

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS**  
**FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA TROPICAL**

**FELIPE DE JESUS PADILHA**

**CRESCIMENTO E ACÚMULO DE NUTRIENTES EM CURAUÁ *Ananas comosus*  
var. *erectifolius* (L. B. Smith), EM CASA DE VEGETAÇÃO**



**MANAUS, AM**

**2024**

**FELIPE DE JESUS PADILHA**

**CRESCIMENTO E ACÚMULO DE NUTRIENTES EM CURAUÁ *Ananas comosus*  
var. *erectifolius* (L. B. Smith) EM CASA DE VEGETAÇÃO**

**Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical – PPGATR da Universidade Federal do Amazonas – UFAM, como requisito para a obtenção do título de Doutor em Agronomia Tropical, área de concentração Produção Vegetal**

**Orientador: Dr. Francisco Célio Maia Chaves**

**Coorientador: Dr. Jaisson Miyosi Oka**

**MANAUS, AM**

**2024**

Ficha Catalográfica

Elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

---

- P123c      Padilha, Felipe de Jesus  
Crescimento e acúmulo de nutrientes em curauá *Ananas comosus* var. *erectifolius* (L. B. Smith), em casa de vegetação / Felipe de Jesus Padilha. - 2024.  
86 f. : il., color. ; 31 cm.
- Orientador(a): Francisco Célio Maia Chaves.  
Coorientador(a): Jaisson Miyosi Oka.  
Tese (doutorado) - Universidade Federal do Amazonas, Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical, Manaus, 2024.
1. *Ananas comosus* var. *erectifolius*. 2. curauá. 3. fenofases. 4. desenvolvimento vegetal. I. Chaves, Francisco Célio Maia. II. Oka, Jaisson Miyosi. III. Universidade Federal do Amazonas. Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical. IV. Título
-

FELIPE DE JESUS PADILHA

CRESCIMENTO E ACÚMULO DE NUTRIENTES EM CURAUÁ *Ananas comosus* var.  
*erectifolius* (L. B. Smith) EM CASA DE VEGETAÇÃO

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical – PPGATR da Universidade Federal do Amazonas – UFAM, como requisito para a obtenção do título de Doutor em Agronomia Tropical, área de concentração Produção Vegetal

Aprovado em 30 de outubro de 2024

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Francisco Célio Maia Chaves, Presidente  
Embrapa Amazônia Ocidental

Dra. Simone Silva, Membro  
Centro de Bionegócios da Amazônia

Profª. Dra. Aline Ellen Duarte de Sousa, Membro  
Universidade Federal do Amazonas

Dr. Flávio Augusto de Freitas, Membro  
Centro de Bionegócios da Amazônia

Prof. Dr. Lin Chau Ming, Membro  
Universidade Federal do Amazonas

Aos meus pais, Paulo Roberto Padilha e Maria de Fátima de Jesus Santos Padilha, às minhas irmãs Flávia de Jesus Padilha e Juliana Padilha Freixo, aos meus sobrinhos, Thanun, Txai, Thainá, Caio, Iago e Lia. E a Simone Freitas por toda paciência, incentivo e carinho.

DEDICO

## AGRADECIMENTOS

A Deus.

Aos meus pais Paulo e Fátima por todo incentivo e acompanhamento de minha trajetória acadêmica.

À minha avó Dalva Padilha (*in memoriam*) e ao meu tio e padrinho Cícero (*in memoriam*).

Às minhas irmãs Flávia e Juliana pela amizade, apoio, escudo e por sempre serem um exemplo para mim. E aos meus queridos sobrinhos Thanun, Txai, Thainá, Caio, Iago e Lia.

Aos meus cunhados Fábio Freixo e Joseney Lira, por todo incentivo.

À Simone por todo o companheirismo, paciência e amor.

Ao PRONAMETRO, pela bolsa concedida durante o desenvolvimento deste trabalho.

Ao Diretor do Centro de Biotecnologia da Amazônia Fábio Calderaro pela anuência para que eu pudesse realizar o doutorado.

Ao meu orientador, pesquisador da Embrapa Amazônia Ocidental Dr. Francisco Célio Maia Chaves, pelos ensinamentos, cobranças e pela disponibilidade em sempre ajudar.

Aos técnicos Marcelo Róseo e Miquéias Souza. E ao meu coorientador Dr. Jaisson Oka por todas orientações e sugestões.

Aos grandes parceiros de Embrapa, prof. Wallace, Romildo e Carlos.

Às minhas queridas e amadas Dra. Simone, Ester e Laís com quem pude adquirir experiência profissional.

Aos meus amigos que o IFAM *Campus* Tefé me trouxe, Francielle, Sebastião Júnior, Orleans, Willian, Danilo, Roselaine e Tarcísio.

À Universidade Federal do Amazonas, pela oportunidade e aos professores, por toda dedicação e ensinamentos.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas, pela concessão de apoio financeiro ao PPGATR por meio do Posgrad/FAPEAM. e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio ao programa.

Muito obrigado!

## RESUMO

A espécie *Ananas comosus* possui uma variedade de morfotipos diferentes de plantas, das quais encontra-se o curauá, cujas fibras são utilizadas para fins industriais, porém pouco se sabe sobre as características fenológicas e nutricionais desta espécie. O objetivo deste estudo foi determinar as fenofases, crescimento e acúmulo de nutrientes de dois tipos de curauá [*Ananas comosus* var. *erectifolius* (L. B. Smith)] em casa de vegetação. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com variáveis dependentes de 9 períodos de avaliação [60, 120, 180, 240, 300, 360, 420, 480, 540 dias após o transplante (DAT) das mudas], e três partes da planta (raiz, caule e folhas) com quatro repetições, sendo cada planta uma unidade experimental cultivada em vasos de 12 L, totalizando 40 unidades experimentais para cada tipo de curauá. Todas as plantas receberam a mesma dose de nutrientes. Foram avaliadas as características fenotípicas das plantas, além da altura, diâmetro do caule, número de folhas, área foliar e o conteúdo de nutrientes em cada parte da planta. Foram identificadas três fenofases para os dois tipos de curauá: a fase vegetativa do curauá branco (420 DAT) e curauá roxo (480 DAT), fenofase de florescimento do curauá branco (420 a 430 DAT) e curauá roxo (480 a 490 DAT) e a fenofase de produção do fruto do curauá branco de (430 a 540 DAT) e do curauá roxo de (490 a 540 DAT). As plantas cresceram de forma linear com maiores valores de crescimento para o curauá branco entre os 300 e 360 DAT e o curauá roxo entre os 360 e 420 DAT. As plantas tiveram incremento crescente de nutrientes, com maiores valores acumulados para potássio e nitrogênio nos dois tipos de curauá entre os macronutrientes e ferro e manganês entre os micronutrientes. Entre as partes da planta, os maiores acúmulos de nutrientes ocorreram nas folhas. O crescimento e o acúmulo de nutrientes nos dois tipos de curauá está relacionado ao tempo de cultivo da planta e ao período fenológico produtivo, onde há maior acúmulo de nutrientes em relação as demais

fenofases. A série preferencial de acúmulo de nutrientes foi de  $K > N > Ca > Mg > S > P > Fe > Mn > B > Zn > Cu$  para os dois tipos de curauá ao final do experimento.

**Palavras-chave:** *Ananas comosus* var. *erectifolius*. Curauá. Fenofases. Desenvolvimento vegetal.

## ABSTRACT

The species *Ananas comosus* exhibits a range of morphotypes, including curauá, which is utilized for industrial purposes. However, there is limited knowledge regarding the phenological and nutritional characteristics of this species. This study aimed to determine the phenophases, growth patterns, and nutrient accumulation of two types of curauá [*Ananas comosus* var. *erectifolius* (L. B. Smith)] in a controlled greenhouse environment. The experiment employed a completely randomized design with a factorial arrangement of 9 x 3, encompassing nine evaluation periods [60, 120, 180, 240, 300, 360, 420, 480, 540 days after transplanting (DAT) the seedlings] and three plant parts (root, stem, and leaves), with four replications. Each plant constituted an experimental unit, cultivated in 12 L pots, resulting in a total of 40 experimental units for each type of curauá. All plants received an identical nutrient dosage. Morphological characteristics were assessed, including plant height, stem diameter, leaf count, leaf area, and nutrient content in each plant part. Three phenophases were identified for both types of curauá: the vegetative phase for white curauá (420 DAT) and purple curauá (480 DAT), the flowering phase for white curauá (420 to 430 DAT) and purple curauá (480 to 490 DAT), and the fruit production phase for white curauá (430 to 540 DAT) and purple curauá (490 to 540 DAT). The plants demonstrated linear growth, with the highest growth rates for white curauá between 300 and 360 DAT and for purple curauá between 360 and 420 DAT. Nutrient accumulation increased progressively, with the highest values recorded for potassium and nitrogen among macronutrients, and iron and manganese among micronutrients in both curauá types. Notably, the greatest nutrient accumulation occurred in the leaves. The growth and nutrient accumulation in both curauá types were correlated with cultivation duration and the productive phenological period, during which there was a marked increase in nutrient accumulation relative to other phenophases. The preferential sequence of nutrient accumulation was  $K > N > Ca > Mg > S > P > Fe > Mn > B > Zn > Cu$  for both

curauá types at the conclusion of the experiment. Logistic equations proved most suitable for characterizing curauá growth, while the sigmoid equation more accurately represented nutrient accumulation in the plants.

**Key-words:** *Ananas comosus* var. *erectifolius*. Curauá. Phenophases. Plant development.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Planta de curauá branco cultivada em casa de vegetação (a), planta de curauá roxo cultivada em casa de vegetação (b). .....	20
Figura 2 - Produção de corda de juta (a), Produção de sacaria de café para exportação (b). .....	21
Figura 3 - Agrupamento de temas (clusters) relacionados à busca utilizando as palavras chaves: ( <i>Ananas erectifolius</i> OR curauá). .....	24
Figura 4 - Lavagem das plantas de curauá após a colheita (a), lotes de folhas destacadas de curauá (b), desfibramento das folhas de curauá (c), lavagem das fibras de curauá (d), fibras de curauá de molho (e), resíduos do desfibramento das folhas de curauá (mucilagem) (f); secagem das fibras de curauá ao ar livre (g), fibras de curauá beneficiadas (h). .....	25
Figura 5 - Subcultivo das plântulas de curauá (a), plântulas de curauá aos 10 dias <i>in vitro</i> (b), plântulas de curauá, aos 40 dias <i>in vitro</i> (c), plantio das plântulas em tubetes (d), curauá em fase de aclimatização na casa de vegetação (e), Infrutescência (f). .....	38
Figura 6 - Disposição dos vasos em casa de vegetação (a); croqui experimental em casa de vegetação (b). CBR: curauá branco; CRX: curauá roxo .....	42
Figura 7 - Desenvolvimento inicial da planta de curauá branco (a) e curauá roxo (b). .....	48
Figura 8 - Transplântio da muda de curauá branco (a), Planta de curauá branco após 60 DAT (b), planta de curauá branco após 240 DAT (c), planta de curauá branco após 540 DAT (d), colheita e avaliação do curauá branco (e), transplântio da muda de curauá roxo (f), planta de curauá roxo após 60 DAT (g), planta de curauá roxo após 240 DAT (h), planta de curauá roxo após 540 DAT (i), colheita e avaliação do curauá roxo (j) .....	49
Figura 9 - Emissão de rebentos da planta de curauá roxo (a), emissão de rebentos da planta de curauá branco (b) surgimento do fruto na planta de curauá roxo (c), fruto de curauá roxo e rebentos individuais (d). .....	50
Figura 10 - Altura da planta (a), diâmetro do caule (b), número de folhas (c), área foliar das plantas de curauá (d) em casa de vegetação em Manaus, AM. ....	53
Figura 11 - Massa seca de folhas (a), caule (b), raiz e (c) massa seca total (d) de plantas de curauá em casa de vegetação em Manaus, AM. ....	54
Figura 12 - Acúmulo de N em folhas (a), raiz (b), caule (c) e acúmulo de N total em plantas de curauá (d) em casa de vegetação em Manaus, AM. ....	57
Figura 13 - Acúmulo de P em folhas (a), raiz (b), caule (c) e acúmulo de P total em plantas de curauá (d) em casa de vegetação em Manaus, AM. ....	58
Figura 14 - Acúmulo de K em folhas (a), raiz (b), caule (c) e acúmulo de K total em plantas de curauá (d) em casa de vegetação em Manaus, AM. ....	60

Figura 15 - Acúmulo de Ca em folhas (a), raiz (b), caule (c) e acúmulo de Ca total em plantas de curauá (d) em casa de vegetação em Manaus, AM. ....	63
Figura 16 - Acúmulo de Mg em folhas (a), raiz (b), caule (c) e acúmulo de Mg total em plantas de curauá (d) em casa de vegetação em Manaus, AM. ....	64
Figura 17 - Acúmulo de S em folhas (a), raiz (b), caule (c) e acúmulo de S total em plantas de curauá (d) em casa de vegetação em Manaus, AM. ....	64
Figura 18 - Acúmulo de B em folhas (a), raiz (b), caule (c) e acúmulo de B total em plantas de curauá (d) em casa de vegetação em Manaus, AM. ....	69
Figura 19 - Acúmulo de Cu em folhas (a), raiz (b), caule (c) e acúmulo de Cu total em plantas de curauá (d) em casa de vegetação em Manaus, AM. ....	69
Figura 20 - Acúmulo de Fe em folhas (a), raiz (b), caule (c) e acúmulo de Fe total em plantas de curauá (d) em casa de vegetação em Manaus, AM. ....	70
Figura 21 - Acúmulo de Mn em folhas (a), raiz (b), caule (c) e acúmulo de Mn total em plantas de curauá (d) em casa de vegetação em Manaus, AM. ....	70
Figura 22 - Acúmulo de Zn em folhas (a), raiz (b), caule (c) e acúmulo de Zn total em plantas de curauá (d) em casa de vegetação em Manaus, AM. ....	71

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características químicas e físicas do substrato comercial utilizado na produção de mudas de curauá. ....	39
Tabela 2 - Características químicas do Latossolo Amarelo distrófico típico de textura argilosa coletado sob mata nativa em subsuperfície (20-40 cm) na Embrapa Amazônia Ocidental. ....	39
Tabela 3 - Concentrações de macro e micronutrientes fornecidos ao solo na adubação básica para - curauá ( <i>Ananas comosus</i> var. <i>erectifolius</i> ) em casa de vegetação em Manaus – AM. ....	40
Tabela 4 - Parcelamento das aplicações de nitrogênio e potássio por meio de soluções nutritivas em curauá ( <i>Ananas comosus</i> var. <i>erectifolius</i> ) em casa de vegetação em Manaus – AM. ....	41

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	15
2	OBJETIVOS.....	18
2.1	Geral.....	18
2.2	Específicos.....	18
3	REVISÃO DE LITERATURA.....	19
3.1	Aspectos gerais da cultura do curauá [ <i>Ananas comosus</i> var. <i>erectifolius</i> (L. B. Smith)].....	19
3.2	Determinação das principais fenofases do gênero <i>Ananas</i> .....	26
3.3	Crescimento, características morfofisiológicas e matéria seca das plantas de curauá.....	27
3.4	Dinâmica dos nutrientes no curauá.....	28
3.4.1	Nitrogênio (N).....	30
3.4.2	Fósforo (P).....	31
3.4.3	Potássio (K).....	32
3.4.4	Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Enxofre (S).....	33
3.4.5	Micronutrientes (Ferro (Fe), Cobre (Cu), Boro (B), Manganês (Mn), Zinco (Zn)).....	34
4	METODOLOGIA.....	37
4.1	Implantação e condução do experimento.....	37
4.1.1	Local do experimento.....	37
4.1.2	Aclimatização das mudas.....	37
4.1.3	Preparo do solo.....	39
4.1.4	Plantio.....	41
4.1.5	Delineamento experimental.....	42
4.1.6	Espaçamento e tratos culturais.....	43
4.1.7	Avaliação experimental.....	43
4.1.8	Determinação do crescimento de massa seca do curauá.....	44
4.1.9	Acúmulo de nutrientes.....	45
4.1.10	Série preferencial de acúmulo de nutrientes.....	46
4.1.11	Análise estatística.....	47
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	48
5.1	Caracterização das fenofases de crescimento do curauá.....	48
5.1.1	Transplântio, fases vegetativa e reprodutiva do curauá.....	48
5.1.2	Curva de crescimento (altura, diâmetro do caule, número de folhas e área foliar).....	50
6	CONCLUSÕES.....	72
7	REFERÊNCIAS.....	73

## 1 INTRODUÇÃO

Dentre as espécies produtoras de fibras naturais, o curauá *Ananas comosus* var. *erectifolius* (L. B. Smith) apresenta material tecnológico atrativo. É uma planta nativa da floresta amazônica e suas fibras podem ser utilizadas para diversos fins, como, por exemplo, na substituição parcial da fibra de vidro, na composição de carenagens de celular, compósitos poliméricos e como sorventes de óleo diesel (Oliveira *et al.*, 2016). Esta planta apresenta ampla distribuição geográfica, encontrando-se nos estados do Pará, Acre, Mato Grosso, Goiás e Amazonas (Neves *et al.*, 2019). O município de Santarém no estado do Pará é o principal produtor de curauá, sendo cultivado principalmente por pequenos agricultores (Cordeiro *et al.*, 2008). Porém, poucos dados agronômicos da espécie são encontrados na literatura. Para isso, é necessária a validação agronômica do cultivo do curauá para o estado do Amazonas, juntamente com os processos de produção da cultura.

Devido às condições climáticas favoráveis dos trópicos úmidos, o estado do Amazonas possui variedades de recursos para aumentar a produção de fibras naturais, como clima, temperatura, umidade e o incentivo por uma produção mais sustentável.

A validação agronômica de espécies nativas possibilita ao produtor, às secretarias de estado, às instituições de pesquisas, às universidades e aos demais interessados, a terem acesso aos índices técnicos da cultura e promover um arcabouço de informações sobre o potencial agrícola da espécie. Neste contexto, é essencial estudar o crescimento e o acúmulo de nutrientes nas partes da planta.

Apesar da demanda crescente por fibras naturais dos setores produtivos e industriais, os plantios comerciais para atender às demandas fabris ainda são insuficientes (SUFRAMA, 2019). Neste sentido, a falta de informações agronômicas, bem como os conhecimentos

específicos sobre o curauá para o estado do Amazonas, configura-se como um dos principais fatores que limitam a produção da espécie no estado.

O estudo das fenofases, curvas de crescimento e acúmulo de nutrientes associados à medidas lineares como altura da planta, número de folhas e outros parâmetros vegetativos são importantes para o desenvolvimento de novas pesquisas, sejam elas pelos aspectos genéticos ou morfofisiológicos.

Informações quanto à fenologia do curauá são importantes para a distinção dos estádios de crescimento, acompanhamento do desenvolvimento da cultura, adoção de práticas agronômicas e auxílio às pesquisas de caracterização das fases do ciclo (Rodrigues *et al.*, 2010) e, especialmente, para orientar o manejo da cultura quanto à possibilidade de se direcionar a produção de fibras para épocas favoráveis à comercialização (Kist *et al.*, 2011).

O crescimento vegetativo das plantas está relacionado ao ambiente e as respostas fisiológicas do seu metabolismo. Vale destacar que essas características de crescimento, podem ser utilizadas como base para trabalhos relacionados ao mapeamento genético de espécies vegetais, utilizados no melhoramento para produção de híbridos adaptados para a região amazônica, e ainda responder às questões relacionadas à nutrição de plantas, na absorção e acúmulo de nutrientes e nas funções dos nutrientes no metabolismo da planta.

A deficiência de potássio (K), primeiro nutriente mais demandado pelo gênero *Ananas*, caracteriza-se pela perda de coloração das folhas mais velhas e necrose da borda das folhas (Viégas *et al.*, 2014). O nitrogênio é o segundo nutriente mais demandado pelo gênero *Ananas* e tem forte influência na produtividade da cultura. O fósforo (P) afeta diretamente o crescimento da planta. Malézieux e Bartholomew (2003) destacam que a deficiência de fósforo causa redução no crescimento de todas as partes da planta e seus sintomas caracterizam-se por folhagem de cor escura, verde azulada. Outros nutrientes também são importantes para a avaliação do estado nutricional de plantas, sendo todos esses nutrientes

fornecidos à planta de acordo com a sua necessidade, geralmente pré-determinada por análise de solo, análise foliar e fornecida via adubos minerais.

Para a padronização do acúmulo de nutrientes utiliza-se a denominada marcha de absorção/acúmulo de nutrientes. A marcha de absorção é uma técnica destrutiva de análise vegetal (Grangeiro *et al.*, 2007). Espécies que não possuem dados informacionais sobre nutrição mineral podem utilizar essa técnica para gerar informações que servirão como base para uma recomendação de adubação mais adequada à cultura.

Diante do exposto, este trabalho tem por objetivo, em dois tipos de curauá – branco e roxo - determinar as fenofases, o crescimento da planta e o acúmulo de nutrientes, definindo a série preferencial de acúmulo de nutrientes de acordo com o período de desenvolvimento. Isso possibilitará a coleta de dados sobre os aspectos de crescimento e acúmulo de nutrientes em dois tipos de curauá.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Geral**

Determinar as fenofases, o crescimento e o acúmulo de nutrientes em curauá *Ananas comosus* var. *erectifolius* (L. B. Smith) (tipos branco e roxo) em Manaus, AM.

### **2.2 Específicos**

- a) Definir a duração das principais características fenotípicas de desenvolvimento vegetativo e reprodutivo em dois tipos de curauá;
- b) Determinar as curvas de crescimento em dois tipos de curauá;
- c) Verificar o acúmulo de nutrientes nas diferentes partes da planta em cada fenofase de desenvolvimento em dois tipos de curauá.

### 3 REVISÃO DE LITERATURA

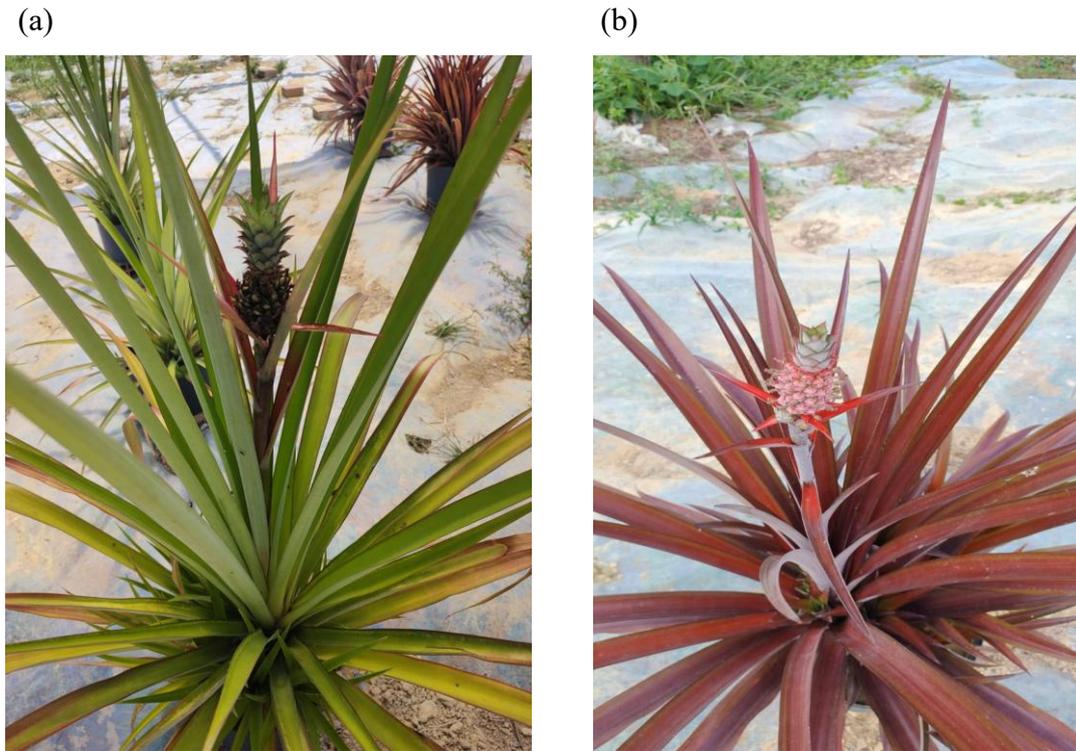
#### 3.1 Aspectos gerais da cultura do curauá [*Ananas comosus* var. *erectifolius* (L. B. Smith)]

A espécie *Ananas comosus* var. *erectifolius* (L. B. Smith) é uma espécie domesticada originada de *Ananas comosus* var. *microstachys* (Duval *et al.*, 2003). É uma planta fibrosa, monocotiledônea, herbácea, rizomatosa e de sistema radicular superficial e fasciculado, que alcança de 15 a 20 cm de profundidade, que se adapta a diferentes tipos de solo, sendo tolerante a solos ácidos e de baixa fertilidade (Collins, 1960; Gato *et al.*, 2018; Lameira; Cordeiro, 2023).

Pertencente à família Bromeliaceae tem sua origem na bacia amazônica e é considerada uma cultura pré-colombiana com ocorrência em diversos países da América do Sul, como Venezuela, Guiana Francesa e Brasil (Lameira; Cordeiro, 2023). Sua ocorrência na Amazônia está nas regiões dos rios Xingu, Tocantins, Maicuru, Trombetas, Paru, Acará, Guamá, Ilhas de Marajó e no Estado do Amapá, sendo também encontradas nos estados de Goiás, Mato Grosso e Acre (Reflora, 2023).

Para este trabalho foram estudados dois tipos distintos de curauá: o curauá branco e o curauá roxo (Figura 1). O curauá branco apresenta folhas verde-claras e o curauá-roxo se distingue do branco por apresentar folhas roxo-avermelhadas (Ledo, 1967). Dentre as principais características morfológicas dessa espécie, podem ser citadas suas folhas eretas, coriáceas, com bordos lisos, sem a presença de espinhos, com escapo alongado e ápice com acúleo terminal (Lameira; Cordeiro, 2023). As folhas medem cerca de 5 cm de largura e 5 mm de espessura. De acordo com Coppens e Leal (2003), quando adulta, alcançam 1,5 m de comprimento, podendo alcançar 1,6 m quando cultivadas em ambientes sombreados. A planta

é monóica com flores hermafroditas, de simetria actinomorfa ou zigomorfa, trímeras e heteroclamídeas, com sépalas coriáceas e pétalas de cores vivas. A inflorescência apresenta flores individuais dispostas em forma de espiga, sustentadas por um talo axial e robusto (Lameira; Cordeiro, 2023).



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Figura 1 - Planta de curauá branco cultivada em casa de vegetação (a), planta de curauá roxo cultivada em casa de vegetação (b).

Assim como as demais espécies do gênero *Ananas*, a espécie *Ananas comosus* var. *erectifolius* (L. B. Smith), curauá branco e curauá roxo, desenvolvem-se bem em regiões de clima tropical.

Comercialmente, o Brasil apresenta elevado potencial para a produção de fibras naturais e produz distintas fibras lignocelulósicas de diversas fontes de matéria-prima, como o sisal, juta, malva, fibra de coco, dentre outras (Tomczak *et al.*, 2007).

O desafio da produção agrícola no estado do Amazonas é produzir sustentavelmente, a fim de diminuir o desflorestamento e gerar renda com foco no desenvolvimento social. É fundamental cultivar espécies nativas que integrem os mais diversos sistemas agrícolas e que cresçam consorciadas ou combinadas com outras espécies nativas ou exóticas. Nesse contexto, as fibras naturais estão atraindo cada vez mais a atenção do setor secundário e primário e, devido as suas vantagens específicas, podem servir como matéria-prima no desenvolvimento de bioprodutos e no fortalecimento da bioeconomia.

As principais espécies produzidas no estado atualmente são a malva e a juta. O principal demandante dessas fibras é o setor secundário, com destaque para a indústria de transformação, tanto para a produção de cordas (Figura 2a) como para produção de sacaria para café tipo exportação (Figura 2b).

(a)



(b)



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Figura 2 - Produção de corda de juta (a), Produção de sacaria de café para exportação (b).

De acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2018), a produção de fibras no Brasil apresenta um grande potencial econômico. Porém a produção caiu nos últimos anos, principalmente a de juta e malva. A competição com as fibras sintéticas e a falta de estrutura da cadeia produtiva são as principais causas desse fenômeno.

O curauá é uma espécie considerada de grande valor econômico. No estado do Pará, antes da chegada da indústria suas fibras no mercado local eram comercializadas a um valor de R\$ 1.000,00 a tonelada da fibra seca, após a chegada da indústria as fibras passaram a ser comercializadas por associações de produtores diretamente com a indústria ao preço de R\$ 4.000,00 a tonelada da fibra seca (Sena, 2011). Sena (2011) ainda destaca que além das fibras existe a comercialização das mudas, que se apresenta até mais lucrativa que a produção de fibras, contudo ainda não existe mercado regular e estruturado para a sua prática.

Embora o curauá produza um fruto comestível, ele é mais utilizado para ornamentação de arranjos tropicais. O grande interesse econômico pelo curauá está ligado às fibras extraídas das folhas. O curauá branco apresenta folhas mais curtas e estreitas, com fibras mais claras e fortes e fornece um maior número de brotações laterais, enquanto o curauá roxo tem o crescimento mais acelerado e possui maior rendimento que o curauá branco (Silva; Tambourgi, 2011).

Não foram identificadas diferenças significativas na literatura no que diz respeito às propriedades físicas, mecânicas e térmicas das fibras dos dois tipos de curauá. Mesmo assim, o curauá branco é o preferido para cultivo, pois produz uma maior quantidade de mudas.

Por ter baixa densidade e elevada resistência mecânica, suas fibras é um material atrativo do ponto de vista econômico e tecnológico (Zukowski *et al.*, 2018), tornando possível serem utilizadas para diversos fins, inclusive como substituta da fibra de vidro na indústria automotiva e, alternativamente, também com uso diversificado como composto de vigas resistentes a terremotos na construção civil (Bressiani *et al.*, 2020).

As fibras produzidas a partir das folhas do curauá são bastante conhecidas por apresentarem elevada resistência mecânica, especialmente quando adicionadas a algum tipo de polímero (Monteiro *et al.*, 2006). A força de tração da fibra é superior a tração de fibras bem conhecidas e bastante utilizadas industrialmente, tais como sisal, juta e coco (Monteiro *et*

*al.*, 2006). A aplicação das fibras do curauá se torna uma opção econômica, uma vez que suas propriedades físicas são similares ou até melhores do que alternativas mais caras, como linho, polipropileno e fibras de vidro (Spinacé *et al.*, 2011).

Submetida à frequentes pesquisas no Brasil e no exterior, a fibra do curauá apresentou resultados de excelente qualidade, sendo comparável à fibra de vidro, devido à sua resistência, maciez e peso reduzido (Bilcati *et al.*, 2018; Silva; Tambourgi, 2011). Trata-se de uma fibra com resistência mecânica, leveza, ausência de odor, suavidade ao toque, facilidade na composição com outras fibras e vasta gama de utilização na indústria automobilística (Bilcati *et al.*, 2018; Maciel *et al.*, 2009). Tais características tornam essa espécie a mais promissora entre as espécies produzidas na Amazônia brasileira.

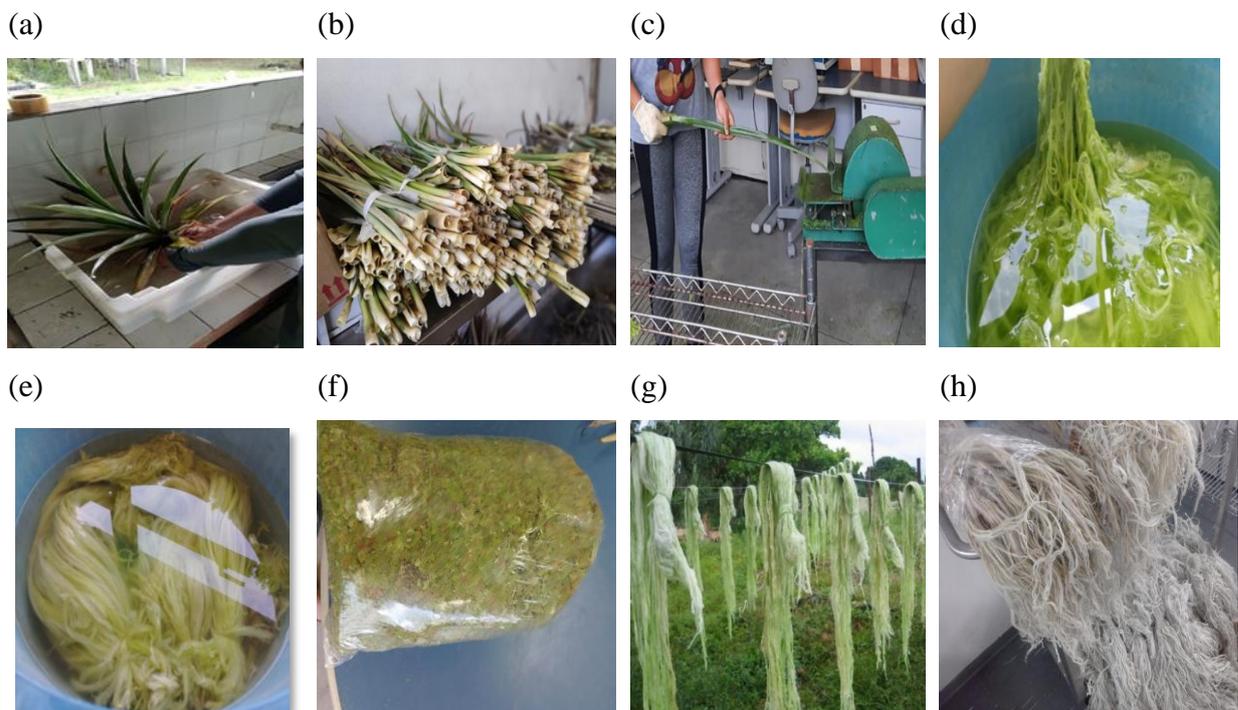
A colheita das folhas é realizada de forma manual e a produção tem impacto positivo para as populações rurais, no entanto sua fibra ainda é subproduzida em diversos estados (Silva *et al.*, 2019).

É uma espécie que no século XIX já despertava interesse comercial, sendo apresentada pelo Barão do Marajó em 1889 na Feira da Indústria e do Progresso realizada em Paris, na França. O suíço Luiz Godofredo Hagmann também descobriu a aplicação das suas folhas na produção de fibras naturais, chegando a implementar 23 hectares de curauá, com cerca de 500 mil mudas, no entanto o empreendimento foi abandonado devido a inviabilidade econômica na descorticação.

Atualmente, devido à grande diversidade de aplicações tecnológicas, foi realizado um mapeamento temático do curauá. Para isso foi utilizado a base de dados Web of Science para a identificação de artigos científicos relativos ao tema. Foi utilizada a estratégia de busca com nome científico e popular (*Ananas erectifolius* OR curaua), sendo selecionado o campo tópico, que contempla título, resumo e palavras-chave em um período de 2012 a 2023. A busca retornou 310 artigos identificados em diferentes áreas de estudo. A Figura 3 mostra a



Atualmente o desfibrilamento e as etapas de beneficiamento são bem simples (Figura 4) e as fibras vêm sendo utilizadas em número cada vez maior na indústria, para a extração de nanocristais de celulose, na produção de compósitos poliméricos de matriz orgânica, na confecção de chapas de celulose e em sistemas de blindagem multicamada (Souza *et al.*, 2020; Premkumar *et al.*, 2019; Campos *et al.*, 2019; Costa *et al.*, 2019).



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Figura 4 - Lavagem das plantas de curauá após a colheita (a), lotes de folhas destacadas de curauá (b), desfibramento das folhas de curauá (c), lavagem das fibras de curauá (d), fibras de curauá de molho (e), resíduos do desfibramento das folhas de curauá (mucilagem) (f); secagem das fibras de curauá ao ar livre (g), fibras de curauá beneficiadas (h).

Em relação à estrutura da fibra, possuem microestrutura composta principalmente por microfibrilas de celulose inseridas em lignina e matriz de hemicelulose, com características hidrofílicas, resultando em elevada taxa de adsorção de água (Fidelis *et al.*, 2013). Sua porcentagem (%) em massa de celulose fica na faixa de 71 a 73%, enquanto o conteúdo de lignina na faixa de 7,5 a 13% (Faruk *et al.*, 2014). Possui densidade de 0,96 g/cm<sup>3</sup>, densidade menor em comparação a fibra de vidro (2,58 g/cm<sup>3</sup>) e aramida (1,44 g/cm<sup>3</sup>), apresentando

também maior resistência à tração específica. Outro destaque é o alto desempenho mecânico, com valores de resistência entre 250 e 735 Mpa (Soltan *et al.*, 2017; Zukowski *et al.*, 2018).

Outro aspecto importante a ser ressaltado, está relacionado ao benefício social do cultivo de curauá. De acordo com Silva *et al.* (2019) a produção de curauá tem impacto positivo para as populações rurais, pequenos agricultores em sistema de agricultura familiar. Então surge a necessidade de se compreender melhor as fases de crescimento e do desenvolvimento do curauá, a fim de adequar tecnologias que propiciem melhor custo-benefício aos produtores.

### **3.2 Determinação das principais fenofases do gênero *Ananas***

O curauá é uma espécie rústica, sendo considerada pouco exigente quanto à qualidade do solo. No entanto depende de índices pluviométricos superiores a 2.000 mm/ano (Lameira, 2009). De acordo com Souza *et al.* (2017) a fenologia do gênero *Ananas* está relacionado com a variedade e as condições climáticas, tais como temperatura, umidade e luminosidade. Esses fatores influenciam no desenvolvimento da planta, produção de folhas, florescimento e colheita dos frutos.

Em levantamento bibliográfico realizado para o desenvolvimento deste trabalho foram encontradas poucas pesquisas sobre a fenologia do curauá. A fenologia pode ser dividida em três fases: vegetativa, reprodutiva e de produção. A fase vegetativa está relacionada ao estudo da produção de folhas, a fase reprodutiva é a fase da visualização da emissão do pendão floral e a fase de produção é a fase de formação do fruto (Morellato *et al.*, 2016). A partir da fenologia é possível elaborar estratégias de uso e recomendar práticas agrônômicas para o uso racional da espécie e suas dependências aos fatores ambientais (Vogado *et al.*, 2016).

No estado do Pará foi realizado um estudo testando diferentes acessos de curauá (Campelo *et al.*, 2021). O material estudado teve seis procedências de origem: os municípios de Alenquer, Santarém, Belém, Bragança, Ponta de Pedras e Monte Alegre, todos localizados no Pará - Brasil.

O curauá apresenta diferentes padrões fenológicos na frutificação e floração de acordo com cada acesso estudado, sendo na floração mais acentuada. A floração ocorre principalmente nos meses de agosto, setembro, outubro e novembro e frutificação com pico de produção em outubro. O estudo apresentou variações para fenologia reprodutiva, apresentando atividades distintas entre os acessos (Campelo *et al.*, 2021).

Além da fenologia, outros parâmetros para avaliar o aspecto produtivo da cultura são importantes. As análises de crescimento, por exemplo, podem ser realizadas utilizando informações obtidas pela massa seca da planta (raízes, caule, folhas e frutos) e é uma ferramenta eficiente para identificar materiais promissores Benincasa, (2003). Tais informações são obtidas pelas fases ou intervalos de tempo durante o crescimento da cultura.

Para que a produção seja satisfatória é necessária a prática de adubações, visto que a maioria dos solos da Amazônia não pode suprir totalmente a demanda nutricional da espécie, pois são latossolos amarelos distróficos, com boa estrutura, mas pobres em P, K, dentre outros e acidez elevada.

### **3.3 Crescimento, características morfofisiológicas e matéria seca das plantas de curauá**

A análise de crescimento das culturas agrícolas pode ser obtida sem a necessidade de tecnologias avançadas. Esse conhecimento sobre a cultura é fundamental para o desenvolvimento de tecnologias para o manejo da cultura, tais como: deficiência nutricional,

manejo de plantas daninhas, controle de pragas e doenças, entre outros (Barreiro Neto *et al.*, 1998). Algumas variáveis podem ser mensuradas a partir do acompanhamento fenológico e do desenvolvimento da cultura que está sendo estudada. Tais informações podem ser obtidas através das partes das plantas (raízes, caule e folhas) e de sua massa seca. Essas medidas são coletadas durante um determinado intervalo de dias, que pode variar desde o plantio da semente, ou formação da muda até que a planta complete seu ciclo.

De acordo com Benincasa (2003), a análise de crescimento se fundamenta na medida de matéria seca acumulada de partes da planta durante um determinado período. Ainda segundo o autor, o crescimento de espécies vegetais possibilita acompanhar o desenvolvimento e a contribuição das diferentes partes da planta no crescimento total.

### **3.4 Dinâmica dos nutrientes no curauá**

Nas cultivares de espécies do gênero *Ananas* normalmente as maiores concentrações de nutrientes são acumuladas nas folhas e as menores nas raízes (Reis, 2015). As espécies tendem a exportar grandes quantidades de nutrientes e imobilizar nos frutos e órgãos propagativos: coroas, muda do tipo filhote e rebentões (Malézieux; Bartholomew, 2003). Os nutrientes que mais influenciam no crescimento e produção do abacaxizeiro são o potássio e o nitrogênio, sendo o potássio o nutriente que mais se acumula na planta e o nitrogênio com influência marcante na massa seca da fruta (Paula *et al.*, 1998).

Nos últimos anos as pesquisas na área de nutrição mineral no gênero *Ananas* tem sido incipiente. Para que a planta possa crescer, se desenvolver e completar o seu ciclo produtivo, é necessário que seja fornecido concentrações adequadas de nutrientes essenciais para as plantas.

A menor concentração ou a indisponibilidade de determinado mineral para a absorção causa deficiência nutricional, que pode causar sintomas graves de deficiência e, além disso, limitar a obtenção de rendimento econômico para a cultura. A parte mais utilizada para a avaliação do estado nutricional das plantas são as folhas, pois é o órgão que contém a maior percentagem de nutrientes acumulados, com isso a análise foliar baseia-se na premissa de que a folha é o principal sítio do metabolismo, e que mudanças no suprimento de nutrientes são refletidas em sua composição, havendo ainda uma relação entre a concentração dos nutrientes nas folhas e as produções obtidas pela cultura (Bataglia; Santos, 2001).

O critério de essencialidade de um elemento está relacionado com os conceitos clássicos em que na ausência do elemento a planta não consegue completar o seu ciclo de vida. A função de um elemento não é substituída por outro elemento e o mineral deve estar envolvido diretamente no metabolismo da planta (Marschner, 2012).

São 17 elementos considerados essenciais para as plantas, sendo que esses elementos são classificados em macronutrientes (necessidade  $> 1000 \text{ mg. Kg}^{-1}$  de massa seca) como carbono (C), hidrogênio (H), oxigênio (O), que são provenientes da água e do ar e outros 14 elementos, cálcio (Ca), potássio (K), magnésio (Mg), nitrogênio (N), enxofre (S) e fósforo (P) e micronutrientes (necessidade  $< 1000 \text{ mg. Kg}^{-1}$ ) como ferro (Fe), boro (B), cloro (Cl), cobre (Cu), manganês (Mn), molibdênio (Mo), níquel (Ni) e zinco (Zn). Existem ainda elementos considerados benéficos como o alumínio (Al), silício (Si), cobalto (Co), sódio (Na) e selênio (Se), que não atendem aos critérios de essencialidade, que em baixas concentrações podem atuar como cofatores para algumas enzimas específicas, potencializando o crescimento e mitigando estresses bióticos. Esses nutrientes obedecem a uma ordem decrescente de exigência de macronutrientes:  $\text{K} > \text{N} > \text{Ca} > \text{Mg} > \text{S} > \text{P}$  e de micronutrientes:  $\text{Cl} > \text{Fe} > \text{Mn} > \text{Zn} > \text{Cu} > \text{B}$  (Malavolta, 1982).

### 3.4.1 Nitrogênio (N)

O nitrogênio (N) é o segundo nutriente mais exigido pelo gênero *Ananas* e está diretamente relacionado ao desenvolvimento vegetativo da cultura, sendo o nutriente que tem forte influência na produtividade de espécies do gênero *Ananas*, além de favorecer a produção de mudas do tipo filhote (Caetano *et al.*, 2013). Constitui compostos nitrogenados e participa de diversos processos metabólicos, como proteínas, ácidos nucleicos, enzimas, vitaminas, pigmentos fotossintéticos e produtos secundários (Taiz; Zeiger, 2004). É essencial em diversos processos como absorção iônica, fotossíntese, respiração, multiplicação e divisão celular, sendo fundamental para o crescimento e a formação vegetativa da planta (Malavolta *et al.*, 1989).

O N está relacionado com o desenvolvimento vegetativo das plantas do gênero *Ananas*. A forma em que o N é absorvido pelas plantas vai depender das condições do solo e das espécies de plantas. Plantas adaptadas a valores de pH baixo, como é o caso do curauá, e condições de solo alagado tendem a absorver o N na forma de  $\text{NH}^{+4}$ . Em solos com pH mais alto, o  $\text{NO}^{-3}$  é a forma de N predominante a ser absorvida (Malavolta, 1982; Pandey, 2015).

Plantas de abacaxizeiro com deficiência de N apresentam menores teores de N na massa seca de folhas (Ramos *et al.*, 2009). (Cunha *et al.*, 2019) ao estudarem plantas de abacaxizeiro das variedades “Imperial” e “Vitória” observaram que os sintomas visuais de deficiência de N no abacaxizeiro incluíam uma coloração verde-amarelada e uma tonalidade alaranjada na base das folhas. Além disso, sua deficiência resulta em uma clorose gradual nas folhas mais velhas e uma redução no crescimento da planta, com isso a planta tende a ter uma diminuição das reservas na parte aérea, a planta tende a alongar o sistema radicular para promover uma melhor absorção dos nutrientes (Fernandes, 2006).

Maeda (2005) realizou adubações nas axilas de plantas de abacaxi cultivar Smooth Cayenne, com diferentes doses de N (0, 140, 280 e 420 Kg ha<sup>-1</sup>), tendo como fonte de N a ureia. O autor constatou um aumento significativo no teor de N no tecido das plantas, que se correlacionou com o aumento das doses aplicadas.

### 3.4.2 Fósforo (P)

O gênero *Ananas* é pouco exigente em fósforo, sendo a demanda por P mais exigida nas fases de diferenciação floral e no desenvolvimento do fruto (Malézieux; Bartholomew, 2003).

O fósforo (P) está envolvido na fotossíntese, assim como o magnésio (Mg). O P é constituinte do ATP, ácidos nucleicos e fosfolipídios em membranas. Já o magnésio é o elemento central da clorofila e um ativador enzimático. O P e o N apresentam efeito sinérgico, ou seja, a presença de P acarreta uma maior absorção de N (Pandey, 2015).

Os sintomas de deficiência de P são folhagem de coloração escura verde-azulada, mais acentuada com adubação nitrogenada intensa; as folhas secam a partir das pontas de cor marrom avermelhada e estrias transversais marrons. As bordas dessas folhas amarelecem a partir das pontas (Manica, 1999). A planta tem porte ereto, com folhas longas e estreitas, e raízes com pelos mais longos, vibrantes e menos ramificados (Souza; Oliveira, 2021; Py *et al.*, 1987).

Estudo de Ramos *et al.* (2009) em abacaxizeiros identificaram que deficiência de fósforo gera amarelecimento nas folhas mais novas, aos nove meses identificaram que folhas mais novas e as medianas apresentaram, na parte central do limbo, coloração vermelha-arroxeadada com os bordos verdes bem pronunciados.

### 3.4.3 Potássio (K)

O potássio (K) é o nutriente mais exigido pelo gênero *Ananas*. Diferente dos outros elementos o K não é metabolizado na planta e forma apenas complexos fracos nos quais é facilmente trocável. Sua função primária nas plantas está relacionada com a ativação enzimática, no metabolismo de proteínas, nas membranas celulares, no equilíbrio iônico, crescimento da extensão celular, abertura e fechamento estomático e turgor celular. Ele pode estar presente no solo em três formas: presente na solução do solo, adsorvido na forma trocável aos colóides do solo e como um elemento estrutural dos minerais do solo. A deficiência de K no solo é rara, mas a adição de K ao solo estimula o crescimento da planta (Pandey, 2015).

As taxas de absorção de K pelos tecidos vegetais são altas, devido à alta permeabilidade das membranas para K e além da absorção passiva, onde esse nutriente entra nas raízes das plantas por meio de transportadores de baixa e alta afinidade (Wang; Wu, 2013). A maior parte do K é absorvida durante a fase vegetativa e o fluxo de K da parte aérea à raiz é mantido através do floema.

O potássio desempenha ainda um papel importante na fotossíntese, uma vez que influencia o fluxo de prótons induzido pela luz através da membrana do tilacóide e para estabelecer o gradiente de pH transmembrana necessário para a síntese de ATP (fotofosforilação) (Pandey, 2015).

O K e o N por possuírem um efeito antagônico, pois de acordo com Souza (2000) podem servir de estratégia para determinado destino de produção. Um exemplo é ajustar as relações K e N para o controle da razão sólidos solúveis/acidez titulável em frutos de abacaxi. Na produção de curauá essa relação também é importante, pois o aumento da relação K:N

eleva a massa fresca da folha D, ademais o aumento das doses de K também aumentam os valores da relação K/Mg (Spironello *et al.*, 2004; Rodrigues *et al.*, 2013).

Os índices fisiológicos de crescimento e produção da planta são normalmente influenciados pela disponibilidade de nutrientes (Marques *et al.*, 2011).

Os sintomas de deficiência de K são marcados pelas folhas com pequenas pontuações amarelas que se proliferam e podem se agrupar nas bordas do limbo, as extremidades apresentam ressecamento (Souza; Oliveira, 2021). A deficiência de K pode ainda ocasionar pedúnculo do fruto com pequeno diâmetro (Iuchi, 1978) e quando a deficiência é mais intensa, as pintas nas folhas apresentam manchas amarelas, algumas delas vermelho-brilhante (Manica, 1999).

O potássio e o nitrogênio são os nutrientes mais exigidos pelo abacaxizeiro e que mais influenciam em seu crescimento.

#### **3.4.4 Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Enxofre (S)**

O cálcio (Ca) é o nutriente utilizado na formação e integridades das paredes celulares, especialmente na formação da lamela média, que separa as células em processo de divisão (Taiz; Zeiger, 2004; Malavolta *et al.*, 1997).

A deficiência de Ca pode gerar folhas muito pequenas, curtas, estreitas e frágeis e provoca um colapso geral na estrutura da membrana celular e da parede, permitindo o vazamento dos precursores fenólicos para o citoplasma (Souza; Oliveira, 2021; Storey *et al.*, 2002; Py *et al.*, 1987).

Plantas com deficiência de Ca, as folhas apresentam uma coloração verde pálido, com algumas manchas amareladas. As folhas mais novas tendem a secar, e em casos de deficiência severa, surgem fendas nas folhas, uma coloração avermelhada e rachaduras na base (Ramos *et al.*, 2009).

O magnésio (Mg) é um componente da molécula de clorofila e atua como ativador das enzimas responsáveis pela transferência de fosfato e atua como cofator em diversos processos enzimáticos relacionados à fosforilação, desfosforilação e hidrólise de vários compostos orgânicos, além de atuar como estabilizador estrutural para diversos nucleotídeos (Marschner, 2012; Paula *et al.*, 1998).

As plantas de abacaxizeiro com sintomas de deficiência de Mg apresentam folhas velhas amarelas, cujas partes, sombreadas por folhas mais jovens permanecem verdes. Podem apresentar ainda, manchas amarelas que se tornam marrons, as folhas mais velhas ressecam antes de completar o seu crescimento (Souza; Oliveira, 2021; Py *et al.*, 1987).

O enxofre (S) desempenha diversos papéis fundamentais em diversos processos metabólicos. Vários sintomas de deficiência de S se assemelham aos de deficiência de N, como clorose e diminuição do crescimento (Taiz; Zeiger, 2004). Segundo Souza e Oliveira (2021) e Souza *et al.* (1999) a deficiência de S nas folhas do abacaxizeiro se expressa com sintomas marcantes na coloração, como folhagem com coloração amarelo pálido a dourada; bordas das folhas com tom róseo, especialmente nas mais velhas, no entanto a planta permanece com tamanho normal.

De acordo com Py *et al.* (1987) plantas com deficiência de S apresentam folhas brilhantes de coloração verde-limão e são mais largas do que o normal; tanto as folhas novas quanto as velhas mostram sinais de amarelecimento.

### **3.4.5 Micronutrientes (Ferro (Fe), Cobre (Cu), Boro (B), Manganês (Mn), Zinco (Zn))**

O ferro (Fe) é o micronutriente exigido em maior quantidade pelo abacaxizeiro. Está envolvido em diversos processos essenciais, incluindo a fotossíntese, a respiração e a biossíntese de clorofila, além disso o Fe é um componente do complexo de Fe-enxofre e de outros locais de ligação ao ferro (Taiz; Zeiger, 2013). Dentre os sintomas de deficiência de Fe

podemos destacar o desenvolvimento de clorose nas folhas jovens, as folhas costumam ser flácidas, largas e amarelas, com uma “rede” verde visível nos vasos condutores e as folhas mais velhas ficam secas (Souza; Oliveira, 2021; Py *et al.*, 1987).

O cobre (Cu) é um elemento essencial para as plantas, desempenhando um papel insubstituível em diversas enzimas fundamentais para o metabolismo celular (Fernandes; Henriques, 1991). Dentre os sintomas de deficiência de Cu destacam-se as folhas verde claras, estreitas com bordos ondulados e com uma pronunciada calha em forma de U na seção transversal, raros tricomas, pontas das folhas se curvam para baixo, folhas caídas com coloração vermelho-purpúrea nas dobras, raízes curtas com pelos reduzidos e planta raquítica (Souza; Oliveira, 2021; Py *et al.*, 1987).

O boro (B) é um elemento considerado imóvel, uma vez que depositado na folha não é removido e retranslocado para outro órgão (Xu *et al.*, 2007). O B pode atuar ainda no alongamento celular, na síntese dos ácidos nucleicos, nas repostas hormonais e no funcionamento das membranas (Shelp, 1993). A deficiência pode ocorrer em razão da insolubilização do B no solo, devido à seca ou ao pH muito elevado. Dentre os sintomas destacam-se a descoloração que varia do amarelo ao alaranjado, tornando-se marrom em um lado das folhas; interrupção do crescimento da folha em dois terços do seu comprimento, com pontas secas, folhas que tendem a se enrolar, clorose nas folhas jovens, com bordas do ápice apresentando enverdecimento (Souza; Oliveira, 2021; Py *et al.*, 1987).

O manganês (Mn) atua na ativação de enzimas como desidrogenases, transferases, hidroxilases e descarboxilases, que estão envolvidas na respiração, na síntese de aminoácidos e de lignina, além de influenciar as concentrações de hormônios (Humphries *et al.*, 2007). Os sintomas de deficiência de Mn não são bem definidos, as folhas afetadas têm um aspecto de mármore, com áreas verde-claras, principalmente ao redor dos vasos, que estão cercadas por regiões de verde mais escuro (Souza; Oliveira, 2021; Py *et al.*, 1987).

O zinco (Zn) é um micronutriente fundamental no crescimento das plantas e participa da biossíntese de proteínas, ácidos nucleicos, vitaminas, clorofilas e triptofano. Influencia o crescimento do protoplasma, aumenta a viscosidade e reduz a quantidade de água livre na célula (Marschner, 2012). Os sintomas de deficiência ocorrem em plantas jovens, o centro da roseta foliar é fechado, com folhas jovens que são rígidas, quebradiças e, às vezes, encurvadas. Em plantas mais velhas, as folhas basais exibem nervuras irregulares, com um aspecto marmorizado e descoloração amarelo alaranjada nas bordas, além de pontas secas (Souza; Oliveira, 2021; Py *et al.*, 1987).

## 4 METODOLOGIA

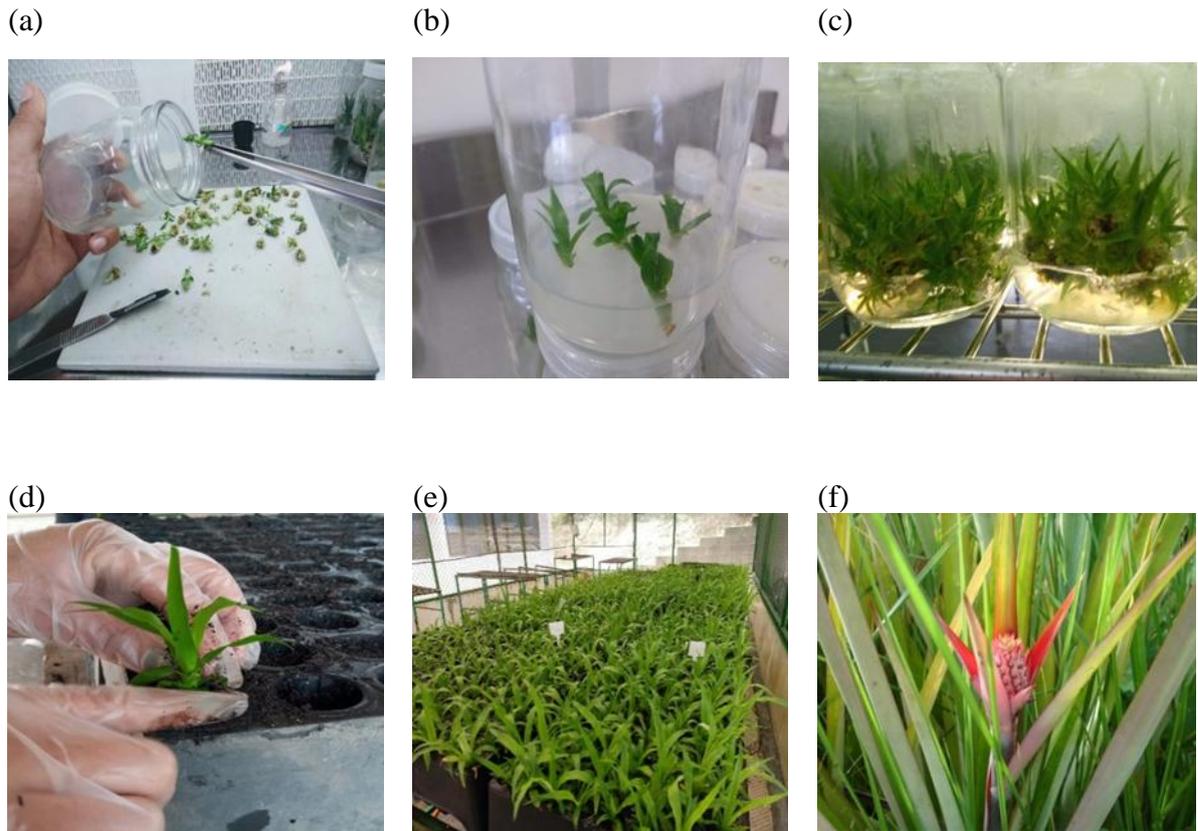
### 4.1 Implantação e condução do experimento

#### 4.1.1 Local do experimento

O experimento foi conduzido em casa de vegetação com altura de 2,0 m de pé direito, na Embrapa Amazônia Ocidental, sob coordenadas 2° 53' 23,17''S e 59° 58' 77''W de latitude e longitude, respectivamente, de fevereiro de 2022 a agosto de 2023. A temperatura média na casa de vegetação foi de 36° C durante o período de condução do experimento, obtido através de DataLogger.

#### 4.1.2 Aclimatização das mudas

As mudas foram preparadas e aclimatadas em casa de vegetação no Centro de Bionegócios da Amazônia (CBA), a partir de propágulos *in vitro* e introduzidas em frascos de 250 mL, contendo 40 mL de meio de cultivo MS suplementado com 2,0 mg. L<sup>-1</sup> de 6-benzilaminopurina + 0,25 mg. L<sup>-1</sup> de ácido naftaleno acético. Em seguida, as culturas foram mantidas a 25 ± 2 °C sob fotoperíodo de 16 h e intensidade luminosa de 50 μmol.m<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup> (Gato *et al.*, 2018) (Figura 5). Após 60 dias de cultivo, os explantes foram avaliados quanto ao seu desenvolvimento.



Fonte: Freitas *et al.* (2023).

Figura 5 - Subcultivo das plântulas de curauá (a), plântulas de curauá aos 10 dias *in vitro* (b), plântulas de curauá, aos 40 dias *in vitro* (c), plantio das plântulas em tubetes (d), curauá em fase de aclimatização na casa de vegetação (e), Infrutescência (f).

Após essa avaliação, as plântulas foram lavadas para a retirada do excesso de meio de cultura e foram dispostas em tubetes de 180 cm<sup>3</sup> e levadas à casa de vegetação telada para retenção luminosa (entre 50 e 70%) com temperatura média de 28° C e irrigação por nebulização, onde permaneceram por um período de 5 meses. As mudas antes da aclimatização apresentaram entre 3,0 e 6,0 cm de altura e variação de cinco a sete folhas.

Durante o período de aclimatização as mudas não receberam qualquer tipo de adubação, evitando promover um incremento na taxa de crescimento. Foi utilizado substrato comercial da marca TopStrato. O substrato foi composto por casca de pinus, turfa e vermiculita sem especificação granulométrica. Suas características físicas e químicas podem ser observadas na Tabela 1, sendo possível observar que este possui baixa densidade, boa retenção de umidade e adequada aeração para formação de mudas.

Tabela 1 - Características químicas e físicas do substrato comercial utilizado na produção de mudas de curauá.

Umidade (%p/p)	CRA (Capacidade de Retenção de Água) (%p/p)	Densidade base seca kg/m <sup>3</sup>	Densidade base úmida kg/m <sup>3</sup>	pH		CE (mS/cm)	
				Proporção água: substrato		Proporção água: substrato	
				1,5:1	5:1*	1,5:1	5:1*
60	130	200	500	5,8 (+/-) 0,3	5,8 (+/-) 0,3	2,0 (+/-) 0,3	0,5 (+/-) 0,3

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

#### 4.1.3 Preparo do solo

Foi utilizado solo classificado como Latossolo Amarelo distrófico típico de textura argilosa, coletado da camada de 20-40 cm de profundidade e seus atributos químicos encontram-se descritos na Tabela 2.

Tabela 2 - Características químicas do Latossolo Amarelo distrófico típico de textura argilosa coletado sob mata nativa em subsuperfície (20-40 cm) na Embrapa Amazônia Ocidental.

Características químicas do solo	Valor
pH (H <sub>2</sub> O)	3,88
C (g Kg <sup>-1</sup> )	12,19
M.O. (g Kg <sup>-1</sup> )	20,97
P (mg dm <sup>-3</sup> )	2
K (mg dm <sup>-3</sup> )	14
Na (mg dm <sup>-3</sup> )	1
Ca (cmolc dm <sup>-3</sup> )	0,29
Mg (cmolc dm <sup>-3</sup> )	0,08
Al (cmolc dm <sup>-3</sup> )	0,82
H+Al (cmolc dm <sup>-3</sup> )	3,30
SB (cmolc dm <sup>-3</sup> )	0,41
t (cmolc dm <sup>-3</sup> )	1,23
T (cmolc dm <sup>-3</sup> )	3,71
V (%)	11,05

M (%)	66,66
Fe (mg dm <sup>-3</sup> )	90
Zn (mg dm <sup>-3</sup> )	0,54
Mn (mg dm <sup>-3</sup> )	1,76
Cu (mg dm <sup>-3</sup> )	0,05

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

A correção da acidez do solo foi realizada utilizando a dose de 3,5 t ha<sup>-1</sup> de CaCO<sub>3</sub> + MgCO<sub>3</sub> na proporção 4:1, definida através da equação  $\text{pH} = 4,4024 + 0,4857 \times (\text{R}^2 = 0,968)$  obtida aos 35 dias de incubação, para se alcançar um pH próximo a 6,0 (Catani; Alonso, 1969).

O carbonato de cálcio e o carbonato de magnésio foram misturados ao solo com a ajuda de bacias plásticas com capacidade de 25 dm<sup>3</sup> e incubado em vasos de 15 dm<sup>3</sup> com água deionizada até a capacidade de campo durante 35 dias.

Após o período de incubação, o solo foi seco e desestruturado. Devido à ausência de recomendações de adubação para a cultura do abacaxi no estado do Amazonas, as adubações foram constituídas a partir da média de recomendação adotada por Rodrigues *et al.* (2013) e Souza *et al.* (1999) e de acordo com o Manual de Adubação e Calagem do Estado do Pará e do Manual de Adubação e Calagem do Estado de Minas Gerais, para a cultura do abacaxi. As concentrações foram multiplicadas por cinco vezes a concentração de campo para N, P, K e micronutrientes (Resende *et al.*, 2012) (Tabela 3).

Tabela 3 - Concentrações de macro e micronutrientes fornecidos ao solo na adubação básica para -curauá (*Ananas comosus* var. *erectifolius* (L. B. Smith)) em casa de vegetação em Manaus – AM.

Nutrientes	Dose aplicada até a 15 <sup>a</sup> semana (mg.dm <sup>-3</sup> )	Dose aplicada após a 15 <sup>a</sup> semana (mg.dm <sup>-3</sup> )	Fonte do nutriente
N	630,00	1.260,00	Nitrato de amônio (p.a)
K	1.102,50	2.205,00	Cloreto de potássio (p.a)
P	32,50	16,25	Superfosfato triplo
S	87,50	87,50	Enxofre puro

<b>B</b>	0,675	0,675	Ácido bórico (p.a)
<b>Cu</b>	1,175	1,175	Sulfato de cobre (p.a)
<b>Mn</b>	15,50	15,50	Sulfato de manganês (p.a)
<b>Mo</b>	0,68	0,68	Molibdato de amônio (p.a)
<b>Zn</b>	1,00	1,00	Sulfato de zinco (p.a)

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Para o nitrato de amônio foram realizadas 5 aplicações parceladas a cada 3 semanas. Para a solução de cloreto de potássio foram realizadas duas aplicações, parceladas a cada 7 semanas. Superfosfato triplo e micronutrientes foram aplicados em dose única via solução (Tabela 4).

Tabela 4 - Parcelamento das aplicações de nitrogênio e potássio por meio de soluções nutritivas em curauá (*Ananas comosus* var. *erectifolius* (L. B. Smith)) em casa de vegetação em Manaus – AM.

Dias	Aplicações	Porcentagem aplicada	Fonte do nutriente
1	1 <sup>a</sup>	10%	Nitrato de amônio (p.a)
21	2 <sup>a</sup>	20%	Nitrato de amônio (p.a)
42	3 <sup>a</sup>	20%	Nitrato de amônio (p.a)
70	4 <sup>a</sup>	25%	Nitrato de amônio (p.a)
91	5 <sup>a</sup>	25%	Nitrato de amônio (p.a)
1	1 <sup>a</sup>	50%	Cloreto de potássio (p.a)
56	2 <sup>a</sup>	50%	Cloreto de potássio (p.a)

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

#### 4.1.4 Plantio

O plantio se deu após aclimação das plantas no viveiro da Embrapa Amazônia Ocidental, com uma planta por vaso e os vasos foram mantidos em capacidade de campo durante todo o experimento.

#### 4.1.5 Delineamento experimental

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado com nove períodos de avaliação [60, 120, 180, 240, 300, 360, 420, 480, 540 dias após o transplântio (DAT) das mudas], com quatro repetições, sendo cada planta uma unidade experimental, com 40 unidades experimentais avaliadas para cada tipo de curauá, totalizando 80 unidades experimentais (Figura 6).

(a)



(b)

CBR-37	CBR-38	CRX-39	CRX-40
CBR-33	CRX-34	CBR-35	CRX-36
CBR-29	CRX-30	CRX-31	CRX-32
CRX-25	CRX-26	CBR-27	CRX-28
CRX-21	CRX-22	CRX-23	CBR-24
CBR-17	CRX-18	CBR-19	CRX-20
CBR-13	CRX-14	CRX-15	CRX-16
CBR-09	CRX-10	CRX-11	CRX-12
CBR-05	CBR-06	CBR-07	CBR-08
CRX-01	CBR-02	CBR-03	CRX-04
CRX-77	CRX-78	CBR-79	CRX-80
CRX-73	CBR-74	CRX-75	CBR-76
CBR-69	CBR-70	CBR-71	CBR-72
CRX-65	CBR-66	CRX-67	CRX-68
CBR-61	CBR-62	CBR-63	CBR-64
CBR-57	CBR-58	CBR-59	CRX-60
CRX-53	CRX-54	CRX-55	CBR-56
CRX-49	CRX-50	CRX-51	CRX-52
CBR-45	CRX-46	CBR-47	CBR-48
CBR-41	CBR-42	CBR-43	CBR-44

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Figura 6 - Disposição dos vasos em casa de vegetação (a); croqui experimental em casa de vegetação (b). CBR: curauá branco; CRX: curauá roxo

Foram contados o número de folhas e medida a maior folha de cada planta antes de serem transplantadas para os vasos. O experimento contou ainda com bordaduras nas laterais conduzida de forma semelhante aos vasos dos tratamentos.

#### **4.1.6 Espaçamento e tratos culturais**

O experimento obedeceu ao espaçamento de 1,0 m entre os vasos. Foram realizadas irrigações periódicas com uso de água deionizada por meio de proveta graduada de acordo com a necessidade da planta partindo de observação diária do substrato. O controle de plantas daninhas foi realizado semanalmente de forma manual. Durante o experimento não ocorreram ataques de pragas ou doenças.

#### **4.1.7 Avaliação experimental**

Durante o cultivo do curauá foram observadas e datadas as principais características fenotípicas das plantas a cada avaliação, que foram do plantio das mudas, lançamento de novas folhas, lançamento de perfilhos e frutificação, a partir da definição das seguintes fenofases:

I- Fase vegetativa – início com surgimento de folhas novas e surgimento de perfilhos;

II- Fase reprodutiva – início com o surgimento do pedúnculo floral até a visualização do fruto;

III- Fase de frutificação ou produção – compreende o momento do surgimento dos primeiros frutos até o final da avaliação experimental (540 DAT).

Todas as fenofases foram definidas quando 50% de todas as plantas do experimento apresentaram as características fenotípicas descritas anteriormente.

#### 4.1.8 Determinação do crescimento de massa seca do curauá

A cada período de avaliação foram coletadas quatro plantas, após a coleta foram destacadas as folhas do caule e foram aferidas as seguintes medidas de crescimento:

I- Altura da planta: obtida com trena milimétrica metálica medindo da parte basal do coleto até a ponta da folha mais alta da planta;

II- Diâmetro do caule (mm) – medido com uso de paquímetro digital em duas aferições por planta, uma perpendicular à outra, na base do caule sem as folhas e obtendo-se uma média;

III- Número de folhas – obtido por meio de contagem individual de cada folha presente na planta.

A área foliar foi obtida de forma indireta, com o auxílio de software ImageJ.

As amostras foram colocadas em sacos de papel, identificadas, secas em estufa de ventilação forçada a 65° C até peso constante e pesadas para a obtenção de massa seca.

Através da área foliar das amostras e da matéria seca de folhas amostrais e total, foi estimada a área foliar da planta pela equação:

$$AF = Afa \times (PSFt + PSFa) / PSFa$$

Sendo:

AF = área foliar da planta;

Afa = área foliar da amostra escaneada;

PSFa = peso seco da amostra de folhas escaneadas e;

PSFt = peso seco de folhas total.

A partir da área foliar e do número de folhas, foi calculada a área foliar média da folha (Aff) (cm<sup>2</sup> folha<sup>-1</sup>) pela equação:

$$Aff = AF/Nf$$

Onde,

AF = área foliar total e;

Nf = número de folhas.

Todas as partes foram separadas e lavadas com água deionizada, colocadas em sacos de papel identificados e levados à estufa de ventilação forçada e as amostras secas a 65°C, em seguida foram pesadas em balança analítica de precisão para compor as matérias secas de folhas (MSF), de caule (MSC) e de raiz (MSR).

#### 4.1.9 Acúmulo de nutrientes

As partes coletadas da planta (raiz, caule, folhas, perfilhos e frutos) foram secas em estufas de circulação forçada de ar a 65° C até peso constante e moídas em moinho e levadas ao Laboratório de Análises de Solos e Plantas da Embrapa para análise química de acordo com a metodologia descrita em Embrapa (2009), para a obtenção dos teores de macro e micronutrientes.

Os acúmulos dos macronutrientes N, P, K, Ca, Mg e S (mg planta<sup>-1</sup>) foram estimados pela equação:

$$AC = Tn \times MSp,$$

Onde,

AC = macronutriente acumulado,

Tn = teor do macronutriente na parte analisada (g kg<sup>-1</sup>) e

MSp = matéria seca da parte analisada (g).

Os acúmulos de micronutrientes (mg planta<sup>-1</sup>), B, Cu, Mn, Fe e Zn foram calculados pela equação:

$$Acmi = Tn \times MSp/1000$$

Onde,

Ac<sub>mi</sub> = micronutriente acumulado;

T<sub>n</sub> = teor do micronutriente na parte analisada (mg kg<sup>-1</sup>) e

MSp = matéria seca da parte analisada (g).

O acúmulo total (mg. planta<sup>-1</sup>) (ACT) de cada nutriente foi estimado pela equação:

$$ACT = [AC \text{ (folha)} + AC \text{ (caule)} + AC \text{ (raiz)} + AC \text{ (perfilhos)}]$$

Ou seja, a soma do nutriente acumulado em todas as partes analisadas.

#### 4.1.10 Série preferencial de acúmulo de nutrientes

Os percentuais de cada nutriente foram obtidos através da equação:

$$[Y = AC_{xp} \times 100 / AC_{xt}]$$

Onde,

Y = porcentagem do nutriente;

AC<sub>xp</sub> = acúmulo do nutriente em determinada parte da planta (mg planta<sup>-1</sup>);

AC<sub>xt</sub> = soma dos acúmulos do nutriente em todas as partes da planta.

A Taxa de Acúmulo (mg planta<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>) de nutriente foi calculada pela equação:

$$TA = (AC_{x2} - AC_{x1}) / (T2 - T1)$$

Onde,

AC<sub>x2</sub> = acúmulo do nutriente no tempo 2 (mg);

AC<sub>x1</sub> = acúmulo do nutriente no tempo 1 (mg);

T2 = tempo 2 (dia) e;

T1 = tempo 1 (dia).

#### **4.1.11 Análise estatística**

As fenofases dos dois tipos de curauá foram descritas e apresentadas em imagens. Os dados biométricos (altura, diâmetro do caule e número de folhas), morfofisiológico (área foliar) e acúmulo de nutrientes foram submetidos à análise de regressão e variância com o uso do software Spss e Excel e ajustado a modelo de regressão linear, quadrático, cúbico logístico e exponencial.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Caracterização das fenofases de crescimento do curauá

#### 5.1.1 Transplântio, fases vegetativa e reprodutiva do curauá

No início do desenvolvimento a planta foi constituída somente por um indivíduo. As plântulas começaram a emergir novas folhas nos primeiros 60 dias após o transplântio (DAT) (Figura 7).

(a)



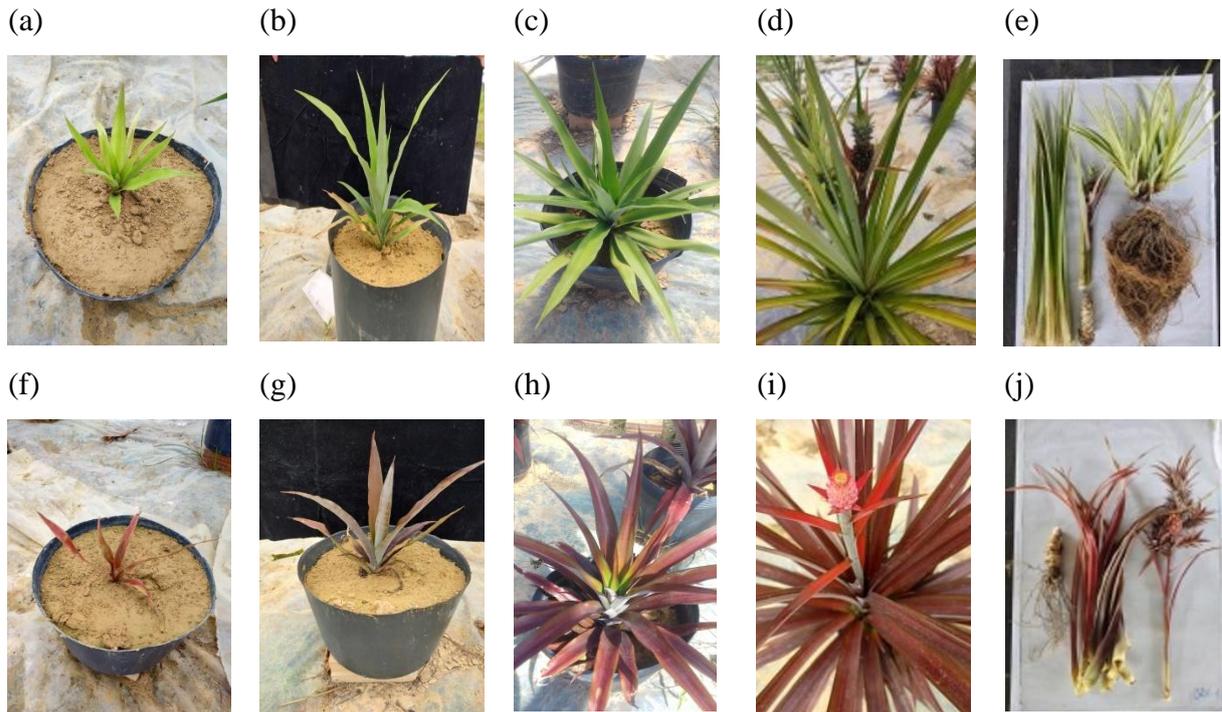
(b)



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Figura 7 - Desenvolvimento inicial da planta de curauá branco (a) e curauá roxo (b).

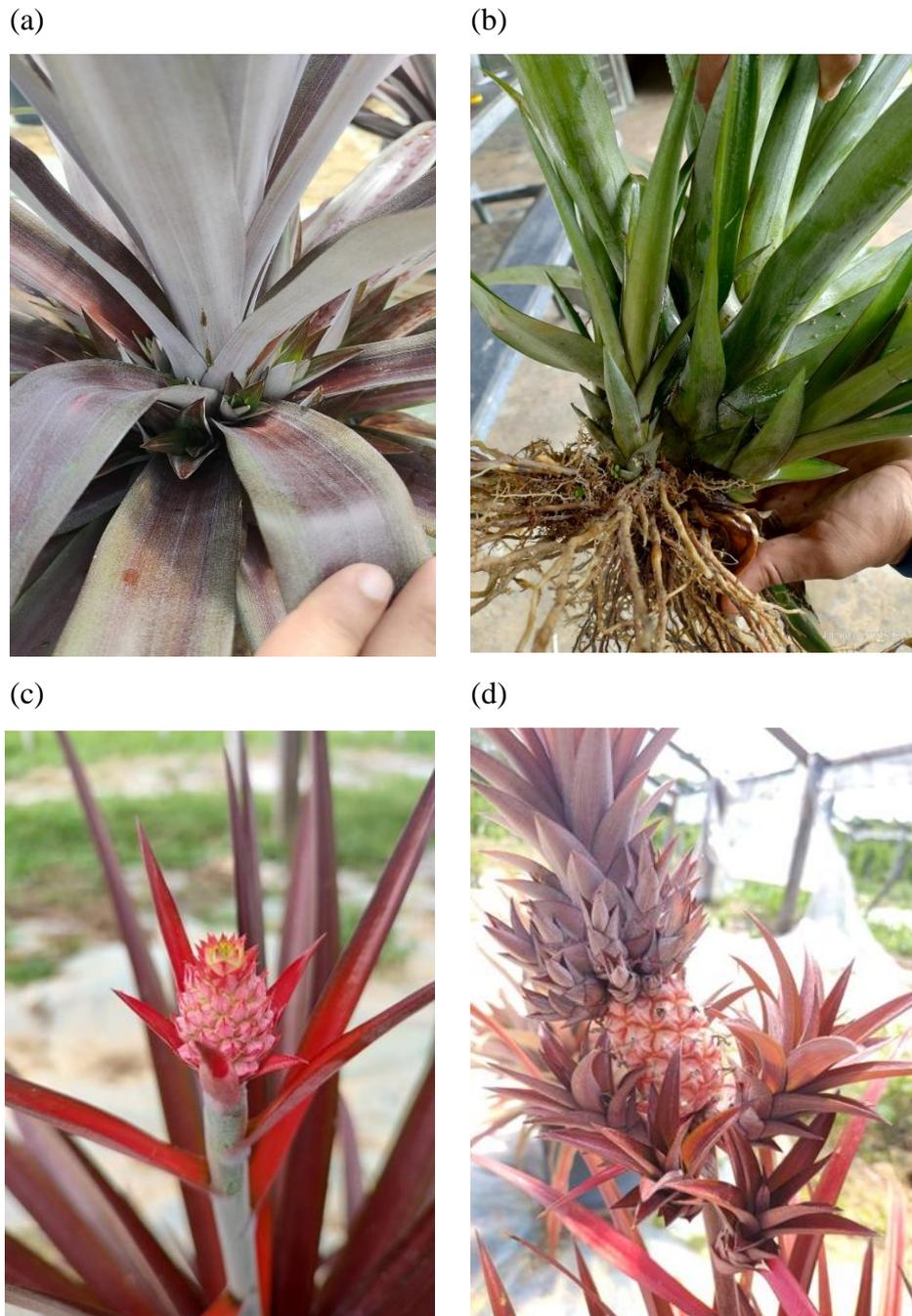
O crescimento é ereto durante todo o desenvolvimento da planta, com um caule e uma média de 62 folhas para o curauá branco e de 73 folhas para o curauá roxo por planta que saem da base deste aos 540 (DAT). Na Figura 8 temos o desenvolvimento completo dos dois tipos de curauá até os 540 (DAT). Os dois tipos de curauá apresentaram elevado vigor no desenvolvimento vegetativo, com folhas lisas, sem espinho nas extremidades das bordas foliares.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023-2024).

Figura 8 - Transplântio da muda de curauá branco (a), Planta de curauá branco após 60 DAT (b), planta de curauá branco após 240 DAT (c), planta de curauá branco após 540 DAT (d), colheita e avaliação do curauá branco (e), transplântio da muda de curauá roxo (f), planta de curauá roxo após 60 DAT (g), planta de curauá roxo após 240 DAT (h), planta de curauá roxo após 540 DAT (i), colheita e avaliação do curauá roxo (j) .

A inflorescência foi composta por uma média de 68 flores individuais para o curauá roxo e uma média de 74 flores individuais para o curauá branco. As flores de ambos os tipos de curauá são suportadas em espiral e coroadas por uma coroa composta por uma média de 44 folhas para o curauá roxo e uma média de 68 folhas para o curauá branco podendo apresentar rebentos individuais (Figura 9 (d)). As plantas de curauá branco começaram a emitir rebentos aos 270 DAT enquanto as plantas de curauá roxo começaram a emitir rebentos aos 390 DAT. Os rebentos e os frutos surgiram entre as folhas e diretamente dos rizomas que constituíram juntamente com a planta-mãe uma touceira (Figura 9 (a) e (b)).



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Figura 9 - Emissão de rebentos da planta de curauá roxo (a), emissão de rebentos da planta de curauá branco (b) surgimento do fruto na planta de curauá roxo (c), fruto de curauá roxo e rebentos individuais (d).

### 5.1.2 Curva de crescimento (altura, diâmetro do caule, número de folhas e área foliar)

Nota-se na (Figura 10) que ao final do experimento aos 540 DAT, a altura, o diâmetro do caule e o número de folhas, ocorreu uma tendência aos valores se estabilizarem,

principalmente na fase de final do ciclo. De acordo com Benincasa (2003), a taxa de crescimento tende a ser decrescente ao final do ciclo, pois a quantidade de fotoassimilados disponíveis para o crescimento diminui, pelo fato de as partes das plantas já existentes demandarem fotoassimilados para sua manutenção.

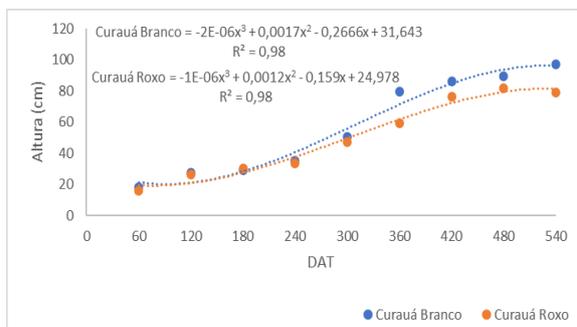
Os ganhos em altura, diâmetro do caule, número de folhas foram adequados ao modelo logístico crescente (Figuras 10 (a), (b), (c) e (d)). Ao final do experimento, com 540 DAT, as folhas do curauá branco alcançaram tamanhos maiores com média de cerca 97 cm de comprimento, enquanto as do curauá roxo alcançaram cerca de 79 cm de comprimento e com um peso médio de matéria seca por planta de aproximadamente 450 g e 426 g, respectivamente. Os resultados acima diferem dos encontrados por Coppens e Leal (2003), que encontraram resultados com as folhas alcançando 1,6 m e peso médio de folhas de 83 g, no entanto esses resultados foram encontrados em plantas submetidas a áreas sombreadas em campo no estado do Pará. Lameira e Cordeiro (2023) avaliaram 10 acessos de *Ananas comosus* de diferentes origens e observaram que o comprimento da folha é o principal fator que contribui para a divergência entre os germoplasmas. A altura da planta e o número de folhas são características que mais contribuem para a divergência entre os acessos de curauá (Campelo *et al.*, 2021) o que é corroborado por este trabalho.

A área foliar obteve um maior incremento entre 360 e 420 DAT para o curauá branco de 2906,3 cm<sup>2</sup> e para o curauá roxo o incremento de área foliar foi entre 420 e 480 DAT de 5275,6 cm<sup>2</sup>. Esses incrementos da área foliar podem estar relacionados à fase reprodutiva de cada tipo de curauá, visto que a planta necessita investir na formação de suas estruturas reprodutivas, assim como à manutenção e ao aumento da área foliar, que é fundamental para promover taxas de fotossíntese líquidas positivas e incorporar massa seca (Fontes *et al.*, 2005).

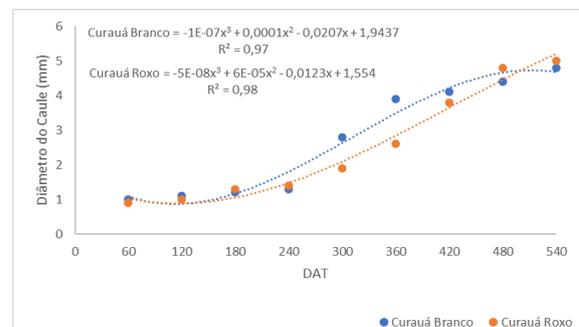
A área foliar dos dois tipos de curauá apresentou crescimento quadrático (Figura 10 (d)) com área máxima de aproximadamente 9.653,0 cm<sup>2</sup> planta<sup>-1</sup> para o curauá branco e 11.051,4 cm<sup>2</sup> planta<sup>-1</sup> para o curauá roxo aos 540 DAT.

As maiores taxas de crescimento em altura foram de 28,9 cm entre 300 e 360 DAT para o curauá branco e 17,0 cm entre 360 e 420 DAT para o curauá roxo. Já o diâmetro do caule, as maiores taxas de crescimento foi de 1,5 cm entre 240 e 300 DAT e de 1,2 cm entre 360 e 420 DAT. Aos 540 DAT o diâmetro do caule foi de 4,8 cm para o curauá branco e 5,0 cm para o curauá roxo. O período reprodutivo exige a translocação de maior volume de nutrientes das folhas e do caule para a formação dos rebentos e das infrutescências. Os resultados de aumento de área foliar estão correlacionados com o mesmo período de aumento da massa seca, assim como o aumento do diâmetro do caule, para aumentar a translocação de nutrientes, poder sustentar o pendão floral e o peso das infrutescências na fase reprodutiva e produção de frutos.

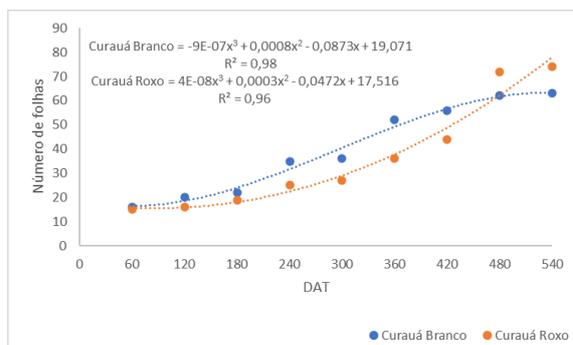
(a)



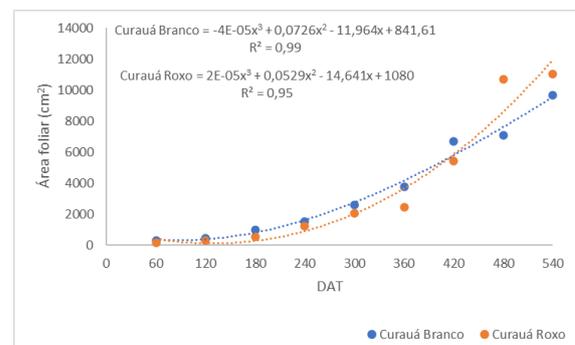
(b)



(c)



(d)



Fonte: Dados da pesquisa (2024).

Figura 10 - Altura da planta (a), diâmetro do caule (b), número de folhas (c), área foliar das plantas de curauá (d) em casa de vegetação em Manaus, AM.

### 5.1.3 Acúmulo de massa seca

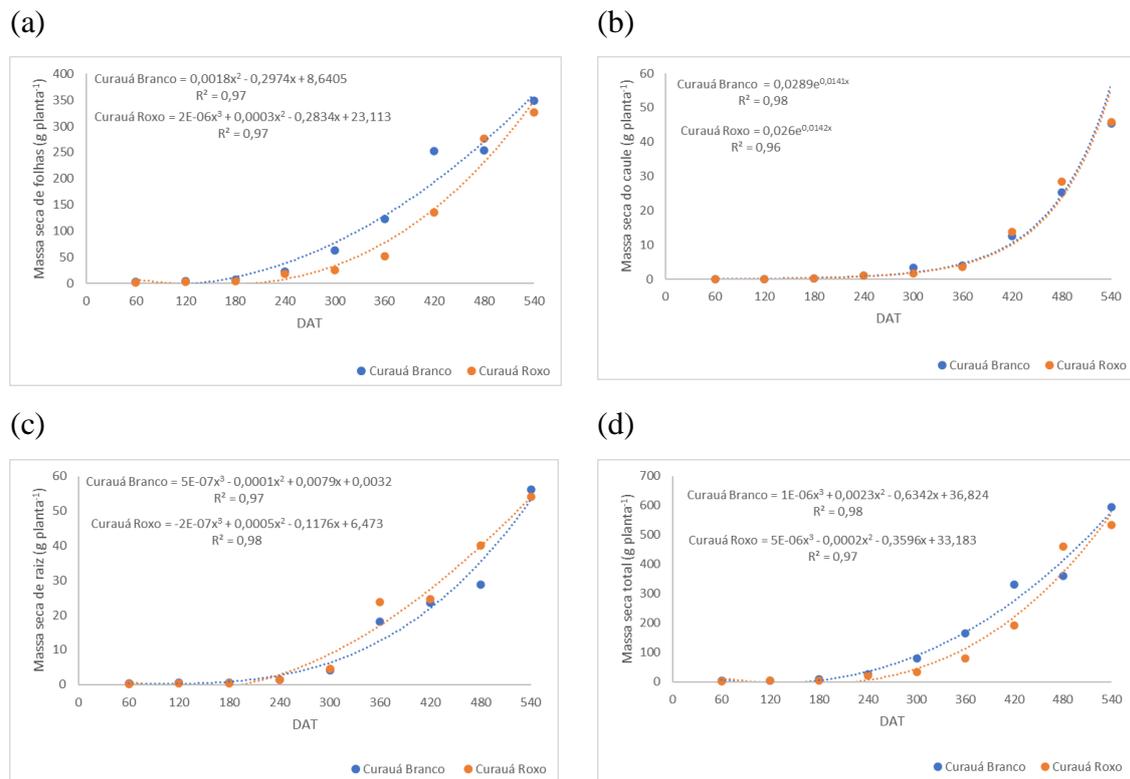
Os dados de matéria seca de folhas, caule, raiz e massa seca total se adequaram ao modelo logístico crescente, com exceção da massa seca do caule que se adequou ao modelo de equação exponencial. O acúmulo de matéria seca nas partes da planta foi considerada lenta até os 300 DAT (10º mês de plantio). Esses resultados diferem dos trabalhos conduzidos por França *et al.* (1976) com o abacaxi cultivar “Pérola” que consideraram o acúmulo de matéria seca e a absorção de nutrientes lenta até o 7º mês após o plantio.

Os acúmulos de matéria seca nas folhas, caule e raiz do curauá branco e roxo foram crescentes, alcançando 349,0 e 326,6 g planta<sup>-1</sup> de matéria seca de folhas, 45,3 e 45,7 g planta<sup>-1</sup> de matéria seca de caule e 56,1 e 54,1 g planta<sup>-1</sup> de matéria seca de raiz, respectivamente aos 540 DAT. Para o curauá branco observou-se um maior acúmulo de matéria seca nas folhas entre 360 e 420 DAT de 130,1 g planta<sup>-1</sup> e para o curauá roxo um maior acúmulo de massa seca de folhas entre 420 e 480 DAT de 140,8 g planta<sup>-1</sup>. No caule, o curauá branco e o curauá roxo apresentaram um maior acúmulo de matéria seca entre 480 e 540 DAT de 20,1 g planta<sup>-1</sup> e 17,3 g planta<sup>-1</sup>, respectivamente. Observou-se um maior acúmulo de matéria seca de folhas (Figura 11 (b)) em relação as demais partes da planta nos dois tipos de curauá. Os maiores ganhos de massa ocorreram a partir dos 360 DAT, período em que as plantas começaram a sair da fase vegetativa e entrar na fase reprodutiva até o final do experimento aos 540 DAT.

O aumento exponencial da massa seca do caule (Figura 11 (b)) pode estar relacionada a entrada das plantas na fase reprodutiva, isso mostra a necessidade da planta de se estruturar para suportar o peso dos frutos, visto que logo após o crescimento do diâmetro do coleto, as plantas emitiram o pendão floral da parte central da planta aos 450 DAT para o curauá branco e aos 510 DAT para o curauá roxo. As maiores taxas de crescimento coincidiram com o

período em que as plantas emitiram o pendão floral, que ocorre concomitantemente com o período vegetativo.

Ainda é possível que haja uma necessidade de estruturação das plantas de curauá para uma maior mobilização de água e nutrientes pelos sistemas vasculares (xilema e floema), que necessitam estar mais bem desenvolvidos ocorrendo o engrossamento do caule.



Fonte: Dados da pesquisa (2024).

Figura 11 - Massa seca de folhas (a), caule (b), raiz e (c) massa seca total (d) de plantas de curauá em casa de vegetação em Manaus, AM.

## 5.2 Acúmulo de macronutrientes em diferentes partes e nas fenofases de crescimento

### 5.2.1 Curva de acúmulo de nitrogênio (N)

O acúmulo de N se adequou ao modelo logístico crescente para as três partes da planta (Figura 12 (a), (b) e (c)).

Houve um aumento crescente do conteúdo de N na planta, chegando a 1,7, 0,2 e 0,2 mg planta<sup>-1</sup> de N na folha, raiz e caule do curauá branco, respectivamente e 1,6, 0,3 e 0,3 mg planta<sup>-1</sup> de N na folha, raiz e caule do curauá roxo, respectivamente, aos 540 DAT.

A folha foi o órgão que mais acumulou N, e seu valor máximo foi de 1,7 mg planta<sup>-1</sup> para o curauá branco e 1,6 mg planta<sup>-1</sup> para o curauá roxo, o que corresponde a 66,9% e 59,3% do N total da planta respectivamente.

Com o desenvolvimento foliar, a maior taxa de acúmulo de N na folha foi de 1,7 mg planta<sup>-1</sup> para o curauá branco e 1,9 mg planta<sup>-1</sup> para o curauá roxo entre 360 e 420 DAT.

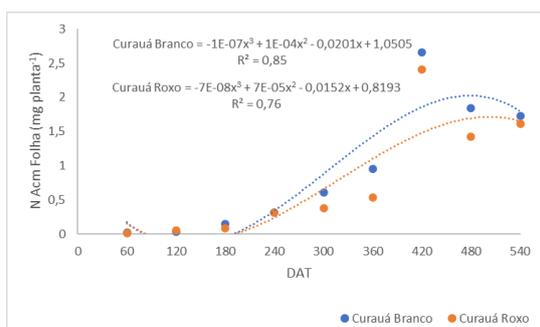
O acúmulo de N no caule foi menor do que na folha, alcançando o valor máximo de 0,2 mg planta<sup>-1</sup> para o curauá branco e 0,3 mg planta<sup>-1</sup> para o curauá roxo, cerca de 9,4% e 11,3% do N total da planta. A taxa de acúmulo foi de 0,2 mg planta<sup>-1</sup> para o curauá branco e de 0,3 mg planta<sup>-1</sup> para o curauá roxo proporcionou um maior acúmulo de N no caule entre 360 e 420 DAT.

Na raiz dos dois tipos de curauá, o acúmulo de N foi igual ao do caule, com o valor máximo de 0,2 mg planta<sup>-1</sup> para o curauá branco e 0,3 mg planta<sup>-1</sup> para o curauá roxo, o que equivale a 9,4% e 11,3% do N total da planta. A maior taxa de acúmulo de N na raiz foi de 0,06 mg planta<sup>-1</sup> para o curauá branco e 0,1 mg planta<sup>-1</sup> para o curauá roxo entre 300 e 360 DAT.

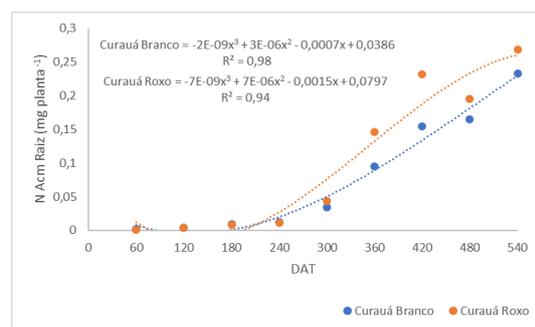
De acordo com os resultados o maior incremento na taxa de absorção do N ocorreu entre o 10º e 12º mês de plantio para os dois tipos de curauá, esses resultados estão de acordo com os encontrados por Paula *et al.* (1985) para a cultivar de abacaxi “Pérola” com maior incremento na taxa de absorção do N também entre o 10º e 12º mês após o plantio. A maior concentração de N relacionado com o aumento da massa seca nesse período, juntamente com o aumento do número de folhas e aumento de outros nutrientes indica alta demanda metabólica, aumento da fotossíntese, rubisco e clorofila.

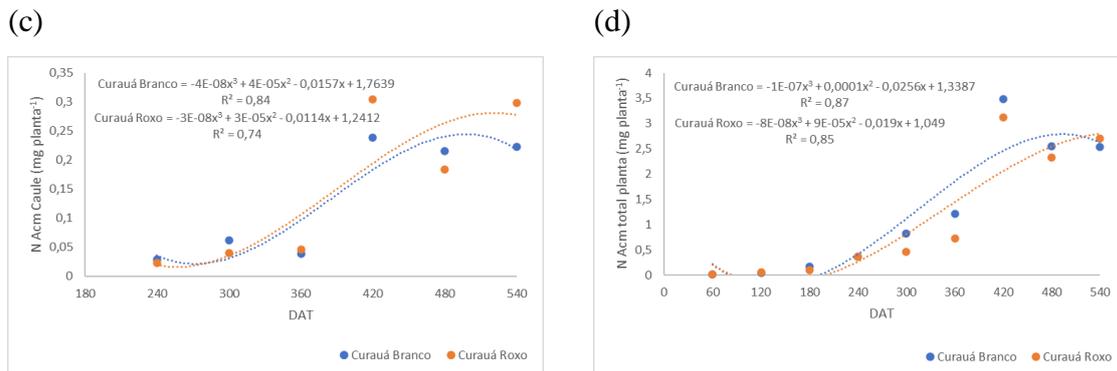
Outro aspecto relacionado ao acúmulo de N nas diferentes partes da planta é que aos 420 DAT o acúmulo de N na folha ultrapassa a metade do N contido em toda a planta (Figura 12 (d)). O N sobre a cultura do abacaxi está mais relacionado com o desenvolvimento vegetativo. A maior taxa de absorção ocorreu aos 60 dias antes da emissão do pendão floral, ainda na fase vegetativa, esse evento pode estar relacionado ao preparo da planta para entrar no período reprodutivo, pelo aumento da demanda de fotoassimilados. Isso comprova que o N está diretamente relacionado com o crescimento vegetativo dos dois tipos de curauá e associado a outras reações fisiológicas vitais da planta como aumento da área foliar, composição celular e reações bioquímicas (Taiz; Zeiger, 2004). Ainda considerando que o valor de N total acumulado nos dois tipos de curauá foi aos 420 DAT com valores de 3,48 mg planta<sup>-1</sup> para o curauá branco e 3,12 mg planta<sup>-1</sup> para o curauá roxo. A partir dos 480 DAT, na fase reprodutiva, é comum a remobilização do N das folhas para o fruto. O floema, principalmente do caule e da raiz, fica enriquecido com compostos nitrogenados. Esses órgãos são mais vascularizados e quando estão enriquecidos com compostos nitrogenados regulam a absorção e assimilação de N, o que pode levar a redução da concentração de N posteriormente. Mesmo que o N esteja mais relacionado diretamente ao desenvolvimento vegetativo, esse elemento também influencia significativamente na qualidade da infrutescência (Reis, 2015).

(a)



(b)





Fonte: Dados da pesquisa (2024).

Figura 12 - Acúmulo de N em folhas (a), raiz (b), caule (c) e acúmulo de N total em plantas de curauá (d) em casa de vegetação em Manaus, AM.

### 5.2.2 Curva de acúmulo de fósforo (P)

O acúmulo de P nas folhas, raiz e caule se adequaram ao modelo polinomial de terceira ordem (Figura 13 (a), (b), (c)).

Os acúmulos de P foram crescentes em folhas, raízes e caule até o 480 DAT, com valores máximos de 0,2 mg planta<sup>-1</sup> para o curauá branco aos 420 DAT e 0,1 mg planta<sup>-1</sup> para o curauá roxo aos 480 DAT. A partir dos 480 DAT as folhas e raízes tiveram uma leve queda no valor de fósforo acumulado.

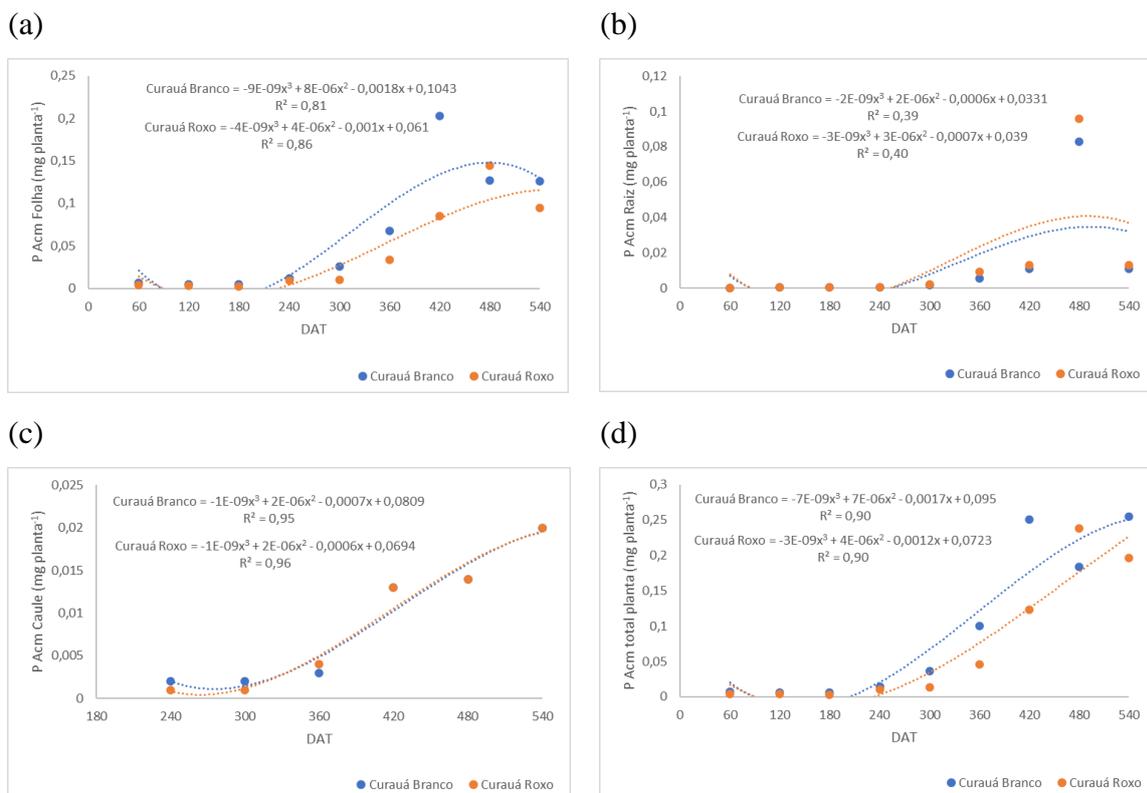
De forma semelhante ao N, as folhas foram as que mais acumularam P, chegando a 0,2 mg planta<sup>-1</sup> para o curauá branco e 0,1 mg planta<sup>-1</sup>, representando cerca de 49,4% do P total da planta de curauá branco e 48,5% do P total da planta de curauá roxo. Além disso, para o curauá branco a maior taxa de acúmulo de P na folha foi de 0,14 mg planta<sup>-1</sup> entre 360 e 420 DAT e para o curauá roxo, a maior taxa de acúmulo de P na folha foi de 0,06 mg planta<sup>-1</sup> entre 420 e 480 DAT.

O segundo órgão da planta que mais acumulou P foi a raiz, obtendo o valor máximo de acúmulo de 0,08 mg planta<sup>-1</sup> para o curauá branco e 0,1 mg planta<sup>-1</sup> para o curauá roxo, o que corresponde a 31,4% do P total da planta de curauá branco e 51,0% do P total da planta de

curauá roxo. Durante o período experimental, a maior taxa de acúmulo de P na raiz do curauá branco foi de  $0,07 \text{ mg planta}^{-1}$  e a maior taxa de acúmulo de P na raiz do curauá roxo foi de  $0,08 \text{ mg planta}^{-1}$  entre 420 e 480 DAT. Os acúmulos máximos de P no caule foram de  $0,02 \text{ mg planta}^{-1}$  para os dois tipos de curauá aos 540 DAT.

De acordo com os resultados o maior incremento na taxa de absorção do P ocorreu entre o 12º e 14º mês de plantio para os dois tipos de curauá, esses resultados estão de acordo com os encontrados por Paula *et al.* (1985) para a cultivar de abacaxi “Pérola” com maior incremento na taxa de absorção do P também entre o 12º e 14º mês após o plantio.

Os acúmulos máximos de P no caule foram de  $0,02 \text{ mg planta}^{-1}$  para os dois tipos de curauá aos 540 DAT.



Fonte: Dados da pesquisa (2024).

Figura 13 - Acúmulo de P em folhas (a), raiz (b), caule (c) e acúmulo de P total em plantas de curauá (d) em casa de vegetação em Manaus, AM.

### 5.2.3 Curva de acúmulo de potássio (K)

De forma semelhante ao N e P, os acúmulos de K para folhas, raiz e caule apresentaram adequação ao modelo polinomial de terceira ordem (Figura 14 (a), (b) e (c)).

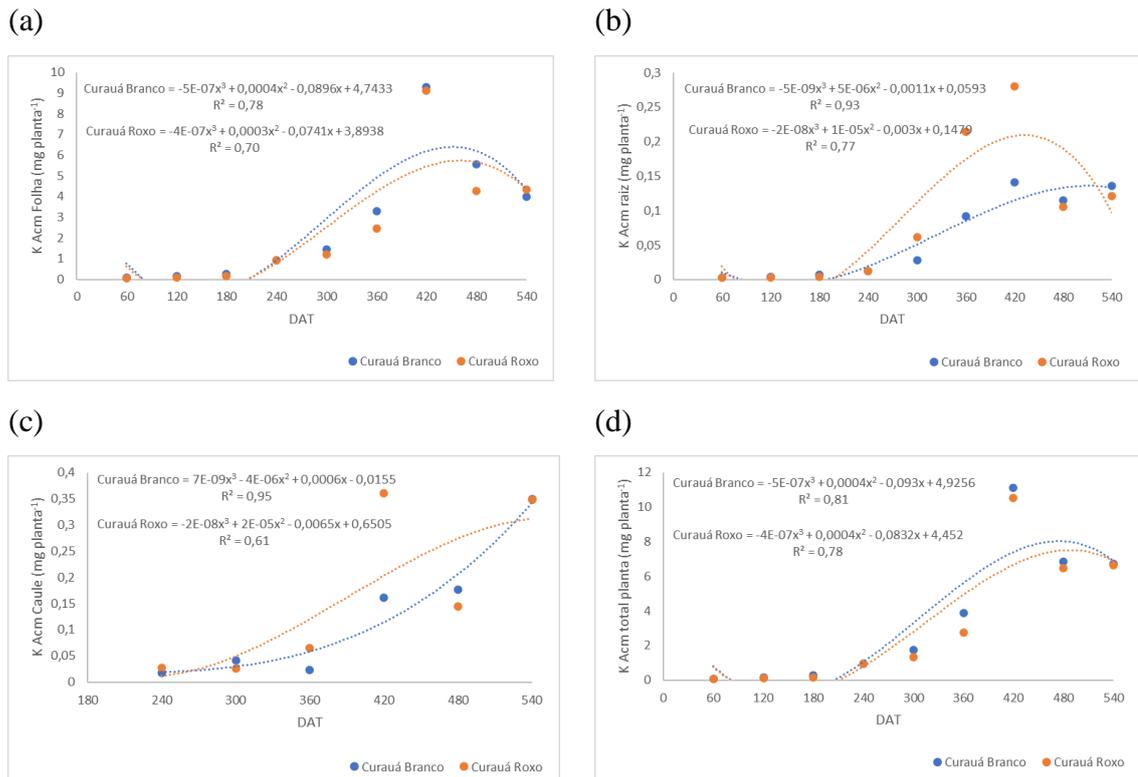
Houve um aumento crescente de K nos dois tipos de curauá até os 420 DAT (Figura 14) e uma redução no acúmulo de K entre 420 e 540 DAT.

A folha foi a parte da planta que mais acumulou K, chegando a  $9,3 \text{ mg planta}^{-1}$  para o curauá branco e  $9,1 \text{ mg planta}^{-1}$  para o curauá roxo aos 420 DAT, o equivalente a 83,8% do K total da planta de curauá branco e 86,7% do K total da planta de curauá roxo. A maior taxa de acúmulo na folha foi entre 360 e 420 DAT, com um ganho de  $6,0 \text{ mg planta}^{-1}$  para o curauá branco e  $6,7 \text{ mg planta}^{-1}$  para o curauá roxo.

O acúmulo de K na raiz do curauá branco aos 540 DAT foi de  $0,14 \text{ mg planta}^{-1}$  de K e na raiz do curauá roxo foi de  $0,12 \text{ mg planta}^{-1}$ , o que equivale a 2,1% do K total da planta de curauá branco e 1,8% do K total da planta de curauá roxo. O acúmulo de K na raiz para os dois tipos de curauá também tiveram uma redução nos valores entre 420 e 480 DAT. Geralmente, as folhas absorvem e acumulam a maior parte dos nutrientes exportados, enquanto as raízes acumulam menos nutrientes. O abacaxizeiro exporta uma quantidade significativa de nutrientes, que são direcionados principalmente para frutos e órgãos propagativos, como coroas e mudas (filhotes e rebentões) (Malézieux; Bartholomew, 2003). O acúmulo de K na raiz dos dois tipos de curauá apresentaram o mesmo comportamento de acúmulo das folhas, no entanto com valores menores de K acumulado nas raízes.

O acúmulo de K no caule teve o valor máximo de  $0,35 \text{ mg planta}^{-1}$  para os dois tipos de curauá, um pouco mais de 5% do K total das plantas. A maior taxa de acúmulo de K no caule foi de  $0,2 \text{ mg planta}^{-1}$  entre 480 e 540 DAT.

Ainda, de acordo com os resultados o maior incremento na taxa de absorção do K ocorreu entre o 12º e 14º mês de plantio para os dois tipos de curauá, esses resultados estão de acordo com os encontrados por Paula *et al.* (1985) para a cultivar de abacaxi “Pérola” com maior incremento na taxa de absorção do K também entre o 12º e 14º mês após o plantio.



Fonte: Dados da pesquisa (2024).

Figura 14 - Acúmulo de K em folhas (a), raiz (b), caule (c) e acúmulo de K total em plantas de curauá (d) em casa de vegetação em Manaus, AM.

## 5.2.4 Curva de acúmulo de cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S)

De forma geral, os acúmulos de Ca, Mg e S foram crescentes, se adequando ao modelo logístico crescente (Figuras 15, 16 e 17), para folhas, raiz e caule.

Nas folhas, os maiores valores de Ca foram de 1,5 mg planta<sup>-1</sup> para o curauá branco e 1,4 mg planta<sup>-1</sup> para o curauá roxo. Os de Mg foram de 1,0 mg planta<sup>-1</sup> para os dois tipos de

curauá e o os maiores valores acumulados de S nas folhas foram de 0,2 mg planta<sup>-1</sup> para o curauá branco e 0,6 mg planta<sup>-1</sup> para o curauá roxo entre 480 e 540 DAT. Estes resultados acumulados equivalem a 57,7% e 51,9% de Ca total da planta contido nas folhas de curauá branco e roxo respectivamente. Os resultados acumulados de Mg equivalem a 58,8% e 62,5% de Mg total da planta contido nas folhas de curauá branco e roxo respectivamente. Os resultados acumulados de S equivalem a 28,6% do S total da planta contido na folha de curauá branco.

As maiores taxas de acúmulo para Ca nas folhas foram de 0,7 mg planta<sup>-1</sup> entre os 480 e 540 DAT para o curauá branco e 0,8 mg planta<sup>-1</sup> para o curauá roxo entre os 420 e 480 DAT. As maiores taxas de acúmulo de Mg nas folhas foram de 0,4 mg planta<sup>-1</sup> para o curauá branco entre os 360 e 420 DAT e 0,6 mg planta<sup>-1</sup> para o curauá roxo entre os 420 e 480 DAT. As maiores taxas de acúmulo de S nas folhas foram de 0,1 mg planta<sup>-1</sup> para o curauá branco entre os 360 e 420 DAT e de 0,4 mg planta<sup>-1</sup> para o curauá roxo entre os 420 e 480 DAT. Esses resultados estão de acordo com os encontrados por Souza *et al.* (1999). O autores citam que o Ca é o macronutriente secundário que o abacaxizeiro mais acumula, sendo o menor o S, e o Mg situa-se em uma posição intermediária.

O caule foi o segundo órgão da planta que mais acumulou Ca, chegando a acumular 0,6 mg planta<sup>-1</sup> de Ca para o curauá branco e 0,5 mg planta<sup>-1</sup> para o curauá roxo. O Mg obteve um acúmulo máximo de 0,2 mg planta<sup>-1</sup> para os dois tipos de curauá. Já o S, o acúmulo máximo foi de 0,3 mg planta<sup>-1</sup> para o curauá branco e 0,4 mg planta<sup>-1</sup> para o curauá roxo.

As maiores taxas de acúmulo de Ca no caule foram de 0,4 mg planta<sup>-1</sup> para o curauá branco entre 360 e 420 DAT e de 0,2 mg planta<sup>-1</sup> para o curauá roxo entre 360 e 420 DAT. As maiores taxas de acúmulo de Mg no caule foram de 0,1 mg planta<sup>-1</sup> para os dois tipos de curauá entre 480 e 540 DAT. Já o S, a taxa de acúmulo máxima no caule foi de 0,2 mg planta<sup>-1</sup>

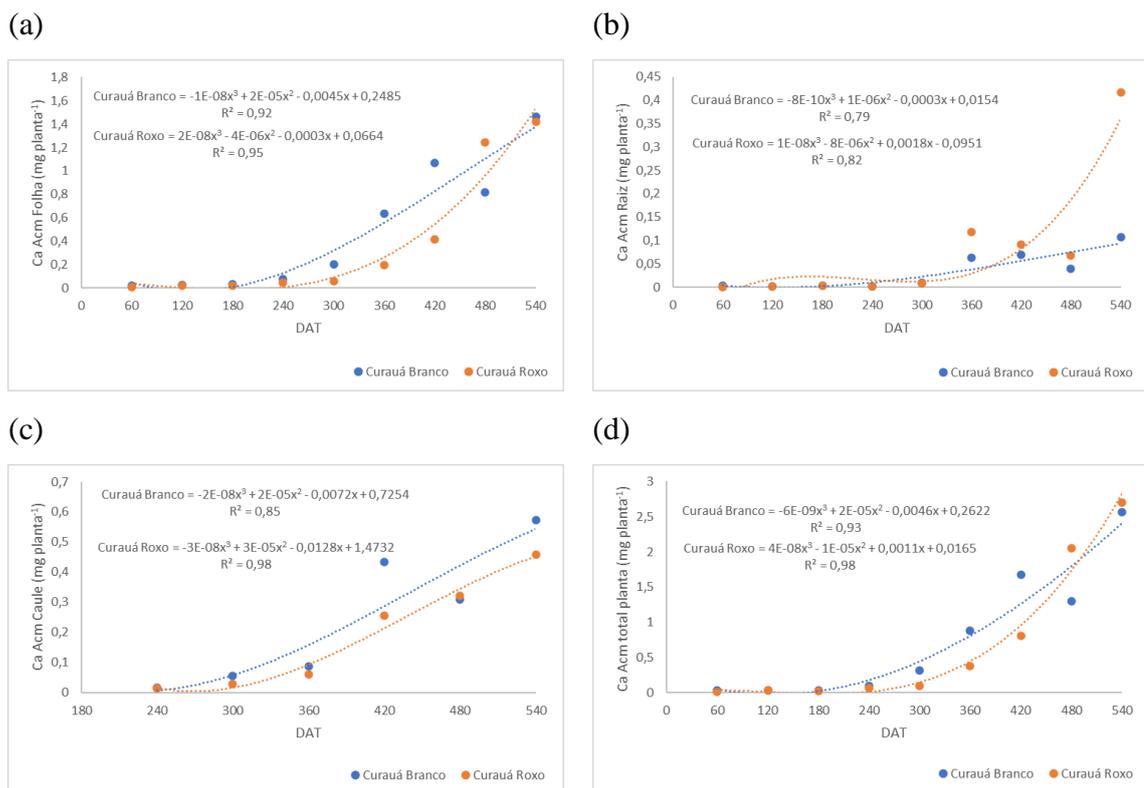
para os dois tipos de curauá, no entanto o curauá branco acumulou S entre 360 e 420 DAT e o curauá roxo entre 480 e 540 DAT.

Na raiz do curauá, o acúmulo final de Ca foi de 0,1 mg planta<sup>-1</sup> para o curauá branco, o que equivale a 3,8% de Ca total da planta e de 0,4 mg planta<sup>-1</sup> para o curauá roxo, o que equivale a 14,8% do valor total de Ca acumulado na planta. O Mg e o S obtiveram um acúmulo máximo de 0,1 mg planta<sup>-1</sup> para os dois tipos de curauá. Para o Mg, esses valores equivalem a 5,9% do valor total de Mg acumulado no curauá branco e a 6,3% do valor de Mg acumulado no curauá roxo. Para o S, esses valores equivalem a 14,3% do valor total de S acumulado na planta de curauá branco e 12,5% do valor total de S acumulado na planta de curauá roxo. Embora sejam conhecidas as competições envolvendo K, Ca e Mg, não foram identificados sintomas de deficiência de Mg no experimento, pois foi estabelecida uma adubação padrão com doses cinco vezes superiores da recomendada. Com relação ao crescimento do acúmulo crescente de Mg, que ocorreu entre os 300 e 360 DAT, isso pode estar relacionado à fotossíntese, visto que o Mg é um componente fundamental da molécula de clorofila e do crescimento da planta, o que proporcionou um aumento na matéria seca dos dois tipos de curauá entre os 300 e 360 DAT.

Embora o Ca não seja exigido em grande quantidade pelo abacaxizeiro, esse nutriente está diretamente relacionado na formação do sistema radicular, diferenciação da inflorescência e no desenvolvimento do fruto (Paula *et al.*, 1998). Houve um aumento da concentração de cálcio entre os 300 e 360 DAT nos dois tipos de curauá. Esse aumento pode estar relacionado à troca de fase fenológica, mudança da fase vegetativa para a fase reprodutiva do curauá, que ocorreu entre os 420 a 430 DAT para o curauá branco e aos 480 a 490 DAT para o curauá roxo, ocorrendo uma translocação desse nutriente na planta e se acumulando em maior quantidade nas folhas dois meses antes da mudança de fase fenológica. A maior concentração de Ca nas folhas, pode ser explicada, porque na fase de florescimento e

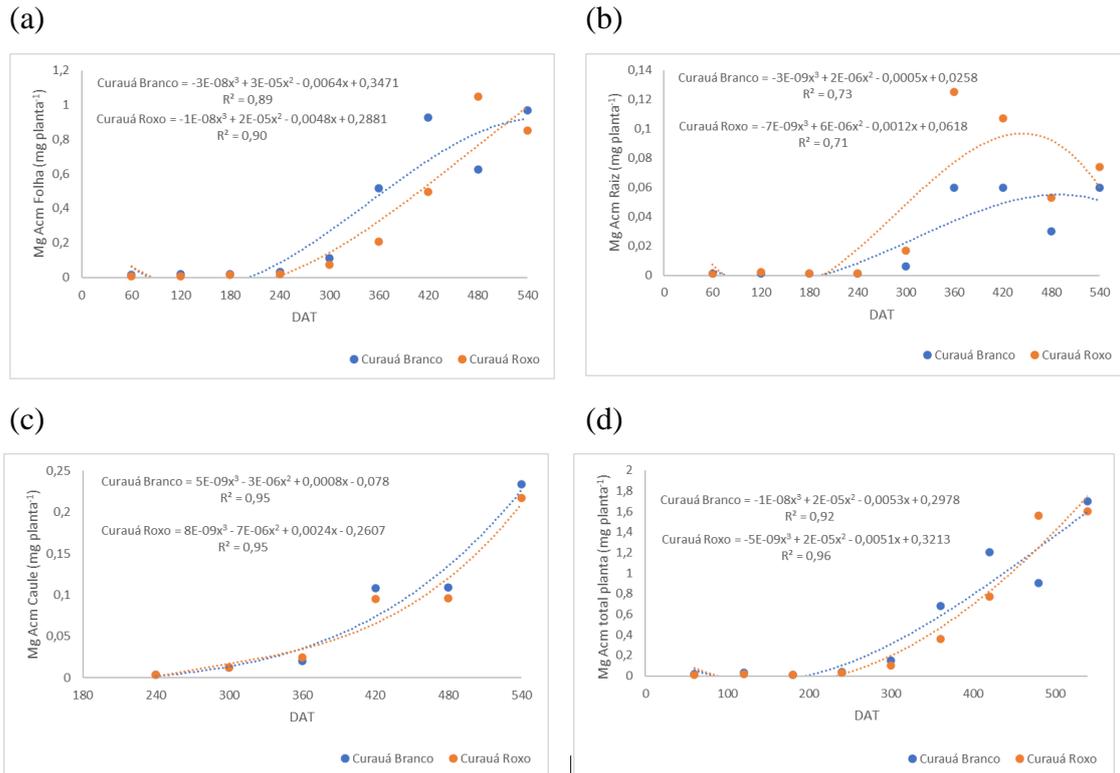
produção dos frutos a planta demanda metabólitos produzidos nas folhas que serão translocados via floema. A força de dreno das flores e frutos para o Ca deixa esse nutriente mais concentrado nas folhas (Kluge *et al.*, 2001).

De acordo com Malézieux e Bartholomew (2003) plantas adubadas com sulfatos dificilmente apresentam sintomas de deficiência de S. As maiores concentrações de S mostram que no período fenológico de produção dos frutos foram as maiores concentrações de S, principalmente no caule, isso pode ser explicado pelo fato de o S influenciar diretamente na produção dos frutos, pois o S é responsável pelo equilíbrio entre a acidez e os açúcares do fruto (Gonçalves; Carvalho, 2000).



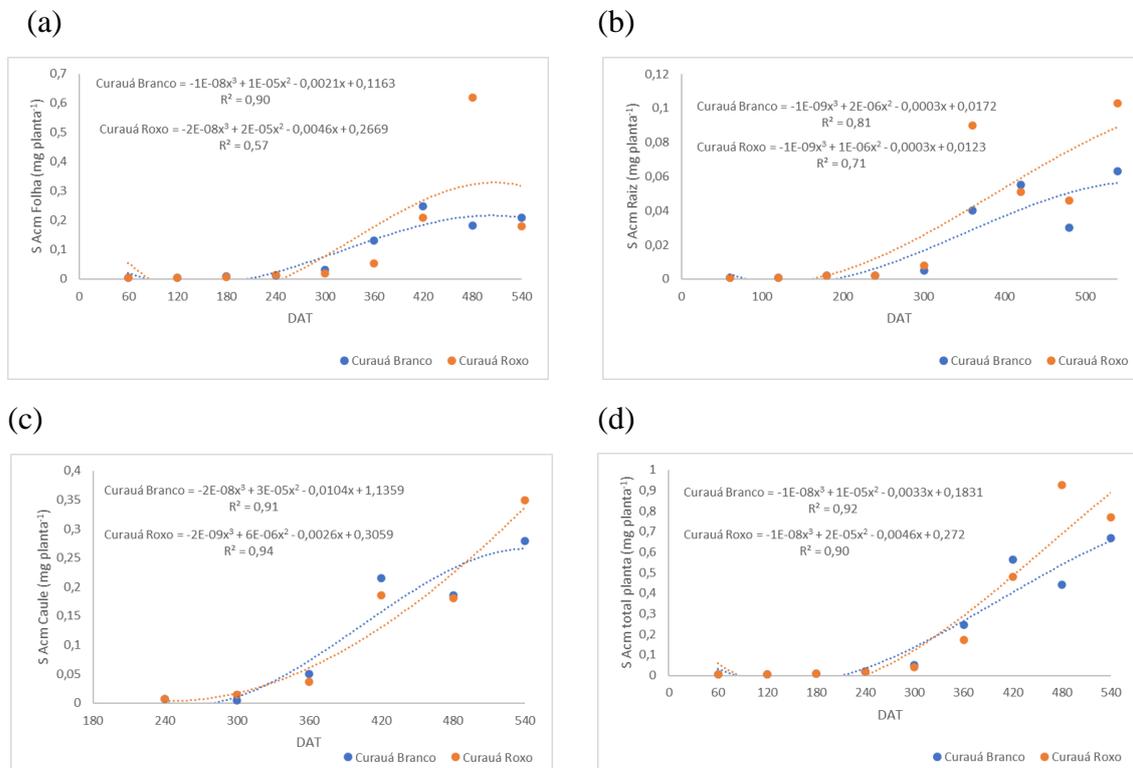
Fonte: Dados da pesquisa (2024).

Figura 15 - Acúmulo de Ca em folhas (a), raiz (b), caule (c) e acúmulo de Ca total em plantas de curauá (d) em casa de vegetação em Manaus, AM.



Fonte: Dados da pesquisa (2024).

Figura 16 - Acúmulo de Mg em folhas (a), raiz (b), caule (c) e acúmulo de Mg total em plantas de curauá (d) em casa de vegetação em Manaus, AM.



Fonte: Dados da pesquisa (2024).

Figura 17 - Acúmulo de S em folhas (a), raiz (b), caule (c) e acúmulo de S total em plantas de curauá (d) em casa de vegetação em Manaus, AM.

### 5.2.5 Percentual de acúmulo de macronutrientes

O K, juntamente com o N e Ca foram os nutrientes que mais se acumularam em todas as partes da planta, com exceção do caule em que o Ca apresentou percentuais de acúmulo muito próximo ao de K, igualando estatisticamente aos 540 DAT.

Foi observado comportamento semelhante de acúmulo nas folhas e raízes, onde o K foi estatisticamente superior aos demais nutrientes durante os 540 DAT.

O conteúdo de K nas folhas foi superior ao de N apresentando diferença significativa.

O conteúdo de N na raiz foi superior aos dos demais nutrientes, exceto para o acumulado de K na raiz entre os 240 e 300 DAT.

Logo, os resultados demonstraram que o acúmulo de macronutrientes em ordem decrescente seguiu a seguinte série de preferência de absorção aos 540 DAT para os dois tipos de curauá: Folha =  $K > N > Ca > Mg > S > P$ ; Raiz =  $N > K > Ca > Mg > S > P$ ; Caule:  $Ca > K > S > N > Mg > P$  e total na planta:  $K > Ca > N > Mg > S > P$ . Esses resultados de preferência de absorção dos macronutrientes nas folhas foram semelhantes ao encontrado por Malavolta (1982), que afirma que as exigências do abacaxizeiro em nutrientes obedecem a seguinte ordem decrescente de macronutrientes nas folhas:  $K > N > Ca > Mg > S > P$ . A ordem de preferência para as outras partes do vegetal diferiram da ordem de preferência de absorção para os dois tipos de curauá.

### 5.3 Acúmulo de micronutrientes em diferentes partes e nas fenofases de crescimento

De forma geral, os acúmulos de micronutrientes foram crescentes, se adequando ao modelo quadrático e logístico crescente (Figuras 18, 19, 20, 21 e 22), para folhas, raiz e caule.

### 5.3.1 Curva de acúmulo de B, Cu, Fe, Mn e Zn

Os acúmulos de B, Cu, Fe, Mn e Zn para o curauá branco e para o curauá roxo aos 540 DAT nas folhas foram de 4.928,6 e 5.462,0; 924,9 e 770,9; 70.536,0 e 56.767,2; 42.311,1 e 39.830,8; 1.521,7 e 3.201,1 mg planta<sup>-1</sup>, na raiz foram de 436,4 e 569,8; 379,2 e 367,4; 189.675,7 e 177.137,2; 2.150,1 e 1.438,7; 413,4 e 552,5 mg planta<sup>-1</sup> e no caule os acúmulos foram de 377,2 e 513,5; 249,5 e 215,8; 67.686,2 e 3799,8; 2.545,6 e 2.396,9; 695,0 e 429,8 mg planta<sup>-1</sup>.

As maiores taxas de acúmulo de Fe na raiz foram de 136.910,8 mg planta<sup>-1</sup> para o curauá branco e 74.242,8 mg planta<sup>-1</sup> para o curauá roxo entre 480 e 540 DAT. Assim como o Fe, outros micronutrientes apresentaram as maiores taxas de acúmulo em períodos diferentes, como o Mn que alcançou a maior taxa de acúmulo entre os 360 e 420 DAT. O Fe, assim como o Mg, é importante na síntese de clorofila, apresentando aumento na concentração desse nutriente na transição da fase vegetativa para a fase reprodutiva, podendo estar associado também ao aumento da massa seca nos dois tipos de curauá.

Para o Cu as maiores taxas de acúmulo ocorreram em períodos diferentes para os dois tipos de Curauá. A maior taxa de acúmulo de Cu na folha de curauá branco foi entre 420 e 480 DAT, com uma taxa de acúmulo de 2.854,8 mg planta<sup>-1</sup>, enquanto no curauá roxo a maior taxa de acúmulo de Cu ocorreu entre 360 e 420 DAT, com uma taxa de acúmulo de 560,8 mg planta<sup>-1</sup>. Da mesma forma ocorre para raiz e caule, onde o curauá branco apresentou uma maior taxa de acúmulo na raiz e no caule, no mesmo período, entre 420 e 480, já o curauá roxo apresentou uma taxa de acúmulo em períodos diferentes, na raiz entre 300 e 360 DAT e no caule entre 480 e 540 DAT. Esses acúmulos em períodos distintos podem ser explicados pelo fato de que grande parte do Cu acumulado em tecidos reprodutivos, provavelmente vem direto das raízes (Marschner, 2012), isso pode explicar o fato de o curauá roxo entrar no período reprodutivo mais tardio em relação ao curauá branco.

Para o B, a maior taxa de acúmulo total ocorreu no mesmo período para os dois tipos de curauá entre 360 e 420 DAT, assim como para o acúmulo de B na raiz. A maior taxa de acúmulo de B na folha ocorreram em períodos diferentes para os dois tipos de curauá, sendo o período de maior taxa do curauá branco entre 360 e 420 DAT e para o curauá roxo entre 420 e 480 DAT. E para o caule, as maiores taxas de acúmulo correram no mesmo período para os dois tipos de curauá entre 480 e 540 DAT. O B é considerado um elemento imóvel, não sendo translocado da folha para outros órgãos (Xu *et al.*, 2007), sendo acumulado nas folhas em períodos diferentes de acordo com a características fenológicas de cada tipo de curauá. No entanto para raiz e caule os maiores acúmulos de B ocorreram no mesmo período e pode estar relacionado ao crescimento da planta, lançamento do pedúnculo floral, florescimento e formação dos frutos.

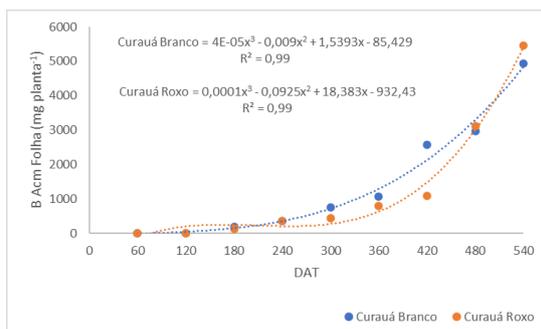
Para o Mn, as maiores taxas de acúmulo total ocorreram em períodos diferentes para os dois tipos de curauá. As maiores taxas de acúmulo de Mn nas folhas, raiz e caule ocorreram no mesmo período entre 360 e 420 DAT, já para o acúmulo total de Mn para o curauá branco foi entre 360 e 420 DAT, enquanto para o curauá roxo foi entre 420 e 480 DAT. Os valores de acúmulo total de Mn quando comparados ao acúmulo total de Cu, mostra que as taxas de acúmulo diferem de acordo com o período de avaliação e essa diferença pode ser explicada pelo fato de o Mn interferir na absorção, transporte e utilização de vários elementos, incluindo o Ca, Fe, Al, Si, Mg, K, P, N e principalmente o Cu, o excesso de Mn reduz a absorção de alguns elementos e aumenta a de outros (Mukhopadhyay; Sharma, 1991).

Para o Zn as maiores taxas de acúmulo também ocorreram em períodos diferentes, para os dois tipos de curauá, sendo a maior taxa de acúmulo total para o curauá branco entre os 300 e 360 DAT e para o curauá roxo entre os 360 e 420 DAT. As maiores taxas de acúmulo para folhas ocorreram em períodos diferentes entre 300 e 360 DAT para o curauá branco e 360 e 420 DAT para o curauá roxo. De forma geral, esses períodos estão relacionados a um

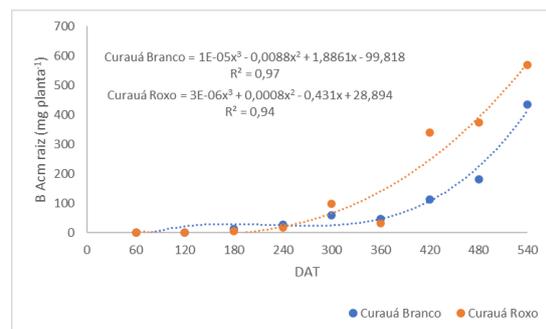
maior crescimento e um maior acúmulo de nutrientes nos dois tipos de curauá e o Zn pode estar associado ao crescimento da planta, visto que exerce função importante na fotossíntese (Duca, 2015). Na raiz e no caule, a maior taxa de acúmulo de Zn dos dois tipos de curauá foram no mesmo período entre 360 e 420 DAT.

Logo, os resultados demonstraram que o acúmulo de micronutrientes em ordem decrescente seguiu a seguinte série de preferência de absorção aos 540 DAT para os dois tipos de curauá: Folha = Fe > Mn > B > Zn > Cu; Raiz = Fe > Mn > B > Zn > Cu; Caule do curauá branco: Fe > Mn > Zn > B > Cu e caule do curauá roxo: Fe > Mn > B > Zn > Cu; e total na planta: Fe > Mn > B > Zn > Cu. Esses resultados de preferência de absorção dos micronutrientes nas folhas diferiram do encontrados por Malavolta (1982), que afirma que as exigências nas folhas do abacaxizeiro em nutrientes obedecem a seguinte ordem decrescente de micronutrientes: Fe > Mn > Zn > Cu > B. A mesma ordem de preferência foi para outras partes do vegetal para os dois tipos de curauá, com exceção do caule que diferiu a ordem de preferência de absorção entre os dois tipos de curauá.

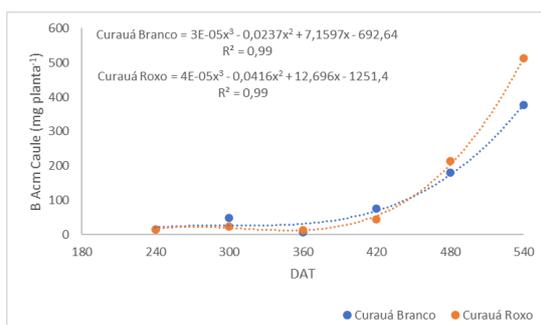
(a)



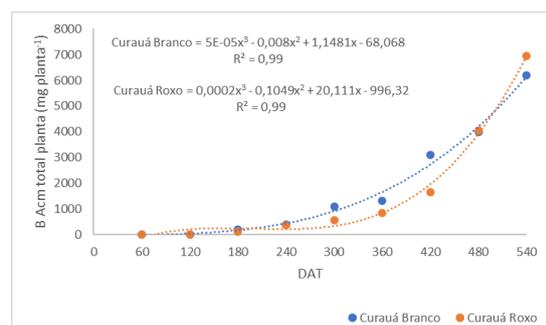
(b)



(c)

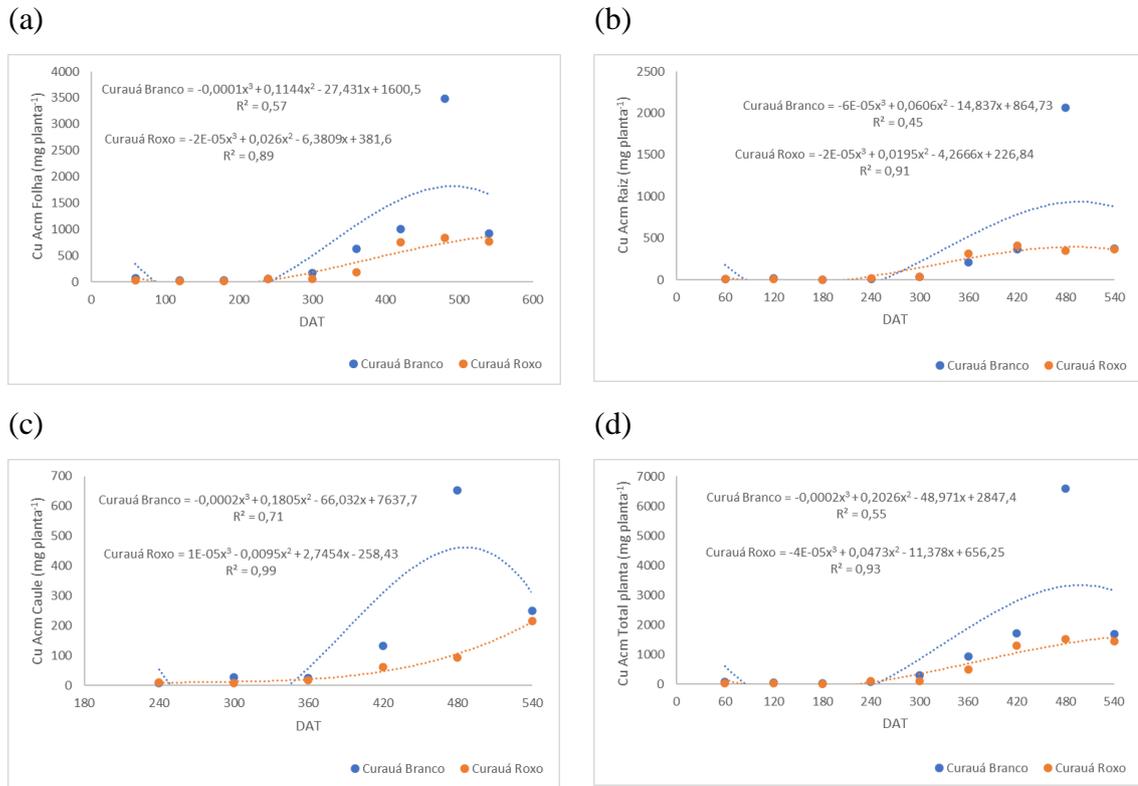


(d)



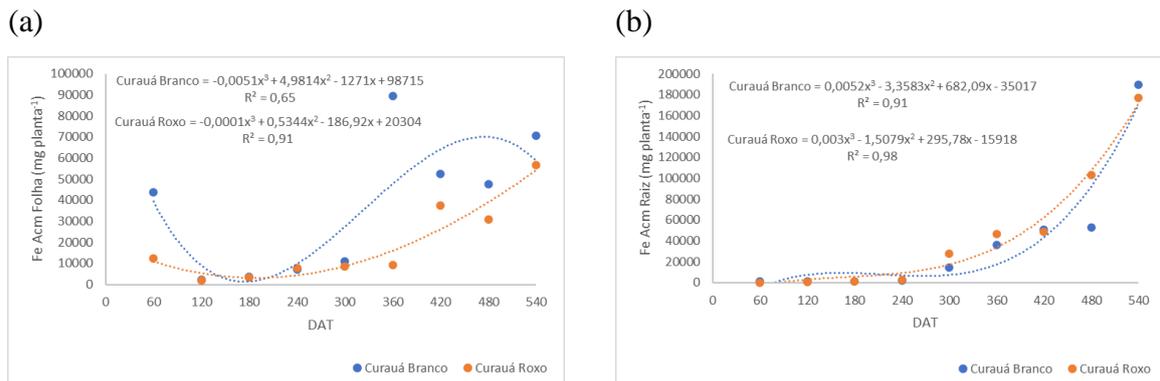
Fonte: Dados da pesquisa (2024).

Figura 18 - Acúmulo de B em folhas (a), raiz (b), caule (c) e acúmulo de B total em plantas de curauá (d) em casa de vegetação em Manaus, AM.

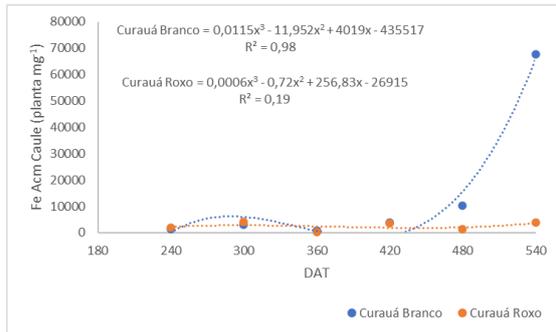


Fonte: Dados da pesquisa (2024).

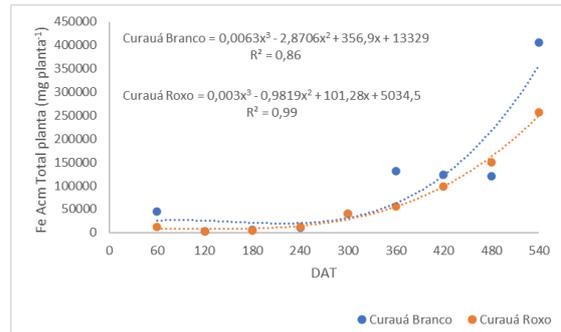
Figura 19 - Acúmulo de Cu em folhas (a), raiz (b), caule (c) e acúmulo de Cu total em plantas de curauá (d) em casa de vegetação em Manaus, AM.



(c)



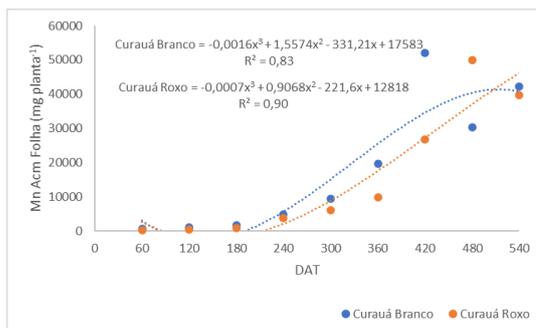
(d)



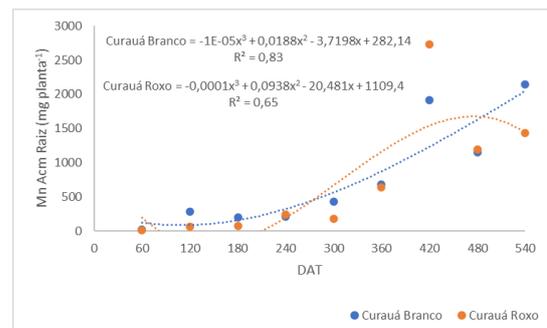
Fonte: Dados da pesquisa (2024).

Figura 20 - Acúmulo de Fe em folhas (a), raiz (b), caule (c) e acúmulo de Fe total em plantas de curauá (d) em casa de vegetação em Manaus, AM.

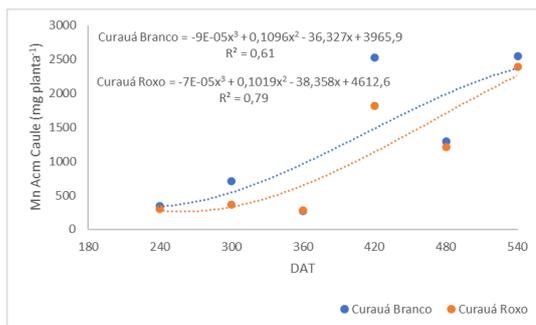
(a)



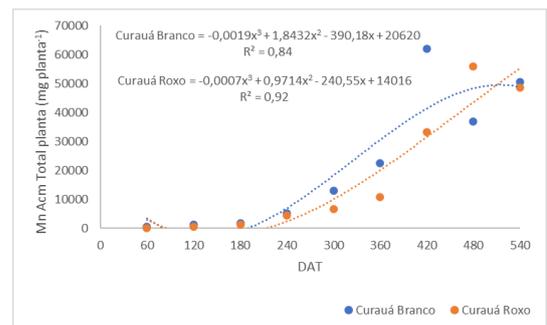
(b)



(c)

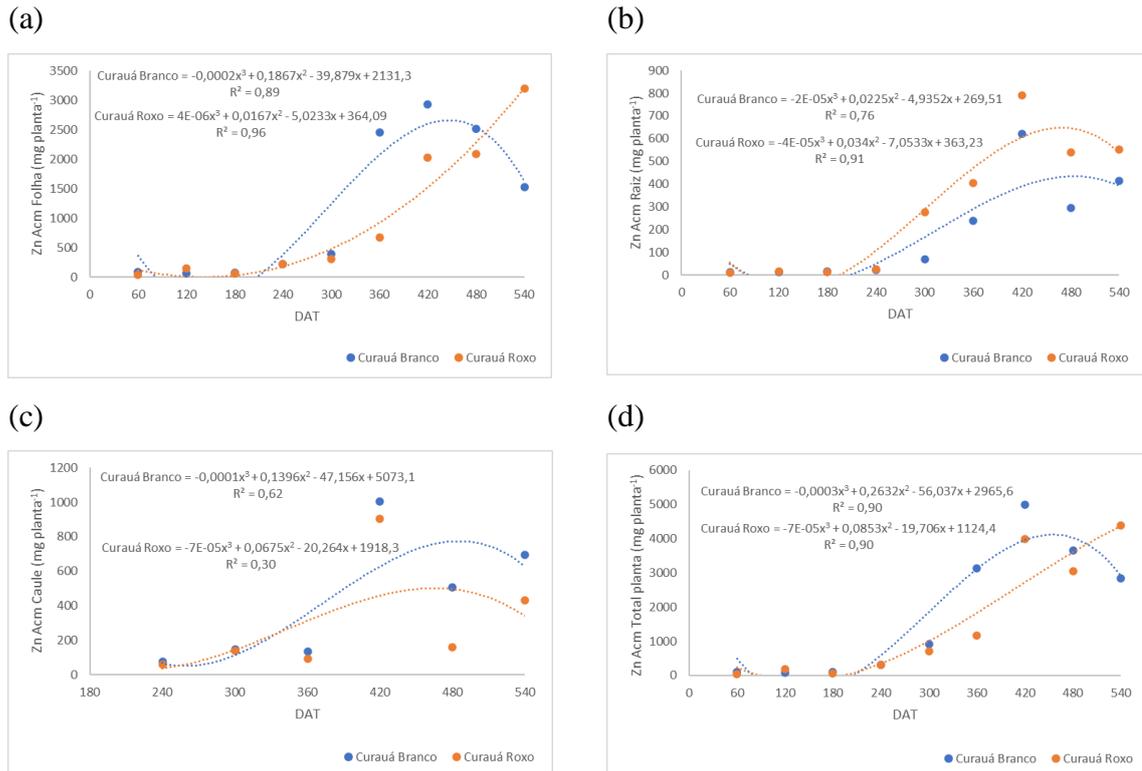


(d)



Fonte: Dados da pesquisa (2024).

Figura 21 - Acúmulo de Mn em folhas (a), raiz (b), caule (c) e acúmulo de Mn total em plantas de curauá (d) em casa de vegetação em Manaus, AM.



Fonte: Dados da pesquisa (2024).

Figura 22 - Acúmulo de Zn em folhas (a), raiz (b), caule (c) e acúmulo de Zn total em plantas de curauá (d) em casa de vegetação em Manaus, AM.

## 6 CONCLUSÕES

O crescimento dos dois tipos de curauá está definido em três fenofases principais que são: a fase vegetativa do curauá branco (420 DAT) e curauá roxo (480 DAT), fenofase de florescimento do curauá branco (420 a 430 DAT) e curauá roxo (480 a 490 DAT) e a fenofase de produção do fruto do curauá branco de 430 a 540 DAT e do curauá roxo de 490 a 540 DAT.

Os dois tipos de curauá são exigentes em K e N.

Os dois tipos de curauá apresentaram em ordem decrescente a seguinte série preferencial de acúmulo de nutrientes:  $K > N > Ca > Mg > S > P > Fe > Mn > B > Zn > Cu$ .

## 7 REFERÊNCIAS

BARREIRO NETO, M.; CHOAIRY, S. A.; LACERDA, J. T.; SANTOS, E. S.; OLIVEIRA, E. F. Caracterização do abacaxizeiro Pérola no Estado da Paraíba. **Pesquisa Agropecuária**, EMEPA, João Pessoa, v. 10, p. 33-40, 1998.

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas**: noções básicas. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 42 p.

BILCATI, G. K.; MATOSKI, A.; TRIANOSKI, R.; LENGOWSKI, E. C. Effects of pre-treatment of Curauá fibers on compatibility with portland cements. **Matéria** (Rio de Janeiro), v. 23, n. 3, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s1517-707620180003.0524>. Acesso em: 10 ago. 2024.

BRESSIANI JÚNIOR, I.; BELINI, U. L.; ELLENBERGER, A.; KEINERT, A. C. Fibras naturais e compósitos nas indústrias de mobilidade. **MIX Sustentável**, v. 6, n. 4, 129–138, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2020.v6.n4.129-138>. Acesso em: 10 set. 2024.

CAETANO, L. C. S.; VENTURA, J. A.; COSTA, A. F. S.; GUARÇONI, R. C. Efeito da adubação com nitrogênio, fósforo e potássio no desenvolvimento, na produção e na qualidade de frutos do abacaxi ‘vitória’. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 35, n. 3, p.883-890, 2013.

CAMPELO, M. F.; LAMEIRA, O. A.; MOREIRA, R. K. V. P. P.; RAMIRES, A. C. S. Reproductive phenology of *Ananas comosus* var. *erectifolius* (L. B. Smith) Coppens & F.

Leal. and its correlation with average temperature and rainfall. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 10, n. 5, p. e7010514621, 2021. Disponível em: DOI: 10.33448/rsd-v10i5.14621. Acesso em: 10 jun. 2024.

CAMPOS, A.; CLARO, P. C.; LUCHESI, B. R.; MIRANDA, M.; SOUZA, F. V. D.; FERREIRA, M. D.; MARCONCINI, J. M. Curaua cellulose sheets dip coated with micro and nano carnauba wax emulsions. **Cellulose**, v. 26, p. 7983-7993, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10570-019-02637-0>. Acesso em: 14 fev. 2022.

COLLINS, J. L. **The pineapple**: Botany, Cultivation and Utilization. New York: Interscience Publishers, 1960. 295 p.

CONAB. **Análise mensal juta/malva/sisal**. 2018. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/index.php/info-agro/analises-do-mercado-agropecuario-extrativista/analises-do-mercado/historico-mensal-de-fibras>. Acesso em 14 fev. 2022.

COPPENS, G.; LEAL, F. Morphology, anatomy and taxonomy. *In*: BARTHOLOMEW, D. P.; PAULL, R. E.; ROHRBACH, K. G. (ed.). **The pineapple**: botany, production and uses. Wallingford: CABI publishers, 2003.

CORDEIRO, I. C.; SILVA, I. M. da. Avaliação econômico-financeira da cultura de curauá (*Ananas comosus* var. *erectifolius* (L. B. Smith) Coppus & Leal: um estudo de caso no município de Santo Antônio do Tauá, estado do Pará. *In*: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 46., 2008.

Rio Branco. **Apresentação Oral** [...]. Rio Branco: SOBER, 2008. Disponível em: <https://ageconsearch.umn.edu/record/107884?v=pdf>. Acesso em: 11 fev. 2022.

COSTA, U. O.; NASCIMENTO, L. F. C.; GARCIA, J. M.; MONTEIRO, S. N.; LUZ, F. S. da; PINHEIRO, W. A.; FILHO, F. C. G. Effect of graphene oxide coating on natural fiber composite for multilayered ballistic armor. **Polymers**, v. 11, n. 8, p. 1356, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/polym11081356>. Acesso em: 15 fev. 2024.

CUNHA, G. A. P. Exigências edafoclimáticas, ecofisiologia e botânica. *In*: SANTOS, C. E. M. dos; BORÉM, A. **Abacaxi do plantio à colheita**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2019. p. 16-39.

DUCA, M. **Plant physiology**. London: Springer. 2015. 315 p.

DUVAL, M. F.; BUSO, G. S. C.; FERREIRA, F. R.; NOYER, J. L.; COPPENS D'EECKENBRUGGE, G.; HAMON, P.; FERREIRA, M. E. Relationships in *Ananas* and other related genera using chloroplast DNA restriction site variation. **Genome**, v. 46, n. 6, p. 990-1004, 2003. doi: 10.1139/g03-074. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/14663518/>. Acesso em: 10 ago. 2024.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. rev. e ampl. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009.

FARUK, O.; BLEDZKI, A. K.; FINK, H-P.; SAIN, M. Progress report on natural fiber reinforced composites. **Macromolecular Materials and Engineering**, v. 299, n. 1, p. 9-26, 2014. Disponível em: <http://doi.org/10.1002/mame.201300008>. Acesso em: 15 fev. 2022.

FERNANDES, M. S. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. 432 p.

FERNANDES, J. C.; HENRIQUES, F. S. Biochemical, physiological, and structural effects of excess copper in plants. **The Botanical Review**, v. 57, p. 246-273, 1991.

FIDELIS, M. E. A.; PEREIRA, T. V. C.; GOMES, O. F. M.; SILVA, F. A.; TOLEDO FILHO, R. D. The effect of fiber morphology on the tensile strength of natural fibers. **J Mater Res Technol**. v. 2, n. 2, p. 149-157, 2013.

FONTES, P. C. R.; DIAS, E. N.; SILVA, J. H. Dinâmica do crescimento, distribuição de matéria seca e produção de pimentão em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v. 23, n. 1, p. 94-99, 2005.

FRANÇA, G. E. de. **Curva de crescimento, concentração e absorção de macronutrientes pelo abacaxizeiro (*Ananas comusus* L. Merrill) durante um ciclo de cultura**. Piracicaba: ESALQ, 63 p. 1976.

FREITAS, A. E. M. de; PADILHA, F. de J.; BARROS, S. de S.; KHAN, T. M.; PEREIRA, B. BARBOSA, W. T.; BARBOSA, J. D. V.; CALDERARO, F.; SILVA, S. da; QUIRINO, M. G.; FREITAS, F. A. de. Curauá fiber from plants produced by tissue culture: thermal, mechanical,

and morphological characterizations. **Cellulose**, v. 30, n. 2, p. 2841-2858, 2023. <https://doi.org/10.1007/s10570-023-05067-1>. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/367550947\\_Curaua\\_fiber\\_from\\_plants\\_produced\\_by\\_tissue\\_culture\\_thermal\\_mechanical\\_and\\_morphological\\_characterizations](https://www.researchgate.net/publication/367550947_Curaua_fiber_from_plants_produced_by_tissue_culture_thermal_mechanical_and_morphological_characterizations). Acesso em: 14 ago. 2024.

GATO, A. M. G.; SILVA, S.; SILVA, E. L.; RODRIGUES, D. C.; FERREIRA, F. F.; PINHEIRO, E. N.; ASSUNCAO, L. M.; MARINHO, V. R. P. Desinfestação e introdução *in vitro* de *Ananas erectifolius* (L. B. Sm.). **Scientia Amazonia**, v. 7, n. 2, p. 32-36, 2018.

GONÇALVES, N. B.; CARVALHO, V. D. de. **Abacaxi-pós-colheita**. 2. Característica da fruta. Brasília-DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2000. p. 13-27. (Frutas do Brasil, 5).

GRANGEIRO, L. C.; NEGREIROS, M.Z.; SOUZA, B. S.; AZEVÊDO, P. E.; OLIVEIRA, S. L.; MEDEIROS, M.A. Acúmulo e exportação de nutrientes em beterraba. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 2, p. 267-273, 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cagro/a/GPj4Q8XGyNjHDWLkDL5WhSH/>. Acesso em: 10 fev. 2022.

GUTIÉRREZ, C.; RUBILAR, M.; JARA, C.; VERDUGO, M.; SINEIRO, J.; SHENE, C. Flaxseed and flaxseed cake as a source of compounds for food industry. **J. Soil Sci. Plant Nutr.**, v. 10, n. 4, p. 454-463, 2010.

HUMPHRIES, J. M.; STANGOULIS, J. C. R.; GRAHAM, R. D. Manganese. *In*: BARKER A. V.; PILBEAM, D. J. (ed.), **Handbook of plant nutrition**. CRC Press, Boca Raton. 2007. 662 p.

IUCHI, V. L. **Efeito de sulfato de amônio, superfosfato simples e sulfato de potássio sobre algumas características da planta e qualidade do fruto do abacaxizeiro, *Ananas comosus* (L.) Merr., variedade Smooth Cayenne.** 1978. Tese (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa -Viçosa-MG, UFV, 1978.

KIST, H. G. K.; RAMOS, J. D.; DOS SANTOS, V. A.; RUFINI, J. C. M. Fenologia e escalonamento da produção do abacaxizeiro 'Smooth Cayenne' no Cerrado de Mato Grosso. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v. 46, n. 9, p. 992-997, 2011. Disponível em: Acesso em: 10 fev. 2022.

KLUGE, R. A.; SCARPARE FILHO, J.A.; JACOMINO, A. P.; PEIXOTO, C. P. **Distúrbios fisiológicos em frutos.** Piracicaba: FEALQ, 2001. 58 p.

LAMEIRA, O. A. Aspectos técnicos e sócio-econômicos da aplicação da micropropagação na produção de fibras: o caso do curauá. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE FLORICULTURA E PLANTAS ORNAMENTAIS, 17. 2009. CONGRESSO BRASILEIRO DE CULTURA DE TECIDOS DE PLANTAS, 4., 2009, Aracaju. **Anais [...]**. Aracaju: SBFPO: ABCTP, 2009.

LAMEIRA, O. A.; CORDEIRO, I. M. C. C. Cultivo de curauá. **Circular Técnica**, Belém, PA, n. 53. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1157716/1/CirTec53.pdf>.

Acesso em: 15 jan. 2024.

LEDO, I. A. de M. **O cultivo do curauá no lago grande de Franca**. Belém, PA: Banco da Amazônia, 1967. 23 p.

MACIEL, C. D. G.; VELINI, E. D.; SANTOS, R. F.; VIANA, A. G. P. Crescimento do curauá branco sob efeito de subdoses de glyphosate. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 8, n. 1, 11-18, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.7824/rbh.v8i1.63>. Acesso em: 10 set. 2024.

MAEDA, A. S. **Adubação foliar e axilar na produtividade e qualidade de abacaxi**. 2005. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista – UNESP, São Paulo, 2005.

MALAVOLTA, E., VITTI, G.C., OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, A. S. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: POTAFOS. 1989.

MALAVOLTA, E. **O potássio e a planta**. Piracicaba: POTAFOS, 1982. 61 p. (Boletim Técnico, 1).

MALÉZIEUX, E.; BARTHOLOMEW, D. P. Plant nutrition. In: BARTHOLOMEW, D. P.; PAULL, R. E.; ROHRBACH, K.G. (ed.). **The pineapple, botany, production and uses**. Honolulu: CABI Publishing, 2003. cap. 7, p.143-165.

MANICA, I. **Fruticultura Tropical 5. Abacaxi**. Porto Alegre: Cinco Continentes, 1999. 501 p.

MARQUES, D. J.; BROETTO F.; SILVA, E. C.; FREITAS, J. M. N.; LOBATO, A. K. S.; ALVES, G. A. R. Changes in leaf proline and fruit production induced by potassium stress in eggplant. **J Food Agric Environ**, v. 9, p. 191-194, 2011.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 3. ed. London: Elsevier, 2012. 643 p.

MONTEIRO, N.; AQUINO, R. C. M. P.; LOPES, F. P. D.; CARVALHO, E. A. de; D'ALMEIDA, J. R. M. Comportamento mecânico e características estruturais de compósitos poliméricos reforçados com fibras contínuas e alinhadas de curauá. **Matéria** (Rio de Janeiro), v. 11, n. 3, p. 197-203, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1517-70762006000300005>. Acesso em: 10 set. 2024.

MORELLATO, L. P. C.; ALBERTON, B.; ALVARADO, S. T.; BORGES, B.; BUISSON, E.; CAMARGO, M. G. G.; Peres, C. A. Linking plant phenology to conservation biology. **Biological Conservation**, v. 195, p. 60-72, 2016.

MUKHOPADHYAY, M.; SHARMA, A. Manganese in cell metabolism of higher plants. **Botanical Review**, v. 57, p. 117-149, 1991.

NEVES, R. M.; LOPES, K. S.; ZIMMERMANN, M. V. G.; POLETTI, M.; ZATTERA, A. J. Characterization of polystyrene nanocomposites and expanded nanocomposites reinforced

with cellulose nanofibers and nanocrystals. **Cellulose**, v. 26, n. 7, 4417-4429, Apr. 2019.

Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10570-019-02392-2>. Acesso em: 10 fev. 2022.

OLIVEIRA, A. F.; GOMES, G. J.; OLIVEIRA, A. J.; LEÃO, A. L. The performance of curaua fiber as sorbent of the diesel and biodiesel oils. **Acta Sci Technol**, Maringá, v. 38, p.

295-300, Jul./Sep. 2016. Disponível em: Doi: 10.4025/actascitechnol.v38i3.27561. Acesso em: 10 fev. 2022.

PANDEY, R. Mineral nutrition of plants. **Environmental Science, Agricultural**, 2015.

Disponível em: 10.1007/978-81-322-2286-6\_20. Acesso em 15 jul. 2024.

PAULA, M. B.; CARVALHO, J. G.; NOGUEIRA, F. D.; SILVA, C. R. de R. Exigências nutricionais do abacaxizeiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 11, n. 130, p. 27-31, 1985.

PAULA, M. B. de; MESQUITA, H. A. de; NOGUEIRA, F. D. Nutrição e adubação do abacaxizeiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 19, n. 195, p. 33-39, 1998.

PREMKUMAR, T.; SILVA, I.; NEIS, P. D.; AMICO, S. C.; FERREIRA, N. F.; WINOWLIN JAPPES, J. T. Experimental design and theoretical analysis on the various tribological responses of curaua/polyester composites. **Materials Research Express**, v. 6, n. 12, 2019.

Disponível em: <https://doi.org/10.1088/2053-1591/ab5a0b>. Acesso em: 14 fev. 2022.

PY, C.; LACOEUILHE, J. J.; TEISSON, C. **The pineapple: cultivation and uses**. G. P. Maisonneuve et Larose, Paris, 1987. 568 p.

RAMOS, M. J. M.; MONNERAT, P. H.; CARVALHO, A. J. C. de; PINTO, J. L. de A.; SILVA, J. A. da. Sintomas visuais de deficiência de macronutrientes e de boro em abacaxizeiro ‘Imperial’. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 31, n. 1, p. 252-256, 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbf/a/ZxyDpr58BPcpJ3VStWwp7LM/>. Acesso: 20 ago. 2024.

REFLORA - Herbário Virtual. Disponível em: <https://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/herbarioVirtual/>. Acesso em: 10 ago. 2023.

REIS, L. L. **Avaliação de cultivares de abacaxi submetidos a doses de NPK**. 2015. Tese (Doutorado em Agronomia, Horticultura). Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2015.

RESENDE, A. V.; FURTINI, A. E.; MARTINS, E. S.; HURTADO, S. M. C.; OLIVEIRA, C. G.; SENA, M. C. **Protocolo de avaliação agrônômica de rochas e produtos derivados como fontes de nutrientes às plantas ou condicionadores de solo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2012. 30 p. (Documentos / Embrapa Milho e Sorgo, 143).

RODRIGUES, A. A.; MENDONÇA, R. M. N.; SILVA, A. P. da; SILVA, S. de M. Nutrição mineral e produção de abacaxizeiro “Pérola”, em função das relações K/N na adubação. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 2, p. 625-633, 2013. Disponível em: [doi:10.1590/s0100-29452013000200035](https://doi.org/10.1590/s0100-29452013000200035). Acesso em: 10 ago. 2024.

RODRIGUES, A. A.; MENDONÇA, R. M. N.; SILVA, A. P. da; SILVA, S. de M.; PEREIRA, W. E. Desenvolvimento vegetativo de abacaxizeiros 'Pérola' e 'Smooth cayenne' no Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de fruticultura**, v. 32, n. 1, p. 126-134, 2010.

SENA, J. C. de A. **Manual técnico para o cultivo do Curauá**. Marituba: EMATER, 2011. (Manual Técnico, 1). Disponível em: <https://www.emater.pa.gov.br/storage/app/uploads/public/648/b32/940/648b32940e79d943272090.pdf>. Acesso em: 10 set. 2024.

SHELP, B. J. Physiology and biochemistry of boron in plants. *In: Boron and its role in crop production*. U.C. Gupta (ed) CRC Press, Boca Raton, FL, 1993. p. 53-85.

SILVA, A. M. B.; LUZ, S. M. da; SIVA, I.; JAPPES, J. T. W.; AMICO, S. C. Effect of silane treatment on the curaua fibre/polyester interface. **Plastics, Rubber and Composites**, v. 48, n. 4, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/14658011.2019.1586373>. Acesso em: 14 fev. 2022.

SILVA, T. A. L.; TAMBOURGI, E. B. Estudo da estabilidade da enzima bromelina extraída do curauá roxo (*Ananas erectifolius*). **Scientia Plena**, v. 7, n. 1, p. 1-5, 2011.

SOLTAN, D. G.; NEVES, P. das; OLVERA, A.; SAVASTANO JUNIOR, H.; LI, V. C. Introducing a curauá fiber reinforced cement-based composite with strain-hardening behavior. **Industrial Crops and Products**, v. 103, p. 1-12, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.03.016>. Acesso em: 15 fev. 2022.

SOUZA, F. V. D.; SOUZA, E. H. de; PADUA, T. R. P de.; FERREIRA, F. R. **Abacaxizeiros (*Ananas spp.*) cultivados e silvestres**. Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia-Fôlder/Folheto/Cartilha (INFOTECA-E). 2017.

SOUZA, L. O.; SOUZA, L. M. S.; SILVA, F. A. Mechanical autogenous recovery and crack sealing of natural curauá textile reinforced concrete. **Construction and Building Materials**, v. 235, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.117476>. Acesso em: 14 fev. 2022.

SOUZA, L. F. da; OLIVEIRA, A. M. G. Calagem e adubação para o abacaxizeiro. *In*: BORGES, A. L. (ed.). **Recomendações de calagem e adubação para abacaxi, acerola, banana, citros, mamão, mandioca, manga e maracujá**. Brasília, DF: Embrapa, 2021. cap. 6. p. 95-122. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1134668>. Acesso em: 14 set. 2024.

SOUZA, M.; GUIMARÃES, P. T. G.; CARVALHO, J. G.; FRAGOAS, J. C. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 5ª aproximação. Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais - CFSEMG – Viçosa. 1999. p. 194.

SOUZA, L. F. S. Adubação. *In*: REINHARDT, D. H.; SOUZA, L. F. da S.; CABRAL, J. R. S. (ed.). **Abacaxi produção**: Aspectos técnicos. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência Tecnológica, 2000. p. 30-34. (Frutas do Brasil, 7).

SPINACÉ, M. A. S.; JANEIRO, L. G.; BERNARDINO, F. C.; GROSSI, T. A.; PAOLI, M.-A. de. Poliolefinas reforçadas com fibras vegetais curtas: sisal × curauá. **Polímeros**, v. 21, n. 3, p.

168–174, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0104-14282011005000036>. Acesso em: 10 ago. 2024.

SPIRONELLO, A.; QUAGGIO, J. A.; TEIXEIRA, L. A. J.; FURLANI, P. R.; SIGRIST, J. M. M. Pineapple yield and fruit quality effected by NPK fertilization in a tropical soil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, n.1, p. 155-159, 2004.

STOREY, R.; TREEBY, M. T.; MILNE, D. J. CREASE: Another Ca deficiency-related fruit disorder? **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v. 77, 565-571, 2002.

SUFRAMA. Curauá é exemplo de potencial comercial do bionegócio. **Suframa**, Manaus, 2019. Disponível em: <https://www.gov.br/suframa/pt-br/publicacoes/noticias/curaua-e-exemplo-de-potencial-comercial-do-bionegocio>. Acesso em: 2022.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artimed, 2013. 954 p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Nutrição mineral. In: TAIZ, L.; ZEIGER, E. (ed.) Trad. Santarém, R. E. *et al.* **Fisiologia Vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, p. 95-113. 2004.

TEIXEIRA, R. S.; SANTOS, S. F.; CHRISTOFORO, A. L.; PAYÁ, J.; SAVASTANO JR, H.; ROCCO LAHR, F. A. Impact of content and length of curauá fibers on mechanical behavior of extruded cementitious composites: Analysis of variance. **Cement and Concrete Composites**, v. 102, p. 134-144, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2019.04.022>. Acesso em: 14 fev. 2022.

TOMCZAK, F.; SATYANARAYANA, K. G.; SYDENSTRICKER, T. H. D. Studies on lignocellulosic fibers of Brazil. Part II: Morphology and properties of Brazilian coconut fibers. **Composites, Part A**, v. 38, n. 7, p. 1710-1721, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2007.02.004>. Acesso em: 10 fev. 2022.

VIÉGAS, I. J. M.; SILVA, R. N. P. da; SILVA, D. A. S.; OLIVEIRA NETO, C. F.; CONCEIÇÃO, H. E. O. da; MASCARENHAS, G. S.; OKUMURA, R. S.; MONFORT, L. E. F.; SILVA, R. T. L. Mineral composition and visual symptoms of nutrients deficiencies in curauá plants (*Ananas comosus* var. *erectifolius*). **Australian Journal of Crop Science-AJCS**, v. 8, n. 5, p.747-753, 2014.

VOGADO, N. O.; CAMARGO, M. G. G. de; LOCOSSELLI, G. M.; MORELLATO, L. P. C. Edge effects on the phenology of the guamirim, *Myrcia guianensis* (Myrtaceae), a cerrado tree, Brazil. **Tropical Conservation Science**, v. 9, n. 1, p. 291-312, 2016.

WANG, Y.; WU W-H. Potassium transport and signaling in higher plants. **Annu Rev Plant Biol**, v. 64, n. 1, p. 451-476, 2013.

XU, F.; GOLDBACH, H.; BROWN, P. H.; BELL, R. W.; FUJIWARA, T.; HUNT, C. D.; GOLDBERG, S.; SHI, L. **Advances in plant and animal boron nutrition**. Netherlands: Springer, 2007. 380 p.

ZUKOWSKI, B.; SANTOS, E. R. F.; MENDONÇA, Y. G. S.; SILVA, F. A.; TOLEDO FILHO, R. D. The durability of SHCC with alkali treated curaua fiber exposed to natural weathering. Cement and Concrete **Composites**, v. 94, p. 116-125, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2018.09.002>. Acesso em: 15 fev. 2022.