4.periodicos.capes.gov.br/10.1007/s11042-022-13276-2)  
803 [org.ez4.periodicos.capes.gov.br/10.1007/s11042-022-13276-2](https://doi.org.ez4.periodicos.capes.gov.br/10.1007/s11042-022-13276-2)  
804
- 805 GUO, W.; NAZIM, H.; LIANG, Z.; YANG, D. Magnesium deficiency in plants: An urgent problem.  
806 **The Crop Journal**, v. 4, n. 2, p. 83-91, 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cj.2015.11.003>.  
807
- 808 HAN, Z.; XU, P.; LI, Z.; LIN, H.; ZHU, C.; WANG, J.; ZOU, J. Microbial diversity and the abundance  
809 of keystone species drive the response of soil multifunctionality to organic substitution and biochar  
810 amendment in a tea plantation. **GCB Bioenergy**, v. 14, n. 4, p. 481-495, 2022.  
811 <https://doi.org/10.1111/gcbb.12926>  
812
- 813 HÄNSCH, R; MENDEL, R. R. Physiological functions of mineral micronutrients (Cu, Zn, Mn, Fe, Ni,  
814 Mo, B, Cl). *Current opinion in plant biology*, v. 12, n. 3, p. 259-266, 2009.  
815 <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2009.05.006>  
816
- 817 HAWKESFORD, M.; HORST, W; KICHEY, T.; LAMBERS, H.; SCHJOERRING, J.; MØLLER, I. S.,  
818 WHITE, P. Functions of macronutrients. In: Marschner's mineral nutrition of higher plants. Academic  
819 press, 2012. p. 135-189. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384905-2.00006-6>  
820
- 821 HARTEMINK, A. E.; BARROW, N. J. Soil pH-nutrient relationships: the diagram. **Plant and Soil**, v.  
822 486, n. 1, p. 209-215, 2023. <https://doi.org/10.1007/s11104-022-05861-z>  
823
- 824 HOMMA, A. K. O. NOGUEIRA, O. L.; MENEZES, A. J. E. A.; CARVALHO, J. D., NICOLI, C. M.  
825 L.; MATOS, G. D. Açai: novos desafios e tendências. **Amazônia: ciência & desenvolvimento**, v. 1, n.  
826 2, p. 7-23, 2006.  
827
- 828 HOSSAIN, Mohammad Enayet; SHAHRUKH, Saif; HOSSAIN, Shahid Akhtar. Chemical Fertilizers  
829 and Pesticides: Impacts on Soil Degradation, Groundwater, and Human Health in Bangladesh. In:  
830 **Environmental Degradation: Challenges and Strategies for Mitigation**. Cham: Springer  
831 International Publishing, 2022. p. 63-92.  
832
- 833 HOUBORG, R.; FISHER, J. B.; SKIDMORE, A. K. Advances in remote sensing of vegetation function  
834 and traits. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 43, p. 1-6,  
835 2015. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2015.06.001>  
836
- 837 HUNT, S. Measurements of photosynthesis and respiration in plants. **Physiologia Plantarum**, v. 117,

- 838 n. 3, p. 314-325, 2003. <https://doi.org/10.1034/j.1399-3054.2003.00055.x>  
839
- 840 IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Santo Antônio do Tauá.**  
841 IBGE, 2017. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/santo-antonio-dotaua/panorama>>  
842 Acesso em: 27 mar. 2023.  
843
- 844 INIK, O.; İNIK, Ö.; ÖZTAŞ, T.; DEMİR, Y.; YÜKSEL, A. Prediction of Soil Organic Matter with Deep  
845 Learning. **Arabian Journal for Science and Engineering**, v. 48, n. 8, p. 10227-10247, 2023.  
846 <https://doi.org/10.1007/s13369-022-07575-x>  
847
- 848 JÁKLI, B.; Hauer-Jákli, M.; Böttcher, F.; Meyer zur Müdehorst, J.; Senbayram, M.; Dittert, K. Leaf,  
849 canopy and agronomic water-use efficiency of field-grown sugar beet in response to potassium  
850 fertilization. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v. 204, n. 1, p. 99-110, 2018.  
851 <https://doi.org/10.1111/jac.12239>  
852
- 853 JIANG, Y.; LIAO, P.; VAN GESTEL, N.; SUN, Y.; ZENG, Y.; HUANG, S.; VAN GROENIGEN, K.  
854 J Lime application lowers the global warming potential of a double rice cropping system. **Geoderma**,  
855 v. 325, p. 1-8, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.03.034>  
856
- 857 JOHNSON, R.; VISHWAKARMA, K.; HOSSEN, M. S.; KUMAR, V.; SHACKIRA, A. M.; PUTHUR,  
858 J. T.; HASANUZZAMAN, M. Potassium in plants: Growth regulation, signaling, and environmental  
859 stress tolerance. **Plant Physiology and Biochemistry**, 172, 56-69. 2022  
860 <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2022.01.001>  
861
- 862 KOHLI, S. K.; KAUR, H.; KHANNA, K.; HANDA, N.; BHARDWAJ, R.; RINKLEBE, J.; AHMAD,  
863 P. Boron in plants: Uptake, deficiency and biological potential. **Plant Growth Regulation**, v. 100, n. 2,  
864 p. 267-282, 2023. <https://doi.org/10.1007/s10725-022-00844-7>  
865
- 866 KOUR, J.; KHANNA, K.; SINGH, A. D.; DHIMAN, S.; BHARDWAJ, T.; DEVI, K.; BHARDWAJ,  
867 R. (). Calcium's multifaceted functions: From nutrient to secondary messenger during stress. **South**  
868 **African Journal of Botany**, n. 152, p. 247-263, 2023 <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2022.11.048>  
869
- 870 LAL, R. Food security impacts of the “4 per Thousand” initiative. **Geoderma**, v. 374, p. 114427, 2020.  
871
- 872 Lambers, H.; Chapin, F.S.; Pons, T.L. Photosynthesis. In: *Plant Physiological Ecology*. Springer, New  
873 York, NY.2008. [https://doi.org/10.1007/978-0-387-78341-3\\_2](https://doi.org/10.1007/978-0-387-78341-3_2)  
874
- 875 LEPSCH, I. F. **19 lições de pedologia**. Oficina de textos, 2021.  
876
- 877 LIMA, E.; VITTI, G.C.; SANTOS, L.Á.; CICARONE, F. Cálcio e magnésio. In: FERNANDES, MS;  
878 SOUZA,SR; SANTOS, L.A. **Nutrição mineral de plantas**. 2.ed. Vicioso: SBCS, 2018. p.465-490.  
879
- 880 LIMA, H. N.; MELLO, J. W. V.; SCHAEFER, C. E. G. R.; KER, J. C.; LIMA, A. M. N. Mineralogia e  
881 química de três solos de uma topossequência da bacia sedimentar do Alto Solimões, Amazônia  
882 Ocidental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 30: 59-68, 2006. [https://doi.org/10.1590/S0100-](https://doi.org/10.1590/S0100-06832006000100007)  
883 [06832006000100007](https://doi.org/10.1590/S0100-06832006000100007)  
884
- 885 LINDOLFO, M.M.; MATOS, G.S.B.; PEREIRA, W.V.S.; FERNANDES, A.R. Productivity and  
886 nutrition of fertigated açai palms according to boron fertilization. **Revista Brasileira de Fruticultura**,  
887 Jaboticabal, v.42, n.2, p.e-601, 2020. <http://dx.doi.org/10.1590/0100-29452020601>  
888
- 889 LIU, K.; WEI, Y. The practical significance and countermeasures of agricultural waste utilization.  
890 **Environ Dev.**, v. 5, p. 254-256, 2017. <https://doi.org/10.25236/isafb.2019.001>  
891
- 892 MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006.

- 893  
894 MALHOTRA, H.; VANDANA, S. S.; PANDEY, R. Phosphorus Nutrition: Plant Growth in Response  
895 to Deficiency and Excess. In: HASANUZZAMAN, M.; FUJITA, M.; OKU, H.; NAHAR, K.  
896 HAWRYLAK-NOWAK, B. (eds) Plant Nutrients and Abiotic Stress Tolerance. **Springer**, Singapore,  
897 2018 [https://doi.org/10.1007/978-981-10-9044-8\\_7](https://doi.org/10.1007/978-981-10-9044-8_7)  
898
- 899 MANMAI, N.; UNPAPROM, Y.; RAMARAJ, R. Bioethanol production from sunflower stalk:  
900 application of chemical and biological pretreatments by response surface methodology (RSM). **Biomass**  
901 **Conversion and Biorefinery**, v. 11, p. 1759-1773, 2021. <https://doi.org/10.1007/s13399-020-00602-7>  
902
- 903 MATTA, F. V.; XIONG, J.; LILA, M. A.; WARD, N. I.; FELIPE-SOTELO, M.; ESPOSITO, D.  
904 Chemical composition and bioactive properties of commercial and non-commercial purple and white  
905 açai berries. **Foods**, v. 9, n. 10, p. 1481, 2020. <https://doi.org/10.3390/foods9101481>  
906
- 907 MILLALEO, R.; REYES-DÍAZ, M.; IVANOV, A. G.; MORA, M. L.; ALBERDI, M. Manganese as  
908 essential and toxic element for plants: transport, accumulation and resistance mechanisms. **Journal of**  
909 **soil science and plant nutrition**, v. 10, n. 4, p. 470-481, 2010. [http://dx.doi.org/10.4067/S0718-](http://dx.doi.org/10.4067/S0718-95162010000200008)  
910 [95162010000200008](http://dx.doi.org/10.4067/S0718-95162010000200008)  
911
- 912 MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A.; MURAOKA, T.; CARMO, C. A. F. S.; MELO, W. J. Análise  
913 química de tecido vegetal. In: SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e**  
914 **fertilizantes**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009.  
915
- 916 MÖLLER, K.; SCHULTHEIß, U. Chemical characterization of commercial organic fertilizers.  
917 **Archives of Agronomy and Soil Science**, v. 61, n. 7, p. 989-1012, 2015.  
918 <https://doi.org/10.1080/03650340.2014.978763>  
919
- 920 MOREIRA, A.; FAGERIA N. K. Soil chemical attributes of Amazonas state, Brazil. **Communications**  
921 **in Soil Science and Plant Analysis**, v. 40, n. 17-18, p. 2912-2925, 2009.  
922 <https://doi.org/10.1080/00103620903175371>  
923
- 924 MYERS, S.; SMITH, M. R.; GUTH, S.; GOLDEN, C. D.; VAITLA, B.; MUELLER, N. D.; HUYBERS,  
925 P. Climate change and global food systems: potential impacts on food security and undernutrition.  
926 **Annual review of public health**, v. 38, p. 259-277, 2017. [https://doi-](https://doi-org.ez4.periodicos.capes.gov.br/10.1146/annurev-publhealth-031816-044356)  
927 [org.ez4.periodicos.capes.gov.br/10.1146/annurev-publhealth-031816-044356](https://doi-org.ez4.periodicos.capes.gov.br/10.1146/annurev-publhealth-031816-044356)  
928
- 929 NANDAL, V.; SOLANKI, M. The Zn as a vital micronutrient in plants. **Journal of microbiology,**  
930 **biotechnology and food sciences**, v. 11, n. 3, p. e4026-e4026, 2021. <https://doi.org/10.15414/jmbfs.4026>  
931
- 932 NARAYAN, O. P.; KUMAR, P.; YADAV, B.; DUA, M. JOHRI, A. K. Sulfur nutrition and its role in  
933 plant growth and development. **Plant Signaling & Behavior**, v. 18, n. 1, p. 2030082, 2023.  
934 <https://doi.org/10.1080/15592324.2022.2030082>  
935
- 936 NOGUEIRA, O. L.; CONCEIÇÃO, H. O. Análise de crescimento de açazeiros em áreas de várzea do  
937 estuário amazônico. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 35, p. 2167-2173, 2000.  
938 <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2000001100007>  
939
- 940 OBEY, G.; ADELAIDE, M.; RAMARAJ, R. Biochar derived from non-customized matamba fruit shell  
941 as an adsorbent for wastewater treatment. **Journal of Bioresources and Bioproducts**, v. 7, n. 2, p. 109-  
942 115, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.jobab.2021.12.001>  
943
- 944 OLIVEIRA, M.; FARIAS NETO, J. T.; MATTIETTO, R. D. A.; MOCHIUTTI, S.; CARVALHO, A.  
945 Açai: Euterpe oleracea. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura/PROCISUR,  
946 Buenos Aires, p 31, 2017.  
947

- 948 OLIVEIRA, M. S. P. **Caracterização molecular e morfo-agronômica de germoplasma de açaizeiro.**  
 949 2005. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Lavras.  
 950
- 951 OLIVEIRA, M.; CARVALHO, J. E. U.; NASCIMENTO, W. M. O.; MULLER, C.H. Cultivo do  
 952 açaizeiro para produção de frutos, Circular Técnico, **EMBRAPA**, 2002. Disponível em:  
 953 <[https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/405768/cultivo-do-acaizeiro-para-](https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/405768/cultivo-do-acaizeiro-para-producao-de-frutos)  
 954 [producao-de-frutos](https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/405768/cultivo-do-acaizeiro-para-producao-de-frutos)> . Acesso em: 14/05/2024.  
 955
- 956 PARADA, M. P.; OSSEWEIJER, P.; DUQUE, J. A. P. Sustainable biorefineries, an analysis of practices  
 957 for incorporating sustainability in biorefinery design. **Industrial Crops and Products**, v. 106, p. 105-  
 958 123, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.08.052>  
 959
- 960 PENN, C. J.; CAMBERATO, J. J. A critical review on soil chemical processes that control how soil pH  
 961 affects phosphorus availability to plants. **Agriculture**, v. 9, n. 6, p. 120, 2019.  
 962 <https://doi.org/10.3390/agriculture9060120>  
 963
- 964 PRADO, R.M. **Mineral nutrition of tropical plants**. New York City: Springer Publishing, 339p. 2021.  
 965
- 966 PRADO, R. M. **Nutrição de plantas**. Editora Unesp, 2021.  
 967
- 968 QUESADA, C. A.; LLOYD, J.; ANDERSON, L. O.; FYLLAS, N. M.; SCHWARZ, M.; CZIMCZIK,  
 969 C. I. Soils of Amazonia with particular reference to the RAINFOR sites. **Biogeosciences**, v. 8, n. 6, p.  
 970 1415-1440, 2011. <https://doi.org/10.5194/bg-8-1415-2011>  
 971
- 972 RASHED, M. H.; HOQUE, T. S.; JAHANGIR, M. M. R.; HASHEM, M. A. Manganese as a  
 973 micronutrient in agriculture: crop requirement and management. *Journal of Environmental Science and*  
 974 *Natural Resources*, v. 12, n. 1-2, p. 225-242, 2019.  
 975
- 976 RIBEIRO, F. O. **Estado nutricional e produtividade de açaizeiro fertirrigado em função da**  
 977 **variabilidade espacial**. 2017. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Instituto de Ciências Agrárias,  
 978 Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2017.  
 979
- 980 RIBEIRO, F. O.; FERNANDES, A. R.; GALVÃO, J. R.; MATOS, G. S. B.; LINDOLFO, M. M.;  
 981 SANTOS, C. R. C.; PACHECO, M. J. B. (2020). DRIS and geostatistics indices for nutritional diagnosis  
 982 and enhanced yield of fertirrigated acai palm. **Journal of Plant Nutrition**, v. 43, n. 12, p. 1875-1886,  
 983 2020. <https://doi.org/10.1080/01904167.2020.1750643>  
 984
- 985 ROUT, G. R.; SAHOO, S. Role of iron in plant growth and metabolism. **Reviews in Agricultural**  
 986 **Science**, v. 3, p. 1-24, 2015. doi: 10.7831/ras.3.1  
 987
- 988 RUFINO, M. S. M.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; ARRANZ, S.; ALVEZ, R. B.; BRITO, E. S.; OLIVEIRA,  
 989 M. S. P.; CALIXTO, F. S. Açai (*Euterpe oleraceae*)'BRS Pará': Fruta tropical fonte de fibra dietética  
 990 antioxidante e óleo de alta capacidade antioxidante. **Food Research International**, v. 44, n. 7, pág.  
 991 2100-2106, 2011.  
 992
- 993 SALDANHA, E.C.M.; SILVA JUNIOR, M.L.D.; LINS, P.; PONTES, M.; FARIAS, S.C.C.; WADT,  
 994 P.G.S. Nutritional diagnosis in hybrid coconut cultivated in northeastern Brazil through diagnosis and  
 995 recommendation integrated system (DRIS). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.39, n.1,  
 996 p.1-9, 2017. <https://doi.org/10.1590/0100-29452017728>  
 997
- 998 SANTANA, A. C. **Bioeconomia aplicada ao agronegócio: mercado, externalidades e ativos**  
 999 **naturais**. 2020  
 1000
- 1001 SARDANS, J.; PEÑUELAS, J. Potassium Control of Plant Functions: Ecological and Agricultural  
 1002 Implications. **Plants**, n. 10, v. 419, 2021. <https://doi.org/10.3390/plants10020419>



- 1003  
1004 SENA, I. S.; FERREIRA, A. M.; MARINHO, V. H.; HOLANDA, F. H.; BORGES, S. F.; SOUZA, A.  
1005 A.; KOGA, R. C. R.; LIMA, A. L.; FLORENTINO, A. C.; FERREIRA, I. M. *Euterpe oleracea* Mart  
1006 (Açaizeiro) da Amazônia brasileira: uma nova fonte de fungos para produção de lipase. *Microorganismos*,  
1007 v. 10, n. 12, pág. 2394, 2022.  
1008  
1009 SILVA, T. R. DA; MATOS, P. R. DE; TAMBARA JÚNIOR, L. U. D.; MARVILA, M. T.;  
1010 AZEVEDO, A. R. G. DE. A review on the performance of açaí fiber in cementitious composites:  
1011 Characteristics and application challenges. **Journal of Building Engineering**, v. 71, n. April, p. 106481,  
1012 2023. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2023.106481>  
1013  
1014 SILVEIRA, R.; MELLO, T. D. R. B.; SILVA, M. R. S. S.; KRÜGER, R. H.; BUSTAMANTE, M. M.  
1015 D. C. Long-term liming promotes drastic changes in the composition of the microbial community in a  
1016 tropical savanna soil. **Biology and Fertility of Soils**, v. 57, n. 1, p. 31-46, 2021.  
1017 <https://link.springer.com/article/10.1007/s00374-020-01504-6>  
1018  
1019 SOUZA, A. P. S. CAMARGO, A. C.; LAZARINI, J. G.; FRANCHIN, M.; SARDI, J. D. C. O.;  
1020 ROSALEN, P. L.; ALENCAR, S. M. Phenolic Profile and the Antioxidant, Anti-Inflammatory, and  
1021 Antimicrobial Properties of Açaí (*Euterpe oleracea*) Meal: A Prospective Study. **Foods**, v. 12, n. 1, p.  
1022 86, 2022. <https://doi.org/10.3390/foods12010086>  
1023  
1024 STEELE, M. R.; GITELSON, A. A.; RUNDQUIST, D. C. A comparison of two techniques for  
1025 nondestructive measurement of chlorophyll content in grapevine leaves. **Agronomy Journal**, v. 100, n.  
1026 3, p. 779-782, 2008. <https://doi.org/10.2134/agronj2007.0254N>  
1027  
1028 TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Artmed  
1029 Editora, 2017.  
1030  
1031 TAVARES, G. S.; HOMMA, A. K. O.; MENEZES, A. A.; PALHETA, M. P. Análise da produção e  
1032 comercialização de açaí no estado do Pará, Brasil. 2022.  
1033  
1034 TEIXEIRA, P.C.; DONAGEMMA, G.K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W.G. Manual de  
1035 métodos de análise de solo. 3.ED. EMBRAPA Solos, Brasília, DF (Brasil), 2017.  
1036  
1037 TIAN, X. Y.; HE, D. D.; BAI, S.; ZENG, W. Z.; WANG, Z.; WANG, M.; CHEN, Z. C. Physiological  
1038 and molecular advances in magnesium nutrition of plants. **Plant and Soil**, v. 468, p. 1-17, 2021.  
1039 <https://doi.org/10.1007/s11104-021-05139-w>  
1040  
1041 TRACHSEL, S.; KAEPLER, S. M., BROWN, K. M., & LYNCH, J. P. Maize root growth angles  
1042 become steeper under low N conditions. **Field Crops Research**, v. 140, p. 18-31, 2013.  
1043 <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2012.09.010>  
1044  
1045 VAZQUEZ, E.; BENITO, M.; ESPEJO, R.; TEUTSCHEROVA, N. Effects of no-tillage and liming  
1046 amendment combination on soil carbon and nitrogen mineralization. **European Journal of Soil**  
1047 **Biology**, v. 93, p. 103090, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2019.103090>  
1048  
1049 VELOSO, C. A. C.; BOTELHO, S. M.; VIÉGAS, I. J. M.; RODRIGUES, J. E. L. F. Amostragem e  
1050 diagnose foliar. In: Brasil, E. C.; CRAVO, M. S.; VIÉGAS, I. J. M (ed.). *Recomendações de calagem e*  
1051 *adubação para o Estado do Pará*. Brasília: Embrapa, p. 65-72, 2020.  
1052  
1053 VIÉGAS, I. J. M.; MULLER, A. A.; COSTA, M. G.; FERREIRA, E. V. O.; PINHEIRO, D. P.;  
1054 CAMPOS, P. S. S. Determination of the standard leaf for nutritional diagnosis of assai palm plants.  
1055 **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 44, n.3, 2022. <https://doi.org/10.1590/0100-29452022078>  
1056  
1057 VIÉGAS, I. J. M.; OLIVEIRA MEIRELES, R.; FRAZÃO, D. A. C.; CONCEIÇÃO, H. E. O. Avaliação

- 1058 da fertilidade de um Latossolo Amarelo textura média para o cultivo do açaizeiro no Estado do Pará.  
1059 **Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v.  
1060 52, n. 1, p. 23-36, 2009.
- 1061  
1062 WILLER, H.; LERNOUD, J. (Eds.). **The world of organic agriculture**: statistics and emerging  
1063 trends 2019. Frick: FiBL; Bonn: Ifoam – Organics Internacional, 2019.
- 1064  
1065 WU, J.; Sha, C.; Wang, M.; Ye, C.; Li, P.; Huang, S. Effect of organic fertilizer on soil bacteria in maize  
1066 fields. **Land**, v. 10, n. 3, p. 328, 2021. <https://doi.org/10.3390/land10030328>
- 1067  
1068 XIA, W.; LIU, X.; XIN, H.; WU, X.; LIU, R.; LI, J.; ZHU, J. *Saussurea involucrata* PIP2; 7 improves  
1069 photosynthesis and drought resistance by decreasing the stomatal density and increasing intracellular  
1070 osmotic pressure. **Environmental and Experimental Botany**, v. 191, p. 104605, 2021.  
1071 <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2021.104605>
- 1072  
1073 XIMENES, L. C.; GAMA, J. R. V.; BEZERRA, T. G.; SILVA CRUZ, G. Importância do açaí na renda  
1074 mensal da comunidade quilombola Murumuru em Santarém, Pará. **Revista Ibero-Americana de**  
1075 **Ciências Ambientais**, v. 11, n. 2, p. 36-42, 2020. [https://doi.org/10.6008/CBPC2179-](https://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2020.002.0004)  
1076 6858.2020.002.0004
- 1077  
1078 XIONG, D.; NADAL, M. Linking water relations and hydraulics with photosynthesis. **The Plant**  
1079 **Journal**, v. 101, n. 4, p. 800-815, 2020. <https://doi.org/10.1111/tpj.14595>
- 1080  
1081 YANG, Q.; ZHOU, H.; BARTOCCI, P.; FANTOZZI, F.; MAŠEK, O.; AGBLEVOR, F. A.;  
1082 MCELROY, M. B. Prospective contributions of biomass pyrolysis to China's 2050 carbon reduction  
1083 and renewable energy goals. **Nature communications**, v. 12, n. 1, p. 1698, 2021.  
1084 <https://doi.org/10.1038/s41467-021-21868-z>
- 1085  
1086 YU, H.; ZHAO, Y.; ZHANG, C. WEI; WU, J.; ZHAO, X.; HAO, J.; WEI, J.; Driving effects of minerals  
1087 on humic acid formation during chicken manure composting: Emphasis on the carrier role of bacterial  
1088 community. **Bioresource technology**, v. 294, p. 122239, 2019.  
1089 <https://doi.org/10.1016/J.BIORTECH.2019.122239>
- 1090  
1091 ZENDA, T.; LIU, S.; DONG, A.; DUAN, H. Revisiting sulphur—The once neglected nutrient: It's  
1092 roles in plant growth, metabolism, stress tolerance and crop production. **Agriculture**, v. 11, n. 7, p. 626,  
1093 2021. <https://doi.org/10.3390/agriculture11070626>
- 1094  
1095 ZHANG, H. Q.; ZHAO, X. Q.; CHEN, Y. L.; WANG, J. L.; SHEN, R. F. Improved root growth by  
1096 liming aluminum-sensitive rice cultivar or cultivating an aluminum-tolerant one does not enhance  
1097 fertilizer nitrogen recovery efficiency in an acid paddy soil. **Plants**, v. 9, n. 6, p. 765, 2020.  
1098 <https://doi.org/10.3390/plants9060765>
- 1099  
1100 ZHANG, X.; ZHANG, D.; SUN, W.; WANG, T. The adaptive mechanism of plants to iron deficiency  
1101 via iron uptake, transport, and homeostasis. **International journal of molecular sciences**, v. 20, n. 10,  
1102 p. 2424, 2019. <https://doi.org/10.3390/ijms2010>

## Material Suplementar

Tabela 8 – Caracterização físico-química do composto orgânico utilizado para a composição dos tratamentos aplicados no ano de 2022.

Características	Unidade	Base Seca – 65°C
Teor de matéria seca	%	48
pH (CaCl <sub>2</sub> )	-	6,36
Densidade	g/dm <sup>3</sup>	0,59
Nitrogênio Total	%	2,38
Matéria Orgânica Total	%	54,77
Matéria Orgânica Compostável (Titulação)	%	20,20
Matéria Orgânica Resistente a Compostagem	%	39,78
Carbono Total (Orgânico e Mineral)	%	31,84
Carbono Orgânico	%	20,10
Resíduo Mineral Total	%	45,23
Relação C/N (C Total e N Total)	-	13,40/1
Relação C/N (C Orgânico e N Total)	-	8,44/1
Fósforo Total (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> Total)	%	27,62
Potássio (K <sub>2</sub> O Total)	%	16,61
Cálcio (Ca Total)	%	20,70
Magnésio (Mg Total)	%	6,20
Enxofre (S Total)	%	21,82
Boro (B Total)	ppm	68,50
Cobre (Cu Total)	ppm	120,94
Manganês (Mn Total)	ppm	391,83
Ferro (Fe Total)	ppm	3054,88
Zinco (Zn Total)	ppm	343,86
Sódio (Na Total)	ppm	1980,05
Molibdênio (Mo Total)	ppm	18,43