

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO - UEMA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROECOLOGIA

SILAS ALMEIDA DA SILVA

**CONTROLE DE LESÕES CORTICOSAS EM FRUTOS DE ABACAXI 'TURIAÇU'
VIA ADUBAÇÃO COM CÁLCIO E BORO**

São Luís-MA

2024

SILAS ALMEIDA DA SILVA

**CONTROLE DE LESÕES CORTICOSAS EM FRUTOS DE ABACAXI ‘TURIAÇU’
VIA ADUBAÇÃO COM CÁLCIO E BORO**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Agroecologia da Universidade Estadual do Maranhão, para a obtenção do título de Mestre em Agroecologia.

Orientador: Prof. Dr. José Ribamar Gusmão Araujo

Coorientador: Dr. Augusto César Vieira Neves Junior

São Luís-MA

2024

Silva, Silas Almeida da.

Controle de lesões corticosas em frutos de abacaxi Turiçu via adubação com cálcio e boro ./ Silas Almeida da Silva . São Luís - MA, 2024.

66p.

Dissertação (Curso de Pós-Graduação em Ciências Agrárias - PPGA)
Universidade Estadual do Maranhão - UEMA, 2024

Orientador: Prof. Dr. José Ribamar Gusmão de Araújo.

1. Ananás comosus var. comosus (L.) Merrill. 2. Deficiência de boro. 3.
Adubação foliar . 4. Qualidade de fruto. I. Título.

CDU: 634.774(812.1)

Elaborado por Luciana de Araújo - CRB 13/445

SILAS ALMEIDA DA SILVA

**CONTROLE DE LESÕES CORTICOSAS EM FRUTOS DE ABACAXI 'TURIAÇU'
VIA ADUBAÇÃO COM CÁLCIO E BORO**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Agroecologia da Universidade Estadual do Maranhão, para a obtenção do título de Mestre em Agroecologia.

Aprovada em: 28/06/2024

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 JOSE RIBAMAR GUSMAO ARAUJO
Data: 09/03/2025 11:37:16-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. José Ribamar Gusmão Araujo (Orientador)
Universidade Estadual do Maranhão (UEMA)

Documento assinado digitalmente
 AUREA MARIA BARBOSA DE SOUSA
Data: 10/03/2025 11:15:16-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^a. Dr^a. Aurea Maria Barbosa de Sousa
Instituto Estadual de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão (IEMA)

Documento assinado digitalmente
 FABRICIO DE OLIVEIRA REIS
Data: 07/03/2025 15:45:08-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Fabrício de Oliveira Reis
Universidade Estadual do Maranhão (UEMA)

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Yeshua, cuja orientação e apoio estiveram presentes em cada fase desta jornada acadêmica, proporcionando-me força e sabedoria.

Expresso minha sincera gratidão ao meu estimado orientador, Professor José Ribamar Gusmão Araujo, cuja orientação perspicaz, paciência e inestimável apoio foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho e para a minha formação acadêmica.

Sou profundamente grato ao Sr. Sirio e Dona Suely, produtores de Turiaçu, pela generosa cessão da área destinada à implantação do experimento, bem como pela colaboração e valioso conhecimento compartilhado, os quais enriqueceram sobremaneira a pesquisa realizada.

Agradeço à agência de fomento FAPEMA, pela concessão da bolsa de pesquisa, cujo apoio financeiro foi essencial para a realização deste estudo.

Manifesto minha gratidão à AGERP, na pessoa de seu presidente Sandro Montenegro, e à Secretaria Municipal de Agricultura de Turiaçu, especialmente ao Secretário Sibá da Serra, pela colaboração e suporte logístico durante a coleta de dados, que garantiram o bom andamento das atividades de campo.

Aos técnicos Afonso e Valdeilson, expresso minha sincera apreciação pela assistência técnica prestada, a qual foi crucial para a execução eficiente e precisa do experimento.

Agradeço, igualmente, ao Programa de Pós-Graduação em Agroecologia da UEMA, pelo apoio institucional e pela infraestrutura oferecida, que se mostraram imprescindíveis para o desenvolvimento desta pesquisa.

Aos membros do LAPOC, e especialmente a Luís, pela colaboração, orientações e insights que contribuíram significativamente para a melhoria dos aspectos técnicos e analíticos do estudo.

A minha família, cujo amor incondicional, encorajamento e compreensão me sustentaram ao longo de toda esta jornada, merece o meu mais sincero e profundo agradecimento.

Por fim, gostaria de expressar minha gratidão aos membros da banca de defesa, pela disponibilidade, expertise e valiosos feedbacks, que enriqueceram e contribuíram substancialmente para o aprimoramento deste trabalho.

A todos que, de maneira direta ou indireta, contribuíram para a realização desta pesquisa, meu mais sincero agradecimento. Cada um de vocês foi essencial para o êxito desta jornada.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa do município de Turiaçu – MA.....	21
Figura 2 - Precipitação pluviométrica e temperaturas médias mensais, do município de Turiaçu - MA, de janeiro 2022 a dezembro 2023. São Luís- MA, 2024.....	22
Figura 3 - Esquema da parcela experimental (área útil e bordadura).....	23
Figura 4 - Vista aérea da área experimental com as parcelas corrigidas com calcário (A) e detalhe da parcela com calcário incorporado (B).....	25
Figura 5 - Cachos de mudas tipo filhote (A), mudas selecionadas e curadas antes do plantio (B), mudas distribuídas ao lado das covas (C), e parcela com as mudas plantadas em três fileiras (D).....	25
Figura 6 - Detalhe de uma Lesão Corticosa Típica (LCT) em fruto de cv. Turiaçu, Turiaçu, Maranhão.....	31
Figura 7 - Frequência de frutos de abacaxi Turiaçu com LCTs em função das classes de incidência. São Luís - MA, 2024.....	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Descrição dos Tratamentos	23
Tabela 2 - Resultados da análise química de solo da área experimental, antes da calagem	24
Tabela 3 - Resultados da análise química de solo da área experimental, após a calagem.	24
Tabela 4 - Resultados da análise química do esterco de aves	27
Tabela 5 - Concentração da solução multielementar.....	30
Tabela 6 - Valores médios de variáveis de crescimento da folha D de plantas de abacaxi ‘Turiaçu’, sob adubação mineral e orgânica. São Luís - MA, 2024	33
Tabela 7 - Valores médios de variáveis de massa da folha D de plantas de abacaxi Turiaçu, sob adubação mineral e orgânica. São Luís - MA, 2024	35
Tabela 8 - Valores médios de altura da planta e produção de mudas de plantas de abacaxi Turiaçu, sob adubação mineral e orgânica. São Luís - MA, 2024.....	36
Tabela 9 - Valores médios de pigmentos fotossintéticos da folha D de plantas de abacaxi Turiaçu, sob adubação mineral e orgânica. São Luís - MA, 2024.....	37
Tabela 10 - Valores médios de massa e rendimento de polpa de frutos de abacaxi Turiaçu, sob adubação mineral e orgânica. São Luís - MA, 2024	39
Tabela 11 - Valores médios de dimensões de frutos de abacaxi Turiaçu, sob adubação mineral e orgânica. São Luís - MA, 2024	42
Tabela 12 - Valores médios de diâmetro transversal e do eixo central de frutos de abacaxi Turiaçu, sob adubação mineral e orgânica. São Luís - MA, 2024.....	43
Tabela 13 - Número médio de lesões corticosas típicas (LCT) em frutos de abacaxi Turiaçu e percentual de redução em relação ao controle, sob adubação mineral e orgânica. São Luís - MA, 2024.....	45
Tabela 14 - Teores médios de macronutrientes em folha D de plantas de abacaxi Turiaçu, sob adubação mineral e orgânica. São Luís - MA, 2024	49
Tabela 15 - Teores médios de micronutrientes em folha D de plantas de abacaxi Turiaçu, sob adubação mineral e orgânica. São Luís - MA, 2024.....	52

RESUMO

O abacaxi 'Turiaçu' é um patrimônio vegetal nativo do Maranhão, originário do município de Turiaçu. Destaca-se pelo elevado teor de açúcares e polpa de coloração amarela, o que lhe confere alto valor comercial. Entretanto, a ocorrência de lesões corticosas na casca representa um entrave à sua inserção em novos mercados, uma vez que essas lesões, possivelmente associadas à deficiência de boro, comprometem a qualidade visual do fruto e reduzem sua aceitação comercial. Este estudo teve como objetivo avaliar a relação entre o estado nutricional das plantas de abacaxi 'Turiaçu', submetidas à adubação com cálcio e boro via solo e foliar, e a incidência de lesões corticosas nos frutos após a colheita. O experimento foi conduzido em campo, no povoado Serrinha, município de Turiaçu – MA, o espaçamento utilizado foi de 1,0 m × 0,30 m e delineamento em blocos ao acaso, com quatro repetições e oito tratamentos: controle (T1); calagem + NPK (T2); boro via solo + NPK (T3); calagem + boro via solo + NPK (T4); boro e cálcio foliar + NPK (T5); calagem + boro e cálcio foliar + NPK (T6); calagem + adubação orgânica (AO) + biofertilizante (BIO) (T7); AO + BIO (T8). Avaliou-se as características físico-biométricas e incidência de lesões, dos frutos, os teores de macro e micronutrientes, clorofila e carotenóides da folha 'D'. Os resultados revelaram que o número médio de Lesões Corticosas Típicas (LCT) foi afetado pelos diferentes tratamentos. O tratamento mais eficaz (T7) resultou em uma redução significativa de 91,21% nas lesões em comparação ao grupo controle. Em seguida, os tratamentos T8 e T6 também demonstraram reduções consideráveis, com 78,54% e 66,21%, respectivamente. Apesar de T7 e T8 terem mostrado eficácia na redução de lesões, ambos não atenderam aos padrões estabelecidos pelo MAPA em relação ao peso dos frutos, apresentando valores médios de 489,53 g e 518,04 g, respectivamente. Os tratamentos com adubação orgânica (T7 e T8) resultaram em concentrações superiores de fósforo e cálcio em comparação àqueles com adubação mineral (T1, T2, T3, T4, T5, T6), variando entre 0,99 e 1,04 g.kg⁻¹ para fósforo e entre 5,42 e 4,65 g.kg⁻¹ para cálcio. Conclui-se que os tratamentos orgânicos foram eficazes no controle das lesões corticosas. O tratamento T6 de base mineral, também foi eficaz na redução das lesões, além de apresentar frutos com massa dentro do padrão comercial. As concentrações foliares de nutrientes foram significativamente afetadas pelos tratamentos.

Palavras-chave: Ananas comosus var. comosus (L.) Merrill. Deficiência de boro. Adubação foliar. Qualidade do fruto.

ABSTRACT

The 'Turiaçu' pineapple is a native plant heritage of Maranhão, originating from the municipality of Turiaçu. It stands out for its high sugar content and yellow-colored pulp, which gives it high commercial value. However, the occurrence of corky spot lesions on the peel represents an obstacle to its insertion in new markets, since these lesions, possibly associated with boron deficiency, compromise the visual quality of the fruit and reduce its commercial acceptance. This study aimed to evaluate the relationship between the nutritional status of 'Turiaçu' pineapple plants, subjected to fertilization with calcium and boron via soil and foliar application, and the incidence of corky spot lesions in fruits after harvest. The experiment was conducted in the field, in the Serrinha village, municipality of Turiaçu – MA, the spacing used was 1.0 m × 0.30 m and the design in randomized blocks, with four replications and eight treatments: control (T1); liming + NPK (T2); boron via soil + NPK (T3); liming + boron via soil + NPK (T4); boron and calcium foliar + NPK (T5); liming + boron and calcium foliar + NPK (T6); liming + organic fertilization (OF) + biofertilizer (BIO) (T7); OF + BIO (T8). We evaluated the physical-biometric characteristics and lesion incidence of the fruits, the levels of macro and micronutrients, chlorophyll and carotenoids of the 'D' leaf. The results revealed that the average number of Typical Corky Lesions (TCL) was affected by the different treatments. The most effective treatment (T7) resulted in a significant reduction of 91.21% in lesions compared to the control group. Following this, treatments T8 and T6 also demonstrated considerable reductions, with 78.54% and 66.21%, respectively. Although T7 and T8 have shown effectiveness in reducing lesions, both did not meet the standards established by MAPA in relation to fruit weight, presenting average values of 489.53 g and 518.04 g, respectively. The treatments with organic fertilization (T7 and T8) resulted in higher concentrations of phosphorus and calcium compared to those with mineral fertilization (T1, T2, T3, T4, T5, T6), varying between 0.99 and 1.04 g.kg⁻¹ for phosphorus and between 5.42 and 4.65 g.kg⁻¹ for calcium. It is concluded that organic treatments were effective in controlling corky spot lesions. The mineral-based treatment T6 was also effective in reducing lesions, in addition to presenting fruits with mass within the commercial standard. Foliar nutrient concentrations were significantly affected by the treatments.

Keywords: *Ananas comosus* var. *comosus* (L.) Merrill. Boron deficiency. Foliar fertilization. Fruit quality.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
2	REFERENCIAL TEÓRICO	11
2.1	Abacaxicultura no Mundo e no Brasil	11
2.2	Abacaxicultura no Maranhão	12
2.3	Nutrição do abacaxizeiro	13
2.3.1	Exigências nutricionais	13
2.3.2	Diagnose e adubação foliar	14
2.3.3	Adubação orgânica	16
2.3.4	Papel do cálcio e boro na nutrição do abacaxizeiro.....	17
2.4	Deficiências nutricionais e desordens fisiológicas no abacaxizeiro	18
3	MATERIAL E MÉTODOS	21
3.1	Local do experimento	21
3.2	Tratamentos e delineamento experimental	22
3.3	Seleção e preparo da área	23
3.4	Correção do solo	24
3.5	Plantio, adubação e condução do experimento	25
3.6	Avaliações e análises realizadas	28
3.6.1	Desenvolvimento das plantas	28
3.6.2	Determinação de clorofila e carotenóides	28
3.6.3	Teores foliares de macronutriente e micronutrientes.....	29
3.6.4	Incidência de lesões corticosas nos frutos	31
3.6.5	Características físico-biométricas de frutos.....	32
3.7	Análises estatísticas	32
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
4.1	Crescimento das plantas e teores de pigmentos nas folhas	33
4.2	Características físico-biométricas e de qualidade dos frutos	39
4.3	Incidência de lesões corticosas nos frutos	44
4.4	Teores foliares de macro e micronutrientes	49
5	CONCLUSÕES	54
	REFERÊNCIAS	55

1 INTRODUÇÃO

A disponibilidade diária de frutas e vegetais per capita é insuficiente para atender às exigências de uma dieta saudável na maioria das regiões do mundo. Dessa forma, a promoção do aumento na produção de alimentos nutritivos e o incentivo à diversificação dos cultivos desempenham um papel fundamental no abastecimento e no fortalecimento da segurança alimentar (FAO; FIDA; OMS; PMA; UNICEF, 2023).

O *Ananas comosus* var. *comosus* (L.) Merrill é uma angiosperma monocotiledônea pertencente à família Bromeliaceae, originária dos trópicos sul-americanos, especialmente do Brasil. O fruto do abacaxizeiro é amplamente reconhecido mundialmente devido ao seu sabor e aroma atrativos, além de ser uma excelente fonte de vitaminas e sais minerais, com destaque para a vitamina C e o potássio. Ademais, trata-se de uma importante fonte de bromelina, uma enzima com propriedades terapêuticas e medicinais (Carvalho *et al.*, 2009; Das; Das; Roy, 2016).

O abacaxi destaca-se como uma das frutas tropicais mais relevantes no mercado comercial, ampliando cada vez mais sua presença no comércio internacional. Em 2021, as Américas desempenharam um papel fundamental na produção mundial, respondendo por 35,7% do total. O Brasil figurou como o segundo maior produtor do continente e o quarto do mundo, sendo responsável por 8,1% da produção global (FAO, 2021). No estado do Maranhão, em 2022, a produção atingiu aproximadamente 56,6 milhões de frutos, cultivados em uma área de 2.464 hectares, o que posicionou o estado na décima quinta colocação entre os principais produtores nacionais (IBGE, 2022).

No Maranhão, as principais cultivares produzidas são “Pérola” e “Turiaçu”. Devido ao cultivo em regiões distintas, com diferentes condições edafoclimáticas, especialmente em relação ao regime pluviométrico, e pelo fato de se tratarem de culturas de sequeiro, a safra dessas variedades ocorre em períodos distintos. O abacaxi ‘Pérola’ tem sua comercialização concentrada entre os meses de abril e julho, enquanto o “Turiaçu” é comercializado de agosto a novembro (Aguiar Júnior, 2014).

O abacaxi cv. Turiaçu possui alto valor comercial, sendo sua importância atribuída à excepcional qualidade do fruto, que se destaca pelo elevado teor de açúcares, peso médio e polpa de coloração amarela. Essas características resultam da combinação de três fatores: a genética superior da variedade, a relativa riqueza química do solo em nutrientes minerais, como potássio e magnésio, e a boa adaptação ao microclima local, que favorece a maturação dos

frutos durante o período seco do ano, caracterizado por baixa umidade relativa e temperaturas elevadas (Araujo *et al.*, 2012).

Apesar da relevância da cultivar “Turiaçu” para a produção agrícola no Maranhão e de seu elevado potencial comercial, a presença de lesões corticosas na casca do fruto constitui um desafio significativo a ser superado. Essas lesões, aparentemente decorrentes de uma desordem fisiológica, possivelmente causada pela deficiência de boro, comprometem o valor comercial da cultivar e dificultam sua inserção em novos mercados, uma vez que geram desconfiança entre os consumidores quanto à qualidade do produto (Pinheiro, 2018).

Atualmente, há conhecimento limitado acerca das doses ideais de boro para o cultivo do abacaxi “Turiaçu”. Nos abacaxizeiros, a deficiência desse micronutriente pode causar danos tanto na fase vegetativa, reduzindo o crescimento das folhas, quanto na fase reprodutiva, resultando na diminuição do tamanho dos frutos e no aumento da incidência de lesões corticosas, o que compromete a comercialização. A insolubilidade do boro no solo, que pode ser influenciada por condições de seca ou por um pH excessivamente elevado, reduz sua disponibilidade para as plantas (Pinheiro, 2018; Souza; Oliveira, 2021).

Os íons cálcio, por possuírem natureza estrutural, desempenham um papel essencial na fisiologia vegetal. O Ca^{2+} liga-se a grupos de ácidos lipídicos presentes na membrana celular, e sua interação com o boro e as pectinas forma polímeros reticulados que conferem maior firmeza aos constituintes da parede celular (Dong; Wrolstad; Sugar, 2000).

Diante desse contexto, o presente estudo teve como objetivo avaliar o manejo da adubação mineral e orgânica, a relação entre o estado nutricional das plantas de abacaxi ‘Turiaçu’ submetidas à aplicação de cálcio e boro, tanto via solo quanto via foliar, e o nível de incidência de lesões corticosas nos frutos após a colheita.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Abacaxicultura no Mundo e no Brasil

O *Ananas comosus* var. *comosus* (L.) Merrill é uma angiosperma monocotiledônea, da família Bromeliaceae, originária dos trópicos sul-americanos, especialmente do Brasil. Possui porte herbáceo, é perene e apresenta caule (talo) curto e grosso, ao redor do qual crescem folhas estreitas, compridas e resistentes, quase sempre margeadas por espinhos e dispostas em rosetas (Coimbra, 2022).

O fruto é mundialmente demandado devido ao seu sabor e aroma atrativos, além de constituir uma excelente fonte de vitaminas e sais minerais, especialmente vitamina C e potássio. Ademais, apresenta-se como uma importante fonte de bromelina, uma enzima com propriedades terapêuticas e medicinais. Diante dessas características e qualidades, o abacaxi é apreciado em todo o mundo, sendo cultivado em mais de 60 países e possuindo grande importância econômica (Carvalho *et al.*, 2009; Das; Das; Roy, 2016).

Em 2021, o Brasil ocupou a quarta posição entre os maiores produtores mundiais de abacaxi, com mais de 2,3 bilhões de frutos colhidos em uma área de 63.589 hectares, sendo superado por Costa Rica, Indonésia e Filipinas (FAO, 2021).

No Brasil, os principais estados produtores de abacaxi são Pará, Paraíba, Minas Gerais, Rio de Janeiro e Tocantins, com produções de 350.018.000, 275.095.000, 155.605.000, 113.442.000 e 103.596.000 frutos, respectivamente (IBGE, 2022). Nesse mesmo ano, o Maranhão ocupou a oitava posição no ranking dos estados produtores, contribuindo com uma produção de 56.687.000 frutos, em uma área colhida de aproximadamente 2.464 hectares (IBGE, 2022). Os municípios que mais se destacaram na produção de abacaxi no estado foram São Domingos do Maranhão e Turiaçu, com 45.045.000 e 6.055.000 frutos colhidos, respectivamente, no ano de 2022 (IBGE, 2022).

No Brasil, o abacaxi possui importância econômica em todos os estados, mas seu maior valor socioeconômico concentra-se em diversas microrregiões das regiões Nordeste e Norte, que se destacam como as maiores produtoras do país. Nessas regiões, milhares de produtores e agentes integram a cadeia produtiva, sendo grande parte da produção proveniente da agricultura familiar e de pequenos agricultores, os quais desempenham um papel fundamental na geração de emprego e renda (Aguiar Junior, 2014; Reinhardt, 2021).

O abacaxi é uma fruta tropical que representa uma excelente opção de cultivo em regiões não tradicionais, podendo ser cultivado em diferentes biomas, como a Mata Atlântica, o

Agreste, o Semiárido e o Cerrado. O abacaxizeiro destaca-se por sua resistência, apresentando notável tolerância a estresses abióticos, especialmente a períodos prolongados de deficiência hídrica. No entanto, o seu cultivo comercial exige cuidados específicos em toda a cadeia produtiva e comercial (Reinhardt, 2021). No Brasil, as principais cultivares produzidas são “Smooth Cayenne” e “Pérola”, ambas suscetíveis à fusariose, principal doença que afeta a cultura no país (Cabral, 1999; Berilli *et al.*, 2014).

2.2 Abacaxicultura no Maranhão

No Maranhão, a abacaxicultura desempenha um papel fundamental no desenvolvimento social e econômico. O fruto é cultivado predominantemente em pequenas propriedades, majoritariamente administradas por agricultores familiares, que comercializam sua produção principalmente em feiras livres ou por meio de atravessadores que adquirem os frutos diretamente nas propriedades (Muniz *et al.*, 2018).

O estado é o quarto maior produtor do Nordeste e o oitavo do Brasil, segundo dados do IBGE (2022). A Mesorregião Central destaca-se como a mais tradicional no cultivo do abacaxi, com ênfase na cultivar “Pérola”, majoritariamente produzida no município de São Domingos do Maranhão, responsável por pouco mais de 79% da produção estadual (IBGE, 2022). Esse desempenho insere o Maranhão no mapa dos grandes produtores nacionais da cultura. Em relação à área plantada, São Domingos do Maranhão apresentou a maior extensão destinada à produção de abacaxi, com 1.950 hectares, correspondendo a 79% da área total e resultando em uma produção de 45.045.000 frutos. Na sequência, destacam-se os municípios de Turiaçu, com 240 hectares; Graça Aranha, com 126 hectares; e Lago dos Rodrigues, com 45 hectares (IBGE, 2022).

A variedade “Turiaçu” é nativa do município de Turiaçu, situado na Microrregião do Gurupi. Em 2006, iniciaram-se pesquisas de campo com essa cultivar, com o objetivo de estudar suas características botânicas, morfológicas e fitotécnicas, além de desenvolver tecnologias voltadas para a expansão e o fortalecimento da cadeia produtiva, bem como para a definição de um padrão de qualidade dos frutos (Araujo *et al.*, 2012).

O abacaxi cv. “Turiaçu” é um recurso vegetal originário do Maranhão, amplamente aceito no mercado estadual e com elevado potencial para inserção nos mercados nacional e internacional. A cultivar apresenta qualidade natural superior às demais e é altamente apreciada pelos consumidores, garantindo preços compensadores aos produtores. Entretanto, por ser majoritariamente cultivada por agricultores familiares, sua cadeia produtiva apresenta um nível

tecnológico inferior quando comparada ao sistema de produção da cv. “Pérola”, adotado em São Domingos do Maranhão (Aguiar Junior, 2014; Ramos *et al.*, 2020).

As cultivares “Pérola” e “Turiaçu” são os principais produtos da abacaxicultura no Maranhão. É importante destacar que, por serem cultivadas em regiões distintas, sob diferentes condições edafoclimáticas, especialmente em relação ao regime pluviométrico, e por se tratarem de culturas de sequeiro, suas safras coincidem minimamente. Dessa forma, a comercialização do abacaxi “Pérola” concentra-se entre os meses de abril e julho, enquanto a do “Turiaçu” ocorre de agosto a novembro (Aguiar Junior, 2014).

2.3 Nutrição do abacaxizeiro

2.3.1 Exigências nutricionais

O estado nutricional do abacaxizeiro exerce influência significativa no seu desenvolvimento, especialmente na fase de pré-floração, impactando diretamente a produção e a qualidade dos frutos. As exigências nutricionais da cultura variam ao longo do ciclo, desde o crescimento inicial até a formação da infrutescência e o ponto de colheita (Guarçoni; Ventura, 2011; Caetano *et al.*, 2013; Cunha *et al.*, 2019; Lisboa, 2022).

Diferentemente de outras espécies da mesma família, o abacaxizeiro possui hábito terrestre e extrai a maior parte dos nutrientes diretamente do solo por meio do sistema radicular. Entretanto, em contextos comerciais, uma fração significativa dessas exigências também pode ser suprida via aplicação foliar, contando, inclusive, com a absorção pelo sistema radicular axilar (Souza; Oliveira, 2021).

Uma planta é considerada altamente exigente em termos nutricionais quando requer quantidades de nutrientes superiores à capacidade de fornecimento da maioria dos solos cultivados, excetuando-se alguns solos virgens, recentemente desmatados ou em pousio prolongado. Essa elevada demanda justifica a necessidade da adubação em cultivos comerciais. A ordem decrescente de acumulação de macronutrientes pelo abacaxizeiro é potássio (K) > nitrogênio (N) > cálcio (Ca) > magnésio (Mg) > enxofre (S) > fósforo (P). Já entre os micronutrientes, a ordem de absorção é manganês (Mn) > ferro (Fe) > zinco (Zn) > boro (B) > cobre (Cu) (Souza; Oliveira, 2021).

O abacaxizeiro destaca-se por sua elevada exigência nutricional em comparação com culturas perenes ou anuais. Para garantir um crescimento adequado em todas as fases do ciclo, é essencial fornecer nutrientes que atendam às suas necessidades específicas. O nitrogênio e o

potássio desempenham papéis determinantes no crescimento vegetativo e na qualidade dos frutos, sendo imprescindível uma gestão eficiente desses nutrientes para maximizar a produtividade e a qualidade final (Martins; Ventura, 2011; Loures *et al.*, 2021).

O potássio (K) é considerado o elemento-chave para a qualidade dos frutos, uma vez que regula o transporte eficiente de sacarose no floema, influenciando diretamente a redistribuição dos fotoassimilados entre a fonte e o dreno. Assim, o K desempenha papel essencial no armazenamento de energia e na integridade estrutural da planta. A deficiência desse nutriente compromete não apenas o crescimento e a produtividade, mas também a qualidade dos frutos colhidos (Malavolta, 2006; Reis *et al.*, 2012; Taiz *et al.*, 2017).

O nitrogênio (N) é o segundo nutriente mais exigido pelo abacaxizeiro e possui um papel vital nos processos metabólicos da planta. Esse elemento compõe moléculas essenciais, como clorofila, aminoácidos e ácidos nucleicos, sendo indispensável para o crescimento vigoroso e o desenvolvimento saudável da cultura (Cardoso, 2017; Taiz *et al.*, 2017).

O cultivo do abacaxizeiro em solos ácidos pode limitar a absorção de fósforo (P), tornando-o indisponível para a planta (Vance; Stone; Allan, 2003). Embora seja o macronutriente menos extraído, sua deficiência pode prejudicar o desenvolvimento da cultura, uma vez que o fósforo está diretamente envolvido na diferenciação floral e no amadurecimento dos frutos (Botrel *et al.*, 1991; Irineu, 2019).

As estratégias de adubação do abacaxizeiro devem basear-se nos resultados das análises químicas do solo e/ou das folhas da planta, sendo a análise de solo a mais comumente utilizada no Brasil (Souza; Oliveira, 2021). A adubação de plantio pode ser realizada nas covas ou nos sulcos, enquanto a suplementação durante o crescimento vegetativo ocorre em cobertura (Reinhardt, 2021).

Em cultivos sem irrigação, prática predominante em diversas regiões produtoras, recomenda-se fracionar a aplicação de fertilizantes nitrogenados e potássicos em três etapas. Essas aplicações devem ocorrer entre 30 e 60 dias após o plantio e estender-se até 30 dias antes do tratamento de indução floral. Nessas condições, torna-se essencial considerar o regime pluviométrico da região para garantir a eficácia da adubação (Souza; Oliveira, 2021).

2.3.2 Diagnose e adubação foliar

A adubação foliar consiste na aplicação direta de nutrientes minerais, distribuídos em forma de solução, sobre as folhas das plantas, proporcionando uma via rápida e eficaz para a absorção desses elementos (Ishfaq *et al.*, 2022; Krishnasree; Raj; Chacko, 2021). Esse método

de fertilização promove uma distribuição homogênea dos nutrientes por meio de pulverizações e tem se consolidado como uma estratégia predominante na adubação, garantindo a oferta contínua de elementos essenciais ao longo do ciclo da planta e, conseqüentemente, contribuindo para a melhoria da qualidade dos frutos (Silva *et al.*, 2023).

Essa prática é amplamente adotada na abacaxicultura devido às características anatômicas da cultura, como a presença de parênquima aquífero e a arquitetura das folhas, que favorecem a absorção de nutrientes. Dessa forma, a adubação foliar configura-se como uma alternativa viável no manejo da cultura, promovendo a assimilação eficiente de nutrientes e estimulando o desenvolvimento das plantas (Bregonci *et al.*, 2008; Silva *et al.*, 2020).

A aplicação de fertilizantes foliares é especialmente utilizada para o fornecimento de nitrogênio, potássio e micronutrientes, sendo também uma estratégia viável para a suplementação de magnésio. No entanto, recomenda-se evitar as horas mais quentes do dia para a realização das pulverizações, além de controlar o escorrimento excessivo e a retenção de solução nas axilas foliares, a fim de minimizar o risco de queimaduras nas folhas (Souza; Reinhardt, 2009; Souza; Oliveira, 2021).

A avaliação do estado nutricional das plantas é fundamental para a eficiência da adubação, sendo realizada por meio do diagnóstico foliar e visual, em associação com a análise do solo (Féres, 2020). A folha é a estrutura mais comumente empregada nessa avaliação, pois apresenta maior concentração de nutrientes, permitindo uma análise representativa do estado nutricional da planta, especialmente em relação aos elementos essenciais para a fotossíntese (Bataglia; Santos, 2001; Freitas; Jiang; Mitcham, 2012).

A escolha da folha como indicador primário baseia-se na sua sensibilidade às variações nutricionais, tornando-a um elemento-chave na análise do estado nutricional das plantas (Bataglia; Santos, 2001; Freitas; Jiang; Mitcham, 2012). No caso do abacaxizeiro, a folha “D” é considerada a mais metabolicamente ativa e, por esse motivo, representa o principal parâmetro para avaliação do estado nutricional da cultura, sendo coletada preferencialmente antes da indução floral (Malézieux; Bartholomew, 2003; Silva, 2017; Souza; Oliveira, 2021).

A folha “D” localiza-se no caule do abacaxizeiro, formando um ângulo aproximado de 45° em relação a um eixo imaginário que passa pelo centro da planta. Para sua identificação no campo, recomenda-se agrupar manualmente todas as folhas, formando um feixe vertical no centro da planta, e observar quais apresentam maior comprimento. Essa metodologia facilita a identificação da folha “D” e otimiza os procedimentos de amostragem (Souza; Oliveira, 2021).

A coleta para análise foliar no abacaxizeiro deve ser realizada antes da indução floral, com a amostragem de 50 folhas por talhão. A folha “D”, geralmente a quarta a partir do ápice,

deve ser coletada, cortada em fragmentos de 1 cm de largura, eliminando-se a porção basal aclorofilada (Natale; Rozane, 2018). A interpretação dos teores de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) e micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn e Zn) foliares no abacaxizeiro pode ser realizada com base nas recomendações de Rajj *et al.* (1997) e Malavolta, Vitti e Oliveira (1997).

2.3.3 Adubação orgânica

Nos últimos anos, devido à expansão das áreas agrícolas cultivadas e à crescente necessidade de aumentar a produtividade e a qualidade dos produtos agrícolas, tem-se adotado a combinação de matéria orgânica e minerais na adubação de abacaxizeiros. O uso de adubos orgânicos melhora as propriedades químicas, físicas e biológicas do solo, favorecendo o aumento da capacidade de retenção de água e nutrientes, promovendo o desenvolvimento das plantas e influenciando as etapas fenológicas ao longo do ciclo de vida de diversas espécies. Além disso, essa prática contribui para a redução dos custos de produção, minimizando a necessidade de aquisição de insumos externos, como fertilizantes químicos (Irineu, 2019; Santos, 2021; Silva, 2015; Singh *et al.*, 2010).

Dentre as diversas fontes orgânicas disponíveis, destacam-se o esterco bovino, caprino, suíno, a cama de frango e o composto orgânico. Esses materiais são ricos em carbono e nutrientes, promovendo melhorias nas características do solo, especialmente em solos de textura arenosa, além de favorecerem o crescimento vegetativo do abacaxizeiro e influenciarem na qualidade do fruto (Irineu, 2019).

No grupo dos resíduos de origem animal, os dejetos de bovinos e aves são os mais utilizados na agricultura, sendo que os de origem aviária apresentam teores mais elevados de nitrogênio. Os estercos são compostos por excrementos sólidos e líquidos de animais, podendo ser misturados a restos vegetais. A baixa relação carbono/nitrogênio (C/N) do esterco de aves favorece a disponibilização eficiente da maioria dos nutrientes essenciais às plantas, especialmente o nitrogênio (Figueroa; Escosteguy; Wiethölter, 2012; Finato *et al.*, 2013).

Uma alternativa complementar para a adubação e suplementação nutricional em cultivos orgânicos tem sido a utilização de biofertilizantes, os quais podem ser aplicados diretamente no solo, via sistemas de irrigação ou pulverização foliar (Pinheiro, 2018).

Os biofertilizantes são produtos naturais enriquecidos com microrganismos e compostos resultantes do seu metabolismo, promovendo o crescimento vegetal por meio de diferentes mecanismos. Além disso, esses produtos frequentemente apresentam uma baixa relação C/N, o que facilita a rápida mineralização da matéria orgânica (Ansari; Tipre; Dave, 2015; Cas, 2009).

A aplicação de biofertilizantes tem se destacado como estratégia para mitigar os efeitos da degradação do solo. A matéria orgânica presente nesses insumos favorece a agregação das partículas do solo, aumentando a capacidade de troca de cátions e, conseqüentemente, a disponibilidade de nutrientes para as plantas. Além disso, os biofertilizantes desempenham um papel essencial ao fornecer nutrientes fundamentais para o crescimento e desenvolvimento vegetal, ao mesmo tempo em que servem de substrato para a biota do solo (Alencar *et al.*, 2015).

2.3.4 Papel do cálcio e boro na nutrição do abacaxizeiro

O íon cálcio (Ca^{2+}) desempenha duas funções fundamentais nas plantas. A primeira, de natureza estrutural/apoplástica, ocorre quando o Ca^{2+} se liga a grupos de ácidos lipídicos da membrana celular. A segunda está relacionada ao seu papel como mensageiro secundário, regulando processos fisiológicos e bioquímicos intracelulares e fornecendo respostas a estresses causados por fatores abióticos (Taiz *et al.*, 2017; Wang *et al.*, 2021).

O cálcio desempenha um papel central no metabolismo celular das plantas, regulando processos que abrangem desde a resposta a estímulos externos até a comunicação intracelular. A literatura especializada aponta uma interação entre a sinalização do Ca^{2+} e diversas vias de transdução de sinais, incluindo aquelas mediadas por segundos mensageiros, além de hormônios como o ácido abscísico, o jasmonato e a auxina. Nesse contexto, as variações temporais e espaciais nos níveis de Ca^{2+} são indispensáveis para a ativação de respostas celulares específicas (Pirayesh *et al.*, 2021; Allan; Morris; Meisrimler, 2022).

Predominantemente presente na lamela média da parede celular, o cálcio confere estabilidade estrutural, influenciando características como textura, firmeza e o processo de maturação dos frutos. A insuficiência desse elemento em tecidos vegetais está intimamente relacionada a distúrbios fisiológicos e ao aparecimento de podridões, frequentemente responsáveis por perdas econômicas, especialmente em folhas e frutos (Taiz *et al.*, 2017; Wang *et al.*, 2021; De Sá *et al.*, 2024).

Devido à baixa mobilidade do cálcio nas plantas, os sintomas de sua deficiência manifestam-se predominantemente nas regiões de crescimento de novos tecidos, como os meristemas apicais das raízes e do caule. Além disso, a carência desse nutriente pode resultar na queda de flores e no surgimento de diversos distúrbios fisiológicos em frutos. No abacaxi, o suprimento adequado de cálcio desempenha papel fundamental na firmeza do fruto, no aumento da vida pós-colheita e na translucidez da polpa (Saure, 2005; Aghdam *et al.*, 2012; Matos *et al.*, 2021).

O boro (B) é um nutriente essencial para as plantas, atuando em funções estruturais e fisiológicas, como a formação e estabilidade da parede celular, o transporte de elétrons e o metabolismo de carboidratos, fenóis e auxinas. Esse elemento também influencia o crescimento radicular, a fixação de nitrogênio, a assimilação de nitratos, além da reprodução e da resistência a doenças. No solo, o boro disponível para as plantas geralmente encontra-se em níveis insuficientes ou excessivos (Arunkumar *et al.*, 2018; Pereira *et al.*, 2021; Vera-Maldonado *et al.*, 2024).

Além de ser essencial para o crescimento e desenvolvimento vegetal, o boro participa dos processos de germinação do pólen e alongamento dos tubos polínicos, formando complexos com manitol, manano, ácido polimanurônico e outros constituintes das paredes celulares. Esse elemento também está envolvido no alongamento celular, no metabolismo de ácidos nucleicos, nas respostas hormonais, na função da membrana e na regulação do ciclo celular (Srivastava; Gupta, 1996; Taiz *et al.*, 2017).

O boro, reconhecido como um nutriente essencial, está presente em todo material vegetal, e sua biodisponibilidade pode influenciar diretamente os teores do elemento nas plantas. Trata-se de um mineral ubíquo, naturalmente presente em combinação com oxigênio na água do mar, na água doce, em rochas e no solo (Nielson, 2016).

2.4 Deficiências nutricionais e desordens fisiológicas no abacaxizeiro

As perdas predominantes de nutrientes nos sistemas agrícolas decorrem do processo de lixiviação, no qual os nutrientes distribuídos são transportados pela água. Em solos da região amazônica, caracterizados por elevada acidez e fertilidade natural de baixa a média, a lixiviação de nutrientes pode ser atenuada por meio da aplicação de calcário, composto por CaO, CaCO₃ e Ca(OH)₂. Essa prática tem como objetivo aproximar o solo da neutralidade, uma vez que muitos elementos minerais tendem a formar compostos de menor solubilidade em condições de pH superiores a 6 (Chitarra; Chitarra, 2005; Taiz *et al.*, 2017).

A exigência de micronutrientes pelas culturas pode atingir um nível em que se torna essencial sua incorporação ao solo por meio de fertilizantes. Solos ácidos e arenosos em regiões úmidas, por exemplo, frequentemente apresentam deficiência de boro, cobre, zinco, manganês, molibdênio ou ferro. Dessa forma, torna-se necessária a introdução desses nutrientes nos sistemas de produção agrícola em regiões tropicais (Taiz *et al.*, 2017).

De acordo com Carpena *et al.* (2000), a aplicação de Ca²⁺ em plantas cultivadas com suprimento adequado de boro não interfere na distribuição desse micronutriente na planta. No

entanto, destaca-se que um alto fornecimento de cálcio pode influenciar positivamente a absorção de boro. A interação entre cálcio e boro com pectinas resulta na formação de polímeros reticulados, os quais conferem maior firmeza aos constituintes da parede celular (Dong; Wrolstad; Sugar, 2000; Pinheiro, 2018).

A deficiência de cálcio em plantas de abacaxi manifesta-se por meio de folhas curtas, estreitas e quebradiças, com entrenós notavelmente reduzidos. Em casos graves, as folhas mais jovens da roseta foliar apresentam danos nas pontas, assemelhando-se aos impactos causados por ataques de gafanhotos. Esse quadro pode resultar na morte do ápice, seguida pelo desenvolvimento de múltiplas brotações na planta. Além disso, a carência de cálcio não apenas favorece o crescimento anormal (fasciação), mas também estimula a produção de vários pequenos frutos em uma mesma planta (Matos *et al.*, 2021).

No abacaxizeiro, os sintomas da deficiência de boro (B) manifestam-se de diversas formas. Plantas com deficiência desse micronutriente apresentam folhas mais estreitas e rígidas em comparação às plantas saudáveis, além de pontas secas. Os frutos resultantes são menores, apresentam formato arredondado e possuem polpa fibrosa. Além disso, podem apresentar coroas múltiplas e formações corticosas ao redor dos frutinhos. A deficiência de boro impacta negativamente a produtividade, sendo evidenciada tanto pela aparência corticosa quanto pela redução do tamanho dos frutos. Ressalta-se que esses sintomas ocorrem devido à insolubilidade do boro no solo, a qual pode ser causada por condições de seca ou por um pH excessivamente elevado (Matos *et al.*, 2021; Souza; Oliveira, 2021; Souza; Reinhardt, 2007).

Segundo Pinheiro (2018), apesar da relevância da cultivar “Turiaçu” para a produção agrícola no Maranhão e de seu elevado potencial para a expansão em novos mercados, a presença de lesões corticosas na casca dos frutos constitui um desafio significativo. Essas lesões, aparentemente decorrentes de uma desordem fisiológica possivelmente associada à deficiência de boro, impactam o valor comercial da cultivar “Turiaçu” e dificultam sua aceitação em novos mercados, uma vez que geram desconfiança entre os consumidores quanto à qualidade do produto.

Ainda segundo Pinheiro (2018), a análise de frutos de abacaxi “Turiaçu” provenientes de áreas de cultivo onde foi aplicada adubação com boro revelou que a alta incidência dessas lesões constitui um problema generalizado na região, sendo mais severo em cultivos que não recebem qualquer tipo de adubação.

Santos (2013) identificou que as lesões corticosas estão presentes em todos os frutos, caracterizando-se como uma característica intrínseca da cultivar “Turiaçu”. No entanto, ao trabalhar com diferentes doses de boro, o autor observou que a aplicação desse micronutriente

promoveu uma redução significativa no número de lesões corticosas, melhorando, assim, a aparência do fruto.

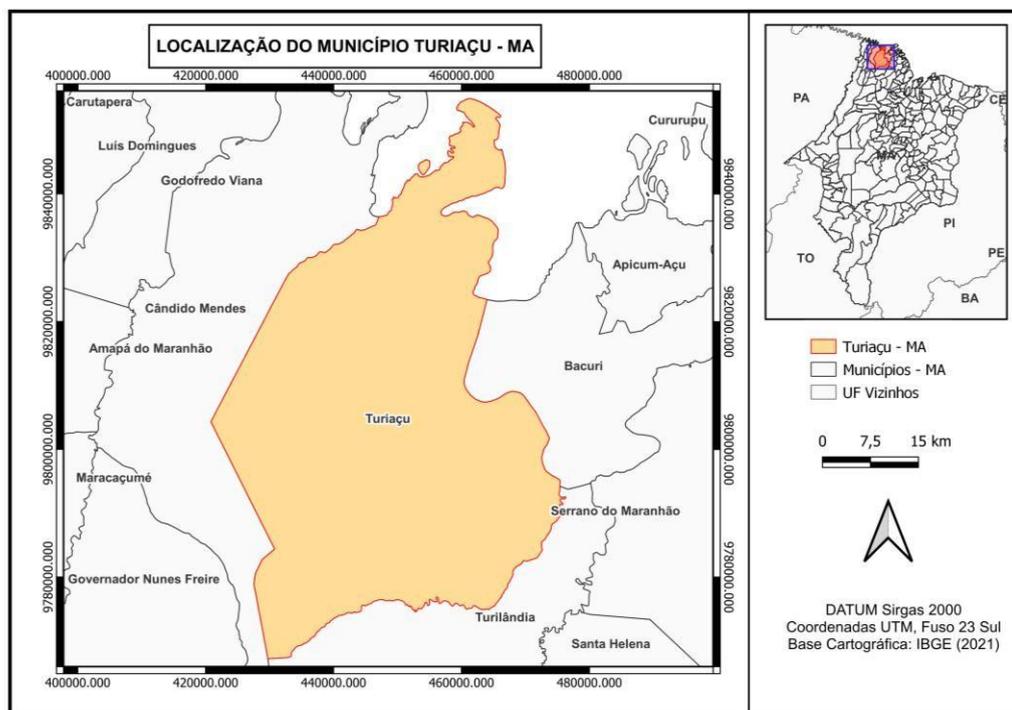
3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local do experimento

O experimento foi conduzido em campo, no povoado Serrinha, localizado no município de Turiaçu – MA, pertencente à Microrregião do Gurupi e à Mesorregião Oeste do estado, inserido no Bioma Amazônia (Figura 1). Nesse município, o cultivo do abacaxi cv. Turiaçu é tradicionalmente realizado por agricultores familiares. O povoado Serrinha está situado nas coordenadas geográficas de latitude $01^{\circ} 37' 52,7''$ S e longitude $45^{\circ} 30' 28,0''$ W, a uma altitude de 46 metros, distando aproximadamente 18 km da sede municipal. O município de Turiaçu, por sua vez, encontra-se a 205 km de São Luís, acessível por via marítima.

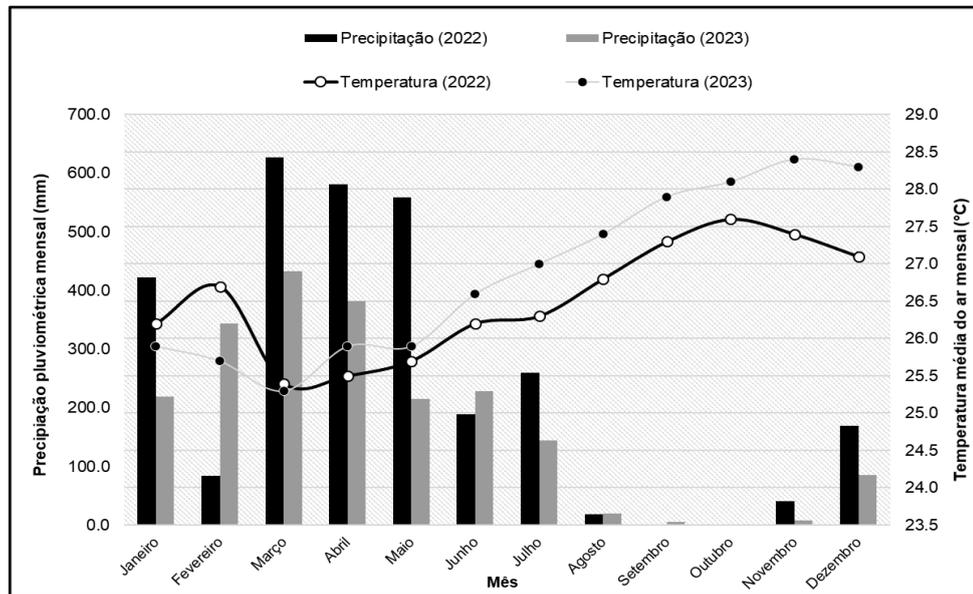
De acordo com a classificação climática de Köppen, a área de estudo está sob influência do clima Aw' (tropical chuvoso), caracterizado por temperaturas médias anuais variando entre 26 e 27°C e precipitação pluviométrica anual entre 2.000 e 2.400 mm (Figura 2). A precipitação total acumulada nos anos de 2022 e 2023 foi de 2.953 mm e 2.085 mm, respectivamente, conforme dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2024).

Figura 1 - Mapa do município de Turiaçu – MA



Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 2 - Precipitação pluviométrica e temperaturas médias mensais, do município de Turiagu - MA, de janeiro 2022 a dezembro 2023. São Luís- MA, 2024



Fonte: INMET (2024).

Os solos da região são predominantemente classificados como Plintossolo Argilúvico Distrófico, Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico e Neossolo Litólico Distrófico. Os plintossolos são comuns na área e apresentam características concrecionárias, sendo ricos em argila do tipo 2:1, além de conterem plintita e petroplintita. Em muitas localidades, a superfície do solo é recoberta por cascalhos. Esses solos apresentam boa drenagem em áreas mais elevadas; no entanto, são majoritariamente de baixa fertilidade, com destaque para os baixos teores de fósforo (Aguiar Júnior, 2014; Luz, 2017).

3.2 Tratamentos e delineamento experimental

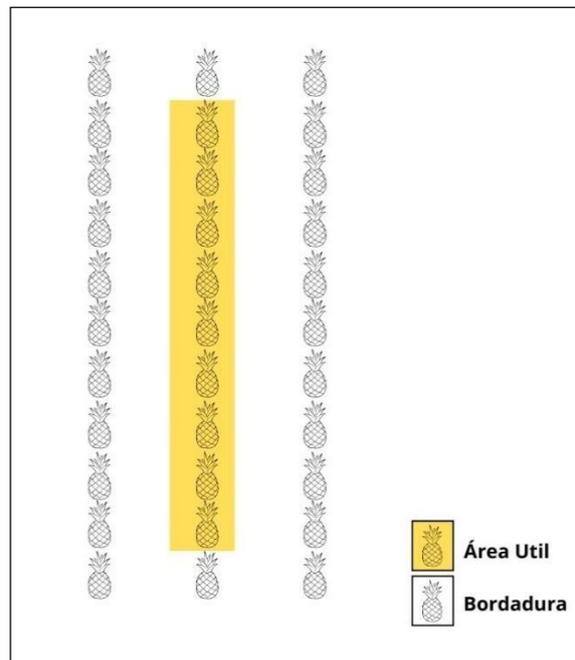
O experimento foi conduzido em delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições e oito tratamentos (Tabela 1), totalizando 32 parcelas experimentais. Cada parcela possuía dimensões de 3×3 m, compostas por três fileiras, com 11 plantas por fileira, totalizando 33 plantas por parcela. A área útil foi definida pela fileira central, composta por nove plantas, conforme a Figura 3.

Tabela 1 - Descrição dos Tratamentos

Tratamento	Descrição
T1	Controle (P fundação + adubação de cobertura (N e K) aplicada em 4 parcelas)
T2	Calagem + P fundação + adubação de cobertura (N e K) aplicada em 4 parcelas
T3	Boro em fundação + P fundação + adubação de cobertura (N e K) aplicada em 4 parcelas
T4	Calagem + Boro fundação + P fundação + adubação de cobertura (N e K) aplicada em 4 parcelas
T5	P fundação + Adubação foliar (B, Ca) + adubação de cobertura (N e K) aplicada em 4 parcelas
T6	Calagem + P fundação + adubação foliar (B, Ca) + adubação de cobertura (N e K) aplicada em 4 parcelas
T7	Calagem + P fundação + adubação orgânica (esterco de aves) + adubação de cobertura (biofertilizante) aplicado em 5 vezes
T8	P em fundação + adubação orgânica (esterco de aves) + adubação de cobertura (biofertilizante) aplicado em 5 vezes

Fonte: elaborado pelo próprio autor.

Figura 3 - Esquema da parcela experimental (área útil e bordadura)



Fonte: elaborado pelo autor.

3.3 Seleção e preparo da área

O experimento foi realizado em uma propriedade rural pertencente a um produtor associado à Cooperativa de Produtores de Abacaxi e de Demais Frutas de Turiaçu (COOPERFRUTT). A área experimental possui um perímetro de 116 m e uma área total de

841m² (29m × 29m). A área estava em pousio há um ano, após cultivo anterior de abacaxi cv. Turiçu. Em dezembro de 2021, foi realizada a roçagem da área utilizando roçadeira, seguida de capina manual com o uso de enxadas, sem o processo de queima, com o objetivo de remover a vegetação rasteira e restos culturais. Em sequência, o solo foi nivelado manualmente com o uso de enxadas, visando preservar sua estrutura natural. Uma nova limpeza foi realizada dias antes do plantio, com a retirada das plantas espontâneas que surgiram.

No decorrer desse período, foi realizada a primeira coleta de amostra de solo, composta por 20 pontos aleatórios, utilizando trado, na camada de 0-20 cm, para a determinação das características físicas e químicas do solo. Uma segunda amostragem foi realizada em maio de 2022, 60 dias após a calagem, nas parcelas que receberam correção (tratamentos T2, T4, T6 e T7), com o intuito de avaliar a eficácia da correção do solo, em termos de saturação por bases, concentração de cálcio e magnésio, pH e V%. As análises laboratoriais foram conduzidas no Laboratório de Química e Física de Solos da Universidade Estadual do Maranhão, de acordo com os procedimentos descritos no Manual de Métodos de Análise de Solos da EMBRAPA (Teixeira *et al.*, 2017), e os resultados estão apresentados nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 2 - Resultados da análise química de solo da área experimental, antes da calagem

Prof.	MO	pH	P	K	Ca	Mg	Na	SB	Al	H	CTC	V
(cm)	g/dm ³	CaCl ₂	mg/dm ³	mmol _c /dm ³							%	
0-20	26	3,5	2,0	2,9	4,0	3,0	5,3	15,2	10,0	53,0	78,2	19,4

Fonte: elaborado pelo próprio autor.

Tabela 3 - Resultados da análise química de solo da área experimental, após a calagem

Prof.	MO	pH	P	K	Ca	Mg	Na	SB	Al	H	CTC	V
(cm)	g/dm ³	CaCl ₂	mg/dm ³	mmol _c /dm ³							%	
0-20	29	4,9	25	3,5	25	10	6,4	44,9	0	16	60,9	73,7

Fonte: elaborado pelo próprio autor.

O solo apresenta textura franco-siltosa, com a seguinte composição granulométrica: 4% de areia grossa, 20% de areia fina, 63% de silte e 13% de argila, resultando em uma relação silte/argila de 4,8.

3.4 Correção do solo

A calagem foi realizada 60 dias antes do plantio, com o objetivo de elevar a saturação por bases (V%) para 50% (Raij *et al.*, 1997). A necessidade de calcário foi determinada com

base nos resultados da análise química do solo (Tabela 2) e nas recomendações de Spironello e Furlani (1997). Utilizou-se calcário dolomítico a uma dose de 2,6t/ha, com PRNT de 92,38%, e teores de 32% de CaO e 15% de MgO. A aplicação e incorporação do calcário foram realizadas manualmente, com uso de enxada, exclusivamente nas parcelas que receberam a correção (tratamentos T2, T4, T6 e T7), conforme descrito na Tabela 1, item 3.2. Em cada parcela de 9,0m², foi aplicada a dose de 2.400g de calcário (Figura 4).

Figura 4 - Vista aérea da área experimental com as parcelas corrigidas com calcário (A) e detalhe da parcela com calcário incorporado (B)

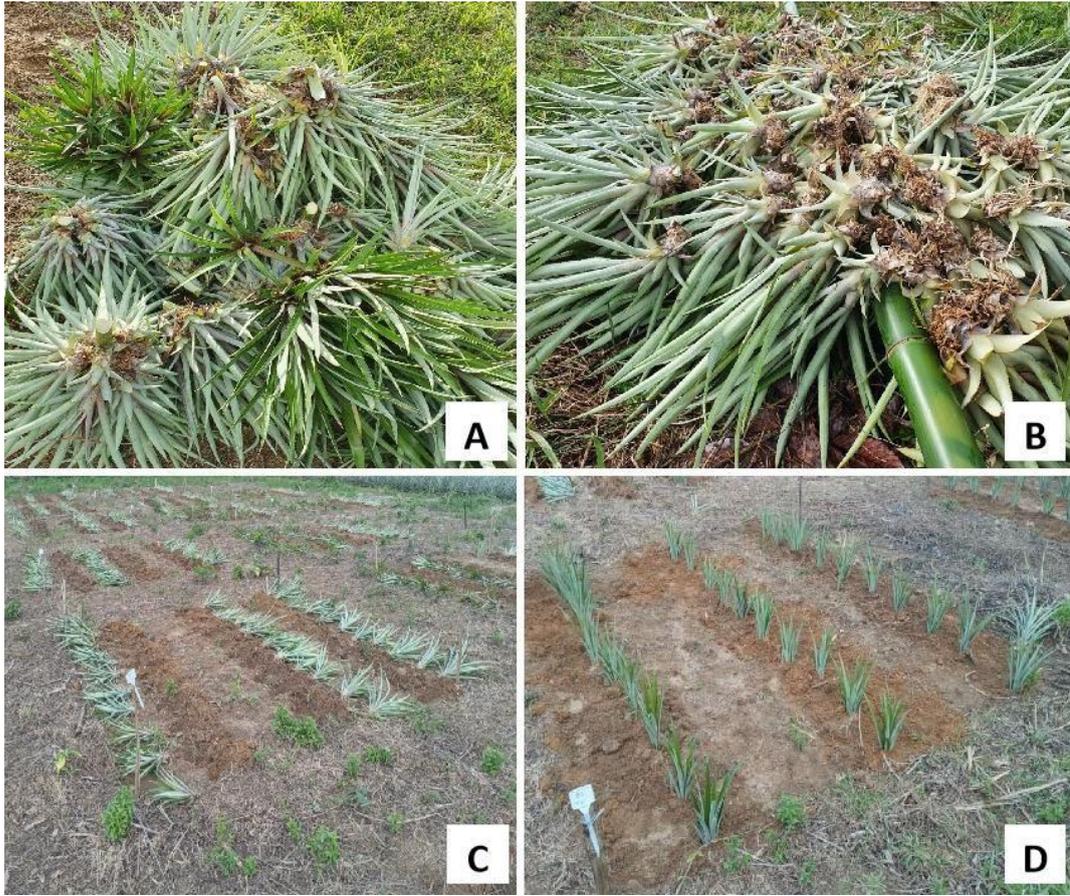


Fonte: acervo do autor.

3.5 Plantio, adubação e condução do experimento

O plantio foi realizado no início de maio de 2022, de forma manual, em covas individuais, com uma profundidade de 15 cm. Foram utilizadas mudas tipo filhotes da variedade “Turiaçu” tradicional, sadias, vigorosas e selecionadas com comprimento entre 30 e 35 cm, e que passaram por 5 dias de cura à meia sombra (Figura 5A e 5B). O espaçamento adotado foi de 1,0 x 0,30 m, resultando em uma densidade de 33.000 plantas por hectare, baseado em recomendações de Aguiar Júnior e Araujo (2009).

Figura 5 - Cachos de mudas tipo filhote (A), mudas selecionadas e curadas antes do plantio (B), mudas distribuídas ao lado das covas (C), e parcela com as mudas plantadas em três fileiras (D)



Fonte: acervo do autor.

Após o plantio, a borda de todas as parcelas foi delimitada e isolada por meio de uma valeta com profundidade entre 15 e 20cm, com o objetivo de evitar a contaminação do calcário e dos fertilizantes entre as parcelas, além de controlar a possível erosão superficial.

Para a adubação, foi adotada a recomendação de 500 kg de N, 120 kg de P_2O_5 , 400 kg de K_2O e 10 kg de B por hectare, conforme os níveis indicados pelo Boletim 100 (Teixeira; Quaggio, 2022). Esses valores foram estabelecidos com base nos resultados da análise de solo (Tabela 2) e considerando a faixa de produtividade esperada de 40 a 50 t/ha.

O fósforo e o boro foram aplicados conjuntamente na adubação de fundação, em dose total, na forma de superfosfato triplo (45% de P_2O_5) e de ácido bórico (17% de B), utilizando-se 9 g e 1,8 g por cova, respectivamente. O fósforo foi aplicado em todos os tratamentos, enquanto o boro foi utilizado apenas nas parcelas dos tratamentos T3 e T4 (Tabela 1).

Nos tratamentos com adubação orgânica (T7 e T8), seguiu-se a recomendação de 16.500 L ha^{-1} de esterco de aves, sendo aplicada, na adubação de fundação, a quantidade de 0,5 L por cova. Antes da aplicação, o adubo orgânico foi avaliado quanto à sua composição química, conforme a metodologia descrita por Tedesco *et al.* (1995) (Tabela 4).

Tabela 4 - Resultados da análise química do esterco de aves

MO	pH	P	K	Ca	Mg	Na	SB	Al	H	CTC	C	V
g/dm ³	CaCl ₂	mg/dm ³	mmol _e /dm ³							g/dm ³	%	
201	8,0	64	22,2	203	107	35,5	367,7	6	0	373,7	116,5	98,4

Fonte: elaborado pelo próprio autor.

A adubação de cobertura com N e K foi utilizada em todos os tratamentos, com exceção de T7 e T8, sendo aplicados sulfato de amônio (20% de N e 23% de S) e cloreto de potássio (60% de K₂O), respectivamente. Com base na recomendação, foi aplicada uma mistura de 18,0 g de sulfato de amônio e 6,0 g de cloreto de potássio por planta, parcelada em quatro aplicações, realizadas aos 2, 4, 6 e 8 meses após o plantio. Na primeira adubação, a dose de fertilizantes foi depositada ao lado das plantas, enquanto, nas demais, foi distribuída na axila das folhas basais. Após cada aplicação, procedeu-se à amontoa das plantas, com o objetivo de proteger os nutrientes da erosão, especialmente no período chuvoso.

Para a adubação foliar à base de cálcio e boro nos tratamentos T5 e T6 (Tabela 1), foi utilizado o produto MS Florada (Ubyfol), na dose recomendada de 1.000 g ha⁻¹, cuja composição inclui 1% de K₂O, 13% de cálcio e 8,0% de boro. O fertilizante foi aplicado via foliar, na concentração de 0,5%, em dois estádios de desenvolvimento das plantas: 2 meses antes da indução e 2 meses após a indução floral, sendo utilizada a quantidade de 20 mL da solução por planta.

Para a adubação de cobertura nos tratamentos com adubação orgânica (T7 e T8), foi empregado um biofertilizante na concentração de 25 mL L⁻¹ de água, acrescido do espalhante Tween 20 (0,5 mL L⁻¹), aplicado via foliar aos 2, 4, 6, 8 e 10 meses após o plantio. A aplicação foi realizada na dose de aproximadamente 40 mL de calda por planta. O biofertilizante foi produzido pelo Núcleo de Agroecologia e Produção Orgânica (NEAPO) da Universidade Estadual do Maranhão, conforme a metodologia descrita por Marrocos *et al.* (2012). O produto foi obtido por fermentação anaeróbica (40 dias), a partir da diluição, em 10 L de água, dos seguintes componentes: 2,0 kg de esterco bovino, 0,20 kg de cana triturada, 0,10 kg de cinzas de madeira, 0,10 kg de fosfato de rocha, 0,05 kg de ácido bórico, 0,04 kg de sulfato de zinco e 0,20 L de leite bovino.

A indução do florescimento foi realizada aos 12,5 meses de idade das plantas, por meio da aplicação de Ethrel® (produto comercial contendo 24% de Etephon) na roseta foliar, no período da tarde, após as 16 horas. A dose utilizada foi de 5,0 mL L⁻¹ de água, com um volume de 40 mL da solução por planta.

Durante todo o ciclo da cultura, foram realizadas capinas mensais nas parcelas, a fim de evitar a competição com ervas espontâneas. As ruas entre blocos e entre parcelas foram mantidas roçadas com o uso de roçadeira manual.

3.6 Avaliações e análises realizadas

3.6.1 Desenvolvimento das plantas

No estágio vegetativo, aos 10,5 meses após o plantio, foi realizada a coleta de folhas do tipo “D” para avaliação do desenvolvimento e biometria. Foram coletadas três folhas da área útil da parcela, em plantas alternadas na fileira (uma folha por planta), as quais foram acondicionadas em sacos de papel e armazenadas em caixa térmica.

No Laboratório de Pós-Colheita (LAPOC)/DFF/CCA, foram avaliadas as seguintes variáveis: comprimento (cm), medido com fita métrica desde a base da folha (parte aclorofilada) até o ápice; largura (cm), determinada com fita métrica na base, no terço mediano e no terço terminal da folha; massa fresca e massa seca (g), correspondendo, respectivamente, à massa da folha imediatamente após a coleta no campo e à massa obtida após secagem por 72 horas em estufa a 70°C.

No estágio de produção e reprodução, foi realizada a avaliação das plantas situadas na fileira central (nove plantas), considerando-se as seguintes variáveis: altura da planta (cm), medida desde a base até a extremidade do pedúnculo; e contagem do número de mudas do tipo “filhote” por planta.

3.6.2 Determinação de clorofila e carotenóides

Por ocasião da indução floral, aos 12,5 meses após o plantio, foi realizada a coleta de folhas do tipo “D” para a determinação dos teores de clorofilas e carotenóides totais, por meio de processo destrutivo, conforme o método de Hendry e Grime (1993). Foram coletadas três folhas da área útil da parcela, em plantas alternadas na fileira (uma folha por planta). Da região central de cada folha, destacou-se uma porção de 10 cm, a qual foi envolvida em papel alumínio, revestida com saco de papel e armazenada em caixa térmica.

No Laboratório de Ciências Ambientais e Biodiversidade da UEMA, foram retiradas amostras de discos foliares, seguidas da pesagem do material (50 mg). Posteriormente, o material foi macerado e transferido para recipientes específicos, nos quais foram adicionados 5

mL de acetona 80% (v/v) para extração. Os recipientes permaneceram sob refrigeração (8°C) por 12 horas, com agitação diária dos tubos por 30 segundos. Após esse período, o material foi filtrado, e as leituras de absorvância foram obtidas em espectrofotômetro nos comprimentos de onda de 663 nm para a clorofila “a”, 645 nm para a clorofila “b” e 480 nm para os carotenoides. Os teores de clorofila a, clorofila b, clorofila total (a+b) e carotenoides foram calculados por meio das fórmulas de Lichtenthaler (1987), conforme apresentado a seguir:

$$\text{Clorofila } a = \frac{(12,7 \times A_{663} - 2,69 \times A_{645}) \times V}{MF} \quad (\text{mg. g}^{-1} \text{ MF}) \quad (1)$$

$$\text{Clorofila } b = \frac{(22,9 \times A_{645} - 4,68 \times A_{663}) \times V}{MF} \quad (\text{mg. g}^{-1} \text{ MF}) \quad (2)$$

$$\text{Clorofila total} = \frac{(8,02 \times A_{663} + 20,2 \times A_{645}) \times V}{MF} \quad (\text{mg. g}^{-1} \text{ MF}) \quad (3)$$

$$\text{Carotenóides} = \frac{(A_{480} + 0,114 \times A_{663} - 0,638 \times A_{645}) \times V \times 10^3}{112,5 \times MF} \quad (\mu\text{mol. g}^{-1} \text{ MF}) \quad (4)$$

Em que:

- A_{480} , A_{663} e A_{645} = leituras das absorvâncias nos comprimentos de onda de 480 nm, 663 nm e 645 nm, respectivamente;
- V = volume de acetona a 80% utilizado no processo de extração;
- MF = massa da matéria fresca.

3.6.3 Teores foliares de macronutriente e micronutrientes

Para o diagnóstico dos teores de nutrientes foliares do abacaxizeiro, utilizou-se a folha “D”, caracterizada como completamente expandida, recém-madura e posicionada a 45° em relação ao eixo da planta, conforme as recomendações de Souza e Oliveira (2021). A amostragem dessa folha foi realizada no período da indução floral, aos 12,5 meses após o plantio, entre 8h e 9h da manhã. Foram coletadas três folhas da área útil da parcela, em plantas alternadas na fileira (uma folha por planta). Ainda em campo, a porção aclorofilada foi cortada e descartada, e as folhas foram higienizadas com algodão umedecido. Em seguida, as amostras foram acondicionadas em sacos plásticos e armazenadas em caixa térmica.

No Laboratório de Pós-Colheita (LAPOC), o preparo das amostras de tecidos vegetais para a determinação de macro e micronutrientes consistiu na lavagem e secagem em estufa de circulação de ar forçada por 72 horas, a uma temperatura entre 68 e 72°C. Posteriormente, as amostras foram moídas em moinho de facas de aço inox, pesadas em balança de precisão e acondicionadas em tubos Falcon.

A digestão nítrico-perclórica foi realizada para a determinação dos teores de macronutrientes e micronutrientes (P, K, Ca, Mg, S, B, Zn, Cu, Mn e Fe). Para isso, 0,5 g do material moído foi pesada e transferida para tubos de digestão. Em seguida, adicionaram-se 10 mL da mistura de ácido nítrico e ácido perclórico, na proporção 4:1, dentro de uma capela de exaustão. O material foi aquecido gradativamente em chapa quente pré-aquecida a 80°C, até atingir a temperatura de 200°C. Após a obtenção de um extrato cristalino, os tubos foram retirados da chapa e resfriados. Em seguida, o volume foi completado para 25 mL com água deionizada.

A quantificação dos minerais foi realizada por espectrometria de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado (ICP-OES; Perkin Elmer, modelo Optima 8300 DV). O equipamento foi calibrado com solução multielementar na mesma matriz das amostras, em diferentes intervalos de concentração, conforme apresentado na Tabela 5 (Sarruge; Haag, 1974).

Tabela 5 - Concentração da solução multielementar

Nutriente	Concentração
K	3 a 300 mg/L
Ca	2,4 a 240 mg/L
Mg	2,0 a 200 mg/L
S e P	0,8 a 80 mg/L
Fe	0,4 a 40 mg/L
Mn	0,2 a 20 mg/L
Cu, Zn e B	0,02 a 2 mg/L

Fonte: elaborado pelo próprio autor.

Para a determinação da concentração de nitrogênio, o tubo contendo o extrato foi transferido do bloco digestor para o destilador Kjeldahl. Em seguida, foram adicionados 25 mL de NaOH e iniciou-se o processo de destilação. Durante a reação do íon amônio (NH_4^+) com a base, ocorre a liberação de amônia (NH_3), que é arrastada pelo vapor d'água até um erlenmeyer de 50 mL contendo 20 mL de solução indicadora de ácido bórico. O ácido bórico fornece um íon H^+ para a recomposição do NH_4^+ , permitindo sua quantificação por titulação com solução de HCl 1N, utilizando-se uma microbureta.

3.6.4 Incidência de lesões corticosas nos frutos

Para a determinação do número e da tipificação das lesões na casca, foram coletados seis frutos por parcela em cada tratamento, nos estádios de maturação entre pintado e colorido, totalizando 192 frutos avaliados. A colheita dos frutos para análise das lesões ocorreu a partir dos 16 meses, com variação conforme o tratamento. Posteriormente, os frutos foram acondicionados em sacos de polietileno de 30 L, armazenados em caixas plásticas e transportados para o Laboratório de Pós-Colheita.

No laboratório, os frutos foram submetidos individualmente à contagem das lesões corticosas típicas diretamente na superfície da casca, seguindo a metodologia descrita por Santos (2013). Para evitar contagens duplicadas no mesmo fruto, cada lesão foi identificada com um marcador permanente, contornando-se sua área com um círculo. As lesões corticosas típicas (LCT), classificadas como lesões graves, apresentam-se como rachaduras ou fendilhamentos entre os frutinhos (Figura 6), frequentemente associadas a erupções de excrescência corticosa de coloração pardo-escuro. Essas lesões resultam em cavidades irregulares de forma não definida, por vezes abertas, podendo atingir até 1 cm de extensão.

Figura 6 – Detalhe de uma Lesão Corticosa Típica (LCT) em fruto de cv. Turiaçu, Turiaçu, Maranhão



Fonte: acervo do autor.

3.6.5 Características físico-biométricas de frutos

Para a análise das características físicas e biométricas dos frutos, foram avaliados seis frutos por parcela, colhidos no estágio de maturação descrito no item 3.6.4. Foram mensurados os seguintes parâmetros: comprimento do fruto com coroa e da infrutescência (cm); comprimento da coroa (cm); diâmetros da base, do terço mediano e do ápice do fruto (cm); diâmetro do eixo central (cm); massa dos frutos com coroa e da infrutescência; massa da coroa (g); massa da casca (g); massa da polpa (g); e rendimento de polpa (%). O rendimento de polpa (%) foi determinado por meio da seguinte expressão:

$$[RP = MP/MFc \times 100] \quad (5)$$

Onde:

- RP = Rendimento de polpa (%);
- MP = Massa da polpa (g);
- MFc = Massa do fruto com coroa (g).

3.7 Análises estatísticas

Os valores médios das variáveis foram organizados em planilhas do Excel. Após verificar o atendimento às pressuposições da ANOVA, os dados foram submetidos à Análise de Variância (ANOVA) e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Os dados de contagem foram transformados por meio da raiz quadrada de $(x + 0,5)$. O número de lesões corticosas também foi organizado em gráfico de frequência (%) em função das classes de incidência. As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do software AgroEstat v.1.1.0.712 rev 77 (Barbosa; Maldonado Júnior, 2015).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Crescimento das plantas e teores de pigmentos nas folhas

Os resultados da análise estatística revelaram que o comprimento e a largura da folha “D” aos 10,5 meses após o plantio foram significativamente afetados pelos tratamentos com adubação (Tabela 6). Observou-se diferença significativa entre os tratamentos com adubação mineral (Calagem + NPK; B solo + NPK; Calagem + B solo + NPK; B e Ca foliar + NPK; e Calagem + B e Ca foliar + NPK), incluindo o controle, em comparação aos tratamentos com adubação orgânica (Calagem + AO + BIO e AO + BIO). Vale ressaltar que o crescimento das folhas do abacaxizeiro tem implicações significativas na fisiologia da planta, refletindo diretamente na produtividade e na qualidade dos frutos de abacaxi (Souza; Oliveira, 2021).

Tabela 6 - Valores médios de variáveis de crescimento da folha D de plantas de abacaxi ‘Turiaçu’, sob adubação mineral e orgânica. São Luís - MA, 2024

Tratamento	Comprimento (cm)	Largura da base (cm)	Largura do meio (cm)
Controle	84,02 a	6,85 abc	4,96 a
Calagem + NK	84,61 a	7,99 a	4,91 a
B solo + NK	81,85 a	7,13 abc	5,19 a
Calagem + B solo + NK	83,42 a	7,52 ab	4,93 a
B e Ca foliar + NK	87,84 a	7,97 a	5,11 a
Calagem + B e Ca foliar + NK	82,54 a	7,05 abc	5,07 a
Calagem + AO + BIO	66,27 b	5,73 c	4,00 b
AO + BIO	62,72 b	5,91 bc	3,84 b
P	0,0001	0,0007	0,0001
CV(%)	5,58	9,96	7,52

Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. B: Boro; Ca: Cálcio; AO: adubação orgânica; BIO: Biofertilizante foliar.

Fonte: elaborado pelo próprio autor.

A adubação mineral de base, com fósforo e boro, com ou sem calagem, associada à adubação de cobertura com nitrogênio e potássio, influenciou positivamente as plantas em comparação à adubação com esterco de aves associada ao biofertilizante. Isso é confirmado pelo tratamento controle, que foi manejado apenas com a presença de fósforo na fundação e cobertura com N e K parcelados em quatro vezes. Vale ressaltar que o fósforo parece ser o nutriente limitante à cultura, e o nível no solo foi considerado muito baixo (Tabela 2). Por outro lado, os tratamentos com adubação orgânica apresentaram baixa eficiência nas respostas dessas variáveis.

Os resultados obtidos sugerem que os diferentes tratamentos impactam de forma distinta o desenvolvimento foliar, evidenciando a importância de considerar o tipo de adubação para otimizar o crescimento das plantas. A variação nos resultados entre os tratamentos é relevante para orientar práticas de manejo da adubação da cultura em estudos futuros com a cv. “Turiaçu”, considerando que a disponibilidade hídrica e a fertilidade do solo são fatores limitantes para o desenvolvimento da cultivar (Reis *et al.*, 2024).

Santos (2021), em seu estudo sobre o crescimento da cv. “Turiaçu” sob aplicação de biofertilizante aeróbico em plantio com e sem mulching, ao avaliar o comprimento da folha ‘D’, observou valores superiores aos encontrados neste estudo para os tratamentos orgânicos (T7 e T8), com valores entre 64,80 cm e 78,92 cm. Contudo, esses valores foram inferiores aos encontrados no presente estudo, quando foi utilizada a adubação mineral.

Ramos *et al.* (2020), ao avaliar o desenvolvimento vegetativo da cv. “Turiaçu” sob duas condições edafoclimáticas e adubação mineral, obteve comprimento da folha “D” de 87,96 e 69,25 cm para os municípios de Turiaçu e São Luís, respectivamente. O valor encontrado em Turiaçu está em conformidade com o tratamento 5 (Tabela 6) do presente estudo. No entanto, o valor encontrado em São Luís foi inferior a todos os tratamentos de base mineral, sugerindo que o clima também impacta as respostas da cultivar.

Em cultivo sob adubação orgânica, Ramos *et al.* (2020) observaram comprimento da folha “D” de 72,77 e 55,26 cm para os municípios de Turiaçu e São Luís, respectivamente, sendo o valor de Turiaçu superior aos encontrados no presente estudo, nos tratamentos com adubação orgânica (T7 e T8).

Araujo *et al.* (2012), ao estudar a caracterização biométrica da planta de abacaxi “Turiaçu”, encontraram valores semelhantes aos dos tratamentos minerais, com média de 83,8 cm. Já Aguiar Júnior (2014), ao realizar o plantio do abacaxi no mês de junho, obteve valores médios de comprimento da folha “D” de 97,39 cm e 94,26 cm para os cultivos com e sem cobertura morta, respectivamente.

Os estudos sobre o comprimento da folha “D” em diversas cultivares de abacaxi no Brasil revelaram variação acentuada entre as diferentes variedades. De acordo com Cardoso *et al.* (2013), a cv. “Vitória” apresentou comprimento médio de 64,11 cm. Marques *et al.* (2013) observaram que a cultivar “Smooth Cayenne” apresentou comprimento médio de 80,42 cm. Sampaio, Fumis e Leonel (2011) relataram diferentes comprimentos da folha ‘D’ para várias cultivares, incluindo 75,75 cm para “Gold”, 93,75 cm para “Jupi”, 70,25 cm para “Smooth Cayenne” e 63,25 cm para “Imperial”. Essa variação nas medições ressalta a importância da caracterização precisa das cultivares de abacaxi e seus atributos morfológicos.

Ao comparar a variável largura da base da folha com outras literaturas, observa-se que os valores encontrados neste estudo são superiores ou equivalentes aos de Santos (2021), que obteve valores entre 5,6 e 7,15 cm. Os tratamentos T3 e T5 apresentaram as maiores médias de largura do meio da folha “D”, com 5,19 e 5,11 cm, respectivamente, mas não diferiram dos demais tratamentos de base mineral, incluindo o tratamento controle. Vale destacar que esses dois tratamentos contêm boro no solo e aplicado via foliar, nessa ordem.

Araujo *et al.* (2012) descreveram para a variedade “Turiaçu” uma largura média da folha de 5,15 cm, enquanto Santos (2021) reportou uma largura média de 4,20 cm sob a utilização de mulching de serrapilheira. Ramos *et al.* (2020) observaram uma largura média de 4,74 cm em cultivo no município de Turiaçu sob adubação mineral, e Aguiar Júnior (2014) registrou uma largura média de 4,56 cm para o plantio de abacaxi em julho, com cobertura morta.

Na Tabela 7, estão expressos os resultados de valores médios de massa fresca e seca da folha “D”. Observa-se que os tratamentos sob adubação mineral e o tratamento controle apresentaram médias superiores e significativas para ambas as variáveis, em comparação aos tratamentos de base orgânica (Calagem + AO + BIO e AO + BIO). Mais uma vez, a resposta das plantas ao manejo com adubação orgânica foi inferior à adubação mineral (cerca de 50% menor).

Ao comparar os resultados de massa fresca e seca com outros estudos sobre abacaxi “Turiaçu” sob adubação mineral, verificou-se que os tratamentos “Calagem + NPK” (T2) e “B e Ca foliar + NPK” (T5) apresentaram valores superiores aos encontrados por Ramos *et al.* (2020), cujos valores médios de massa fresca foram de 53,0 g e 29,53 g para os cultivos em Turiaçu e São Luís, respectivamente. Quanto à massa seca, os valores encontrados por esses autores foram de 4,9 g em Turiaçu e 1,42 g em São Luís, enquanto os valores encontrados no presente estudo foram de 8,91 g (T5) e 8,06 g (T2).

Tabela 7 - Valores médios de variáveis de massa da folha D de plantas de abacaxi Turiaçu, sob adubação mineral e orgânica. São Luís - MA, 2024

Tratamento	Massa fresca (g)	Massa seca (g)
Controle	55,48 a	7,13 a
Calagem + NK	62,67 a	8,06 a
B solo + NK	56,70 a	7,40 a
Calagem + B solo + NK	59,71 a	7,52 a
B e Ca foliar + NK	65,38 a	8,91 a
Calagem + B e Ca foliar + NK	57,97 a	7,22 a
Calagem + AO + BIO	33,39 b	4,23 b

Tratamento	Massa fresca (g)	Massa seca (g)
AO + BIO	33,49 b	4,15 b
P	0,0001	0,0001
CV(%)	12,11	12,08

Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. B: Boro; Ca: Cálcio; AO: adubação orgânica; BIO: Biofertilizante foliar.
Fonte: elaborado pelo próprio autor.

A respeito dos tratamentos de base orgânica, Sousa (2015), em um experimento que incluiu a avaliação de boro foliar e uso de biofertilizante no desenvolvimento do abacaxizeiro “Turiaçu”, observou uma massa fresca da folha “D” de 35,68 g. Por outro lado, Santos (2021), utilizando "aplicações de biofertilizante a cada 14 dias + mulching de serrapilheira", registrou valores de 39,35 g e 5,22 g para massa fresca e seca, respectivamente.

Malézieux (1993) destaca a importância do acúmulo de matéria seca pelo abacaxizeiro, pois essa variável está intimamente associada ao índice de área foliar e à capacidade das folhas de manterem a atividade fotossintética por um período prolongado. O acúmulo de matéria seca é, portanto, crucial para o crescimento e o desenvolvimento do fruto, pois permite que as folhas mantenham sua atividade fotossintética, essencial para garantir uma produção contínua de carboidratos e outros compostos orgânicos.

Na Tabela 8, observam-se os valores médios para as variáveis altura da planta e número de filhotes das plantas. Há diferença estatística para ambas as variáveis analisadas. Os tratamentos com adubação inorgânica (de T1 a T6) apresentaram valores médios superiores em relação aos tratamentos com adubação orgânica (T7 e T8). Os valores de altura da planta variaram entre 40,32 cm e 59,72 cm, enquanto o número médio de filhotes variou entre 3,37 e 8,3.

Tabela 8 - Valores médios de altura da planta e produção de mudas de plantas de abacaxi Turiaçu, sob adubação mineral e orgânica. São Luís - MA, 2024

Tratamento	Altura da planta (cm)	Número de filhotes
Controle	55,77 a	7,00 a
Calagem + NK	59,60 a	6,80 a
B solo + NK	57,82 a	8,07 a
Calagem + B solo + NK	59,72 a	7,78 a
B e Ca foliar + NK	57,77 a	8,30 a
Calagem + B e Ca foliar + NK	55,97 a	6,65 a
Calagem + AO + BIO	40,32 b	3,37 b
AO + BIO	42,37 b	4,23 b

Tratamento	Altura da planta (cm)	Número de filhotes
P	0,0001	0,0001
CV(%)	3,71	12,52

Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. B: Boro; Ca: Cálcio; AO: adubação orgânica; BIO: Biofertilizante foliar.

Fonte: elaborado pelo próprio autor.

No estudo de Araujo *et al.* (2012), sobre a caracterização da altura da planta, os autores encontraram um valor médio superior ao encontrado no presente trabalho, com uma média de 62,6 cm. Já Lima (2024), trabalhando com diferentes doses de nitrogênio, encontrou valores variando de 103,2 cm a 112,7 cm. Sousa (2015), também investigando o micronutriente boro, encontrou valores variando entre 62,4 cm e 65,2 cm, os quais também foram superiores aos encontrados neste estudo.

Aguiar Júnior (2014) sugere que a avaliação da altura das plantas de abacaxizeiro, do solo até a inserção dos frutos no pedúnculo, está relacionada à avaliação do risco de tombamento dos frutos. Esse risco pode ser agravado pelo comprimento do pedúnculo, que, em contato com o solo, compromete a qualidade dos frutos.

Em relação à variável número de filhotes do abacaxi Turiaçu, Araujo *et al.* (2012) encontraram valores médios de 11,3. Já Santos (2013) encontrou valores médios variando entre 9,2 e 10,3 filhotes, enquanto Sousa (2015) obteve valores variando entre 9,65 e 11 filhotes. Tal diferença pode ser explicada pelo método de indução floral utilizado neste estudo, que foi feito por meio da aplicação de Ethrel®.

De acordo com Cabral (2007) e Reinhardt (2004), uma eventualidade fisiológica no abacaxizeiro, ocasionalmente observada em decorrência da aplicação de produtos à base de Etephon para indução floral, é a diminuição na produção de mudas do tipo filhote pelas plantas.

Houve diferença significativa entre os tratamentos quanto aos valores médios de clorofila a, b e total, mas não para carotenóides. O tratamento “Calagem + B solo + NPK” (T4) apresentou os maiores valores médios para todas as variáveis analisadas, diferindo do tratamento controle, com valores de 0,64 mg.g⁻¹ MF para clorofila a, 0,29 mg.g⁻¹ MF para clorofila b, 0,93 mg.g⁻¹ MF para clorofila total e 0,00102 μmol.g⁻¹ MF para carotenóides (Tabela 9). Este tratamento não diferiu do T5, que também contém boro e cálcio aplicados via foliar, indicando que esses nutrientes desempenham um papel importante na síntese desses pigmentos (Sabater; Rodriguez, 1978; Taiz *et al.*, 2017).

Tratamento	Clorofila a (mg.g ⁻¹ MF)	Clorofila b (mg.g ⁻¹ MF)	Clorofila total (mg.g ⁻¹ MF)	Carotenóides (μmol.g ⁻¹ MF)
Controle	0,48 bcd	0,21 bcd	0,69 bcd	0,00071 a
Calagem + NK	0,43 bcd	0,18 bcd	0,61 bcd	0,00066 a
B solo + NK	0,54 abc	0,24 abc	0,78 abc	0,00077 a
Calagem + B solo + NK	0,64 a	0,29 a	0,93 a	0,00102 a
B e Ca foliar + NK	0,59 ab	0,26 ab	0,85 ab	0,00079 a
Calagem+B/Ca foliar+NK	0,37 cd	0,17 cd	0,54 cd	0,00070 a
Calagem + AO + BIO	0,35 d	0,15 d	0,50 d	0,00064 a
AO + BIO	0,36 cd	0,15 d	0,51 d	0,00064 a
P	0,0001	0,0001	0,0001	0,1455
CV(%)	16,65	17,60	16,57	25,55

Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. B: Boro; Ca: Cálcio; AO: adubação orgânica; BIO: Biofertilizante foliar; MF: matéria fresca. Fonte: elaborado pelo próprio autor.

O teor de pigmentos presentes nos cloroplastos, como as clorofilas a e b, assim como o β-caroteno, exerce influência direta nos eventos fotoquímicos da fotossíntese. Portanto, sua presença influencia no desenvolvimento e adaptabilidade das plantas a diversos ambientes (Taiz *et al.*, 2017; Zanella; Soncela; Lima, 2006).

Destaca-se que o tratamento controle, cuja adubação foi manejada com fósforo na base e parcelamento de N e K, apresentou valores intermediários de pigmentos, significativamente inferiores aos tratamentos T4 e T5, que receberam cálcio e boro via solo ou foliar.

Os valores encontrados no presente estudo para os tratamentos com adubação mineral são superiores e em conformidade com os encontrados por Vieira *et al.* (2010), que verificaram o teor de clorofilas a e b em experimento com a cultivar “Pérola” submetida a diferentes doses de N, revelando valores de 0,434 e 0,180 mg.g⁻¹ de clorofila a e b, respectivamente. Entretanto, os tratamentos de base orgânica apresentaram valores inferiores aos observados nesse estudo.

Leonardo *et al.* (2013), em pesquisa com o abacaxizeiro 'Vitória' associado a diferentes doses de N, identificaram valores de clorofila total entre 0,15 e 0,3 mg.g⁻¹, que são inferiores aos encontrados no presente estudo, onde os valores de clorofila a variaram entre 0,54 e 0,64 mg.g⁻¹ nos tratamentos mais eficientes (T4, T5 e T3), nos quais se utilizou boro e cálcio via solo ou foliar. Aguiar Júnior (2014) justifica os valores mais elevados de clorofila no abacaxi “Turiaçu” devido à sua característica morfológica de apresentar uma coloração foliar mais intensa em comparação com outras cultivares, sugerindo que tal observação pode estar relacionada a uma maior quantidade de clorofilas totais.

Ramos *et al.* (2013), ao trabalharem com o abacaxizeiro “Imperial” submetido à deficiência de macronutrientes e boro, observaram que os micronutrientes não afetaram significativamente a leitura SPAD. No entanto, na deficiência dos macronutrientes N e P, foi observada uma redução significativa no valor.

A influência da adubação à base de N sobre o teor de clorofila está relacionada ao fato de que, em condições de deficiência de nitrogênio no solo, as plantas degradam as moléculas de clorofila para translocar o nitrogênio para as regiões de crescimento ativo do vegetal (Furlani Junior *et al.*, 1996).

Vale destacar que em ambientes de baixa luminosidade, plantas em estágio inicial apresentam menor síntese de pigmentos. Porém, quando expostas a condições de alta luminosidade, essa síntese aumenta significativamente, indicando uma adaptação ao ambiente iluminado (Gonçalves, 2009). Entretanto, a exposição prolongada à luz pode causar foto-inibição e foto-oxidação, prejudicando a fotossíntese e danificando os pigmentos, evidenciando a necessidade de um equilíbrio na luminosidade para a saúde das plantas (Streit *et al.*, 2005).

Portanto, segundo Streit *et al.* (2005), em ambientes tropicais, as plantas são expostas de forma recorrente a elevados valores de radiação luminosa, o que interfere diretamente na concentração de clorofilas e carotenoides.

4.2 Características físico-biométricas e de qualidade dos frutos

Em relação às características físico-biométricas do fruto, como a massa do fruto (MF) e a massa da coroa (MC), observou-se que os tratamentos de adubação diferiram estatisticamente entre si, não se verificando o mesmo efeito entre os tratamentos para o rendimento de polpa (Tabela 10). Da mesma forma, a adubação mineral para essas duas variáveis proporcionou valores significativamente superiores em comparação com a adubação orgânica.

Tabela 10 - Valores médios de massa e rendimento de polpa de frutos de abacaxi Turiagu, sob adubação mineral e orgânica. São Luís - MA, 2024

Tratamento	Massa do fruto (g)	Massa da coroa (g)	Rendimento de polpa (%)
Controle	1.504,79 b	97,08 ab	60,36 a
Calagem + NK	1.517,80 b	86,73 ab	63,38 a
B solo + NK	1.687,91 a	95,42 ab	62,39 a

Calagem + B solo + NK	1.648,96 a	110,67 a	63,03 a
B e Ca foliar + NK	1.727,92 a	95,75 ab	62,23 a
Calagem + B e Ca foliar + NK	1.461,02 b	85,06 ab	60,18 a
Calagem + AO + BIO	489,53 c	67,89 b	51,54 a
AO + BIO	518,04 c	67,89 b	58,38 a
P	0,0001	0,0052	0,1524
CV(%)	10,94	16,42	9,75

Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. B: Boro; Ca: Cálcio; AO: adubação orgânica; BIO: Biofertilizante foliar.

Fonte: elaborado pelo próprio autor.

O tratamento T5 (B e Ca foliar + N e K) proporcionou frutos com massa de 1.727 g, diferenciando-se dos tratamentos controle, T2, T6, T7 e T8. Em relação ao controle, a massa foi 15% superior. Os tratamentos de T1 a T5 apresentaram frutos com massa superior a 1.500 g e, portanto, estão classificados na categoria de frutos comerciais.

O Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA), por meio da Instrução Normativa nº 1 de 2002, aprovou o regulamento técnico de identidade e qualidade para a classificação do abacaxi em todo o território nacional. Essa regulamentação inclui exigências qualitativas específicas, como massa, coloração e ausência de defeitos no fruto (Brasil, 2002; CQH, 2003). De acordo com a Instrução Normativa/SARC nº 1 (Brasil, 2002), os frutos de polpa amarela, como o “Turiaçu”, são categorizados como classe 3 quando sua massa excede 1.500 g e chega até 1.800 g, geralmente correspondendo ao plantio no início do período chuvoso. Em contrapartida, frutos cuja massa varia entre 1.200 g e 1.500 g inserem-se na classe 2, abrangendo as demais épocas de plantio, como maio, junho e julho (Brasil, 2002; Aguiar Júnior, 2014).

Verifica-se, por outro lado, a fraca resposta das plantas sob manejo agroecológico da adubação, que resultou em frutos com massa de 518,04 g e 489,53 g nos tratamentos T8 e T7, respectivamente, fora das exigências mínimas comerciais. As respostas desses tratamentos em relação à formação dos frutos estão relacionadas às variáveis de crescimento da planta, conforme apresentado nas Tabelas 6, 7 e 8, embora não tenha sido realizada análise de correlação.

Ao comparar os resultados de massa do fruto obtidos neste estudo com outras pesquisas sobre o abacaxi “Turiaçu”, observou-se que os tratamentos com base mineral apresentaram médias superiores às encontradas por Araujo *et al.* (2012), que descreveram uma média de massa do fruto de 1.620,0 g para a mesma cultivar. Santos (2013) observou um peso médio de

1.486 g em cultivo com adubação de boro, enquanto Pinheiro (2018) descreveu um peso médio de 1.424 g também sob o uso de boro mineral no cultivo.

De acordo com Pereira (2013), a ausência de padrões de qualidade definidos, índices de maturidade reprodutíveis e a falta de um sistema rigoroso para o monitoramento da cadeia produtiva têm sido identificados como fatores limitantes que impedem os frutos brasileiros de conquistarem novos mercados.

De acordo com Srivastava *et al.* (2021), uma cultivar que apresente alta produção tanto no sistema de cultivo convencional quanto no orgânico pode não apresentar o mesmo desempenho em relação ao desenvolvimento do fruto quando comparada à fertilização inorgânica. Isso ocorre porque existe uma diferença no padrão de disponibilidade de nutrientes e vários modos de entrega dos mesmos. Ainda segundo Srivastava *et al.* (2021), essa disparidade pode ser atribuída ao fato de que as plantas cultivadas na agricultura intensiva (convencional) obtêm uma quantidade substancial de nutrientes durante sua fase de maior necessidade, ao passo que na agricultura orgânica, o fertilizante de base orgânica aplicado necessita primeiro passar por decomposição (mineralização) para se tornar disponível às plantas.

Nota-se, de maneira geral, que não houve efeito significativo dos tratamentos testados no presente estudo em relação ao rendimento de polpa. Em comparação com outras pesquisas, observam-se valores inferiores. Em relação a esta variável, Araujo *et al.* (2012) relataram um rendimento de polpa de 64,8% para o abacaxi “Turiaçu”, enquanto Pereira (2013) encontrou valores de 77,9% e 75,3% para as cultivares “Pérola” e “Turiaçu”, respectivamente.

Dessa forma, os dados obtidos para o tratamento controle e os tratamentos baseados em adubação mineral demonstram que a adubação tem um efeito significativo no desenvolvimento do abacaxi “Turiaçu”. Observou-se que a adubação mineral resultou em frutos com qualidade comercial, apresentando média superior em comparação com outros estudos realizados com esta cultivar.

Na Tabela 11, encontram-se os resultados dos valores médios de comprimento do fruto, da infrutescência (fruto sem a coroa) e da coroa. Observa-se que, para os tratamentos analisados, houve diferença estatística nas variáveis comprimento do fruto e da infrutescência, sendo que os tratamentos orgânicos (Calagem + AO + BIO e AO + BIO) apresentaram os menores valores médios em ambas as variáveis em relação à maioria dos tratamentos. Quanto ao comprimento da coroa, não se observou diferença significativa entre os tratamentos, com os valores variando entre 14,19 e 18,91 cm.

Tabela 11 - Valores médios de dimensões de frutos de abacaxi Turiaçu, sob adubação mineral e orgânica. São Luís - MA, 2024

Tratamento	Comprimento do fruto (cm)	Comprimento infrutescência (cm)	Comprimento da coroa (cm)
Controle	36,57 a	19,64 a	16,93 a
Calagem + NK	33,21 ab	20,33 a	14,47 a
B solo + NK	39,08 a	21,13 a	17,95 a
Calagem + B solo + NK	39,62 a	20,71 a	18,91 a
B e Ca foliar + NK	36,93 a	20,18 a	16,75 a
Calagem + B e Ca foliar + NK	35,16 a	19,49 a	15,66 a
Calagem + AO + BIO	25,65 b	10,75 b	14,90 a
AO + BIO	26,18 b	11,98 b	14,19 a
P	0,0001	0,0001	0,0494
CV(%)	10,27	8,59	13,25

Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. B: Boro; Ca: Cálcio; AO: adubação orgânica; BIO: Biofertilizante foliar.

Fonte: elaborado pelo próprio autor.

Pereira (2013), em sua pesquisa com as cultivares “Turiaçu” e “Pérola”, encontrou valores de comprimento do fruto sem a coroa de 20,06 e 20,09 cm, respectivamente. Araujo *et al.* (2012), também trabalhando com a caracterização das cultivares “Turiaçu” e “Pérola”, encontraram valores médios de 20,8 e 18,6 cm. Pinheiro (2018), ao pesquisar com a cultivar “Turiaçu” sob adubação mineral com B e biofertilizante, encontrou valores de infrutescência de 19,6 e 18,2 cm, respectivamente. Aguiar Júnior (2014), em sua pesquisa com a cultivar “Turiaçu” cultivada em junho com cobertura morta, obteve frutos com coroa de 18,8 cm. Santos (2021), ao trabalhar com a cultivar “Turiaçu” utilizando apenas mulching de serrapilheira, obteve um valor médio de 16,84 cm.

Nota-se que o presente estudo obteve valores superiores e em conformidade com os demais trabalhos citados quando se utilizou adubação de base mineral, com os valores variando entre 19,49 e 21,13 cm. Entretanto, os tratamentos de base orgânica apresentaram valores inferiores aos trabalhos citados, com valores médios de 10,75 e 11,98 cm para os tratamentos T7 e T8, respectivamente (Tabela 11).

Em relação ao comprimento da coroa, Sousa (2015), trabalhando com diferentes tempos de aplicação de B foliar em abacaxi “Turiaçu”, encontrou um valor médio de 13,84 cm para o tratamento aplicado 8 meses após o plantio. Aguiar Júnior (2014), em sua pesquisa com a cultivar “Turiaçu” cultivada em fevereiro, com e sem cobertura morta, encontrou valores de

17,3 e 20,9 cm, respectivamente. Santos (2013), utilizando 2 kg/ha de B, encontrou um valor médio de 11,06 cm.

Observa-se que os valores encontrados no presente estudo são inferiores aos encontrados por Aguiar Júnior (2014) e superiores aos encontrados por Sousa (2015) e Santos (2013). Entretanto, vale destacar que na produção de abacaxi, busca-se uma coroa de tamanho reduzido, pois isso resulta em maior rendimento de polpa em relação ao peso total do fruto (Araujo *et al.*, 2012).

Na Tabela 12, observam-se os valores médios para as variáveis diâmetro do meio (DM) e diâmetro do eixo central (DEC) dos frutos. Nota-se diferença significativa entre os tratamentos analisados para ambas as variáveis. Os tratamentos inorgânicos (de T1 a T6) exibiram valores médios superiores em relação aos tratamentos orgânicos (T7 e T8). Em detalhe, os valores de DM variaram entre 8,21 e 10,75 cm, enquanto os valores de DEC variaram entre 1,83 e 2,96 cm. O valor de DM representa a mediana entre os valores da base e do ápice do fruto, visto que os frutos da cultivar 'Turiaçu' são ligeiramente cônicos.

Tabela 12 - Valores médios de diâmetro transversal e do eixo central de frutos de abacaxi Turiaçu, sob adubação mineral e orgânica. São Luís - MA, 2024

Tratamento	Diâmetro do meio (cm)	Diâmetro do eixo central (cm)
Controle	10,71 a	2,72 a
Calagem + NK	10,75 a	2,73 a
B solo + NK	10,68 a	2,74 a
Calagem + B solo + NK	10,74 a	2,96 a
B e Ca foliar + NK	10,70 a	2,90 a
Calagem + B e Ca foliar + NK	10,04 a	2,68 a
Calagem + AO + BIO	8,21 b	2,01 b
AO + BIO	8,57 b	1,83 b
P	0,0001	0,0001
CV(%)	4,81	10,11

Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. B: Boro; Ca: Cálcio; AO: adubação orgânica; BIO: Biofertilizante foliar.

Fonte: elaborado pelo próprio autor.

Em relação ao DM, Reis *et al.* (2019), em seus estudos com as cultivares “Turiaçu” e “Pérola”, encontraram valores médios de 10,18 e 10,08 cm, respectivamente. Araujo *et al.* (2012) encontraram valor médio de 10,4 cm para a cultivar “Turiaçu”. Nota-se que, com

exceção dos tratamentos orgânicos, os tratamentos apresentam-se em conformidade ou superiores em relação aos trabalhos citados.

Há interesse de que os valores de DEC sejam baixos para o abacaxi em geral, e no caso da cultivar “Turiaçu” no presente estudo, com adubação de base mineral, observou-se valores superiores aos encontrados por Araujo *et al.* (2012), que encontraram média de 2,50 cm. Reis (2020) destaca que a importância do eixo central se relaciona ao consumo e processamento do abacaxi, sendo comumente descartado devido à sua consistência dura e à elevada acidez.

Reis (2020), em sua pesquisa com o abacaxi “Turiaçu” e suas diferentes seleções clonais (SC), encontrou valores de diâmetro do eixo central para a cultivar “Turiaçu” de 2,32 cm, SC “Livino” de 2,73 cm e SC “Nanico” de 1,92 cm. Nota-se que, em comparação com o presente estudo, os tratamentos (T3, T4 e T5) com adubação mineral apresentam valores médios superiores em relação ao trabalho citado.

Entretanto, o tratamento orgânico (T8) apresentou valor médio de 1,83 cm, sendo este valor inferior em relação a todos os estudos citados. Apesar dos valores superiores em relação aos demais trabalhos, é importante destacar que o abacaxi “Turiaçu” apresenta uma consistência do eixo central mais suave e um perfil de acidez reduzido, o que viabiliza seu consumo em conjunto com a polpa, sem comprometer sua utilização (Reis, 2020).

4.3 Incidência de lesões corticosas nos frutos

O principal foco desta pesquisa foi estabelecer um manejo adequado da adubação do abacaxizeiro Turiaçu, visando obter o controle ou mesmo a remissão das lesões corticosas nos frutos. Trata-se de uma desordem fisiológica, inicialmente associada à deficiência de boro (Santos, 2013; Sousa, 2015) e com possível relação com o elemento cálcio. Em que pese os vários atributos positivos que contribuem para a boa qualidade do abacaxi Turiaçu (Araujo *et al.*, 2012), a elevada incidência das lesões na casca constitui, atualmente, o principal problema da cultivar, especialmente sob o ponto de vista comercial.

O número médio de lesões corticosas típicas (LCT) foi afetado pelos diferentes tratamentos aplicados, com redução significativa nos tratamentos de manejo orgânico (T7 e T8). Houve diferença significativa entre os tratamentos com base mineral, sendo o manejo mais adequado aquele observado no T6 (calagem + B e Ca foliar + NK), com média de 2,0 LCTs/fruto, contra 5,92 LCTs/fruto no controle, confirmando o envolvimento do boro e do cálcio no controle relativo das lesões (Tabela 13).

Tabela 13 - Número médio de lesões corticosas típicas (LCT) em frutos de abacaxi Turiagu e percentual de redução em relação ao controle, sob adubação mineral e orgânica. São Luís - MA, 2024

Tratamento	Número de LCT¹	Amplitude	Redução (%)
Controle	5,92 a	2 – 12	-
Calagem + NK	5,37 a	1 – 13	9,29
B solo + NK	2,98 bc	0 – 9	49,66
Calagem + B solo + NK	5,37 a	0 – 11	9,29
B e Ca foliar + NK	4,10 ab	0 – 9	30,74
Calagem + B e Ca foliar + NK	2,00 cd	0 - 5	66,21
Calagem + AO + BIO	0,52 e	0 - 2	91,21
AO + BIO	1,27 de	0 - 5	78,54
P	0,0001	-	-
CV(%)	21,09	-	-

Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. Dados Transformados – Raiz ($x+0,5$). B: Boro; Ca: Cálcio; AO: adubação orgânica; BIO: Biofertilizante foliar.

Fonte: elaborado pelo próprio autor.

Em termos de redução do número de lesões, em contraste com o tratamento controle, verifica-se que o tratamento mais eficaz (T7) alcançou uma redução de 91,21%, com uma amplitude de 0 a 2 lesões, seguido de T8 com 78,54% e variação de 0 a 5 lesões por fruto. Em seguida, no rol dos tratamentos com manejo mineral, o tratamento T6 (Calagem + B e Ca foliar + NK) apresentou o melhor desempenho, com redução de 66,21%, e variação de 0 a 5 lesões (Tabela 13).

O excelente controle das lesões nos tratamentos de manejo orgânico, especialmente associado à calagem (T7) e também em T8 (sem calagem), foi prejudicado pelo fato de esses tratamentos terem gerado frutos pequenos, com peso (massa) muito baixo, conforme já observado nas Tabelas 10 e 11, e não atenderem aos padrões estabelecidos pelo MAPA, cujo peso mínimo é de 900 g.

Nota-se que, embora os tratamentos Calagem + NK (T2), Calagem + B solo + NK (T4) e B e Ca foliar + NK (T5) tenham obtido valores superiores de lesões em comparação com os tratamentos de base orgânica, em relação ao desenvolvimento das plantas (Tabelas 6 e 7), teores de pigmentos nas folhas (Tabela 9) e características físico-biométricas dos frutos (Tabelas 10 e 11), eles se mostraram menos eficazes no controle de lesões. Esses tratamentos foram estatisticamente iguais ao controle quanto ao número de LCTs.

Pinheiro (2018) investigou a ocorrência de lesões corticosas na Cv. “Turiaçu” em duas condições de cultivo e em diferentes safras. Na safra 2015/2016, foram encontrados valores médios de 18,5 e 11,4 lesões corticosas típicas por fruto para o cultivo em roça no toco e cultivo sucessivo, respectivamente. Na safra 2016/2017, os valores foram de 16,4 e 14,1 para o cultivo em roça no toco e cultivo sucessivo, nessa ordem. Pode-se observar uma notável diferença em relação aos valores médios encontrados no presente estudo, que variam de 0,52 a 5,92 lesões (controle). Práticas como irrigação, adubação química e indução floral não são adotadas pelos agricultores, conforme relatado por Bonfim Neto (2010).

Dessa forma, nota-se que a presença das lesões nos frutos está intimamente relacionada à disponibilidade de macronutrientes e micronutrientes, com destaque para o boro. Pois, embora os tratamentos não tenham feito o controle total das lesões, verificou-se uma redução drástica em sua incidência, tanto nos tratamentos de base orgânica (T7 e T8) quanto nos de base mineral (T3 e T6), quando comparados aos produtores que não empregam nenhuma tecnologia em sua produção, conforme exposto por Pinheiro (2018).

Portanto, é essencial investigar as interações entre os macronutrientes e micronutrientes, a fim de compreender com maior profundidade os mecanismos ativados em resposta à variação da disponibilidade desses elementos (Kumar; Kumar; Mohapatra, 2021). A falta de micronutrientes provoca distúrbios fisiológicos que comprometem o cultivo das plantas. Embora essas interações tenham sido parcialmente compreendidas nos níveis fisiológicos e moleculares, as complexas inter-relações nutricionais ainda exigem estudos aprofundados para otimizar a produtividade das culturas (Kumar; Kumar; Mohapatra, 2021).

A deficiência de nutrientes nas plantas pode variar de leve e temporária a grave e crônica, podendo ocorrer múltiplas deficiências ao longo de seu ciclo, algumas simultaneamente (De Bang *et al.*, 2021). De acordo com Schweitzer, Hahn e Petri (2019), alterações no equilíbrio nutricional, sejam decorrentes da carência ou do excesso de nutrientes, podem resultar em desordens fisiológicas, especialmente na pós-colheita de frutos.

Logo, pode-se entender que o principal fator para a incidência de lesões corticosas em frutos de abacaxi Cv. “Turiaçu” é o baixo nível tecnológico empregado no município de Turiaçu, evidenciado, entre outros aspectos, pelo baixo uso de insumos (fertilizantes) minerais e/ou biológicos, o que reflete em uma menor disponibilidade de nutrientes para as plantas.

Sousa (2015), em seu estudo sobre a superação da desordem fisiológica em frutos de abacaxi “Turiaçu” por meio da adubação com boro e biofertilizante foliar, obteve valores inferiores aos encontrados no presente estudo, em comparação aos tratamentos de base mineral. No entanto, o tratamento Calagem + AO + BIO (T7) apresentou valor inferior a todos os

tratamentos testados por ele. É importante notar que o solo utilizado no experimento de Sousa (2015) apresentava boa fertilidade natural, sugerindo que esse fator pode explicar o fato de não ter havido diferença estatística entre o controle e os demais tratamentos testados por esse autor.

Santos (2013), em seu estudo sobre diferentes doses de boro no controle de lesões corticosas em frutos de abacaxi “Turiaçu”, obteve um valor de 1,3 lesões para o tratamento mais eficaz, utilizando 10 kg/ha de boro. Este valor representou uma redução de 60% em relação ao grupo controle. Para este autor, o micronutriente boro desempenha papel fundamental na redução das lesões de abacaxi “Turiaçu”.

A presença de boro no solo pode ser atribuída à presença de matéria orgânica, devido à sua capacidade de formar complexos entre o ácido bórico e os ácidos carboxílicos presentes nos coloides húmicos. Durante o processo de mineralização da matéria orgânica, o boro é gradualmente disponibilizado para as plantas, fornecendo uma fonte sustentável e biodisponível desse nutriente essencial para o crescimento e desenvolvimento vegetal (Havlin *et al.*, 2014).

Considerando esses aspectos, é importante ressaltar que, em muitos solos, uma porção significativa do boro está ligada à fração orgânica. A adsorção do boro no solo também é influenciada pelo pH, sendo que o boro está mais disponível na faixa de pH entre 5,0 e 7,0 (Soares; Alleoni; Casagrande, 2005).

Pinheiro (2018), em levantamento realizado junto a produtores de abacaxi Turiaçu, verificou a elevada ocorrência de um tipo de broca do fruto com incidência de 60% dos frutos, que na verdade tratava-se das lesões corticosas, associadas à deficiência de boro. O autor considera este o principal motivo da baixa qualidade dos frutos de abacaxi ‘Turiaçu’. A correção desse problema deveria ser uma das principais ações voltadas para a padronização da qualidade dos frutos, visando a obtenção do selo de Indicação Geográfica.

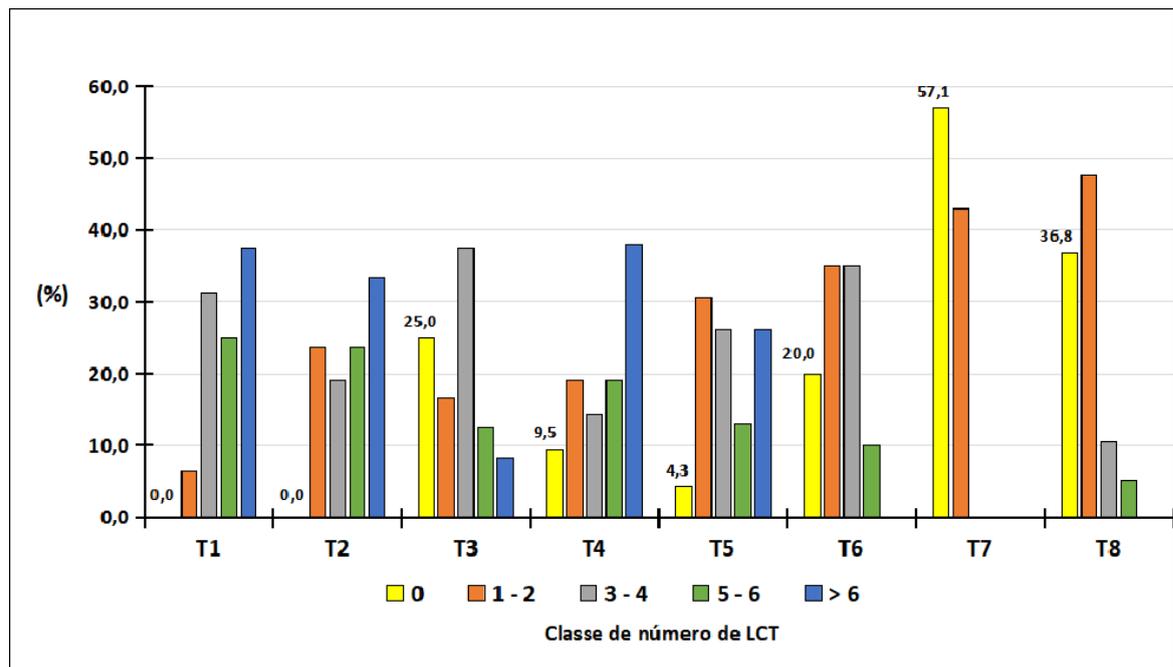
Nota-se um significativo desenvolvimento na cadeia produtiva do abacaxi “Turiaçu” ao longo dos anos, com as pesquisas realizadas no município desempenhando um papel fundamental nesse progresso. No entanto, ainda há necessidade de avançar mais, especialmente nos aspectos de manejo fitotécnico da Cv. “Turiaçu” (adubação, irrigação e manejo do solo). Além disso, é fundamental investir no âmbito municipal para disponibilizar assistência técnica aos produtores, visando melhorar as práticas agrícolas, aumentar a eficiência produtiva e garantir a qualidade dos produtos oferecidos no mercado.

Nesse contexto, uma alternativa para mitigar de forma definitiva a desordem fisiológica manifestada no abacaxi “Turiaçu”, além de atender às normativas estabelecidas pelo Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA), envolve a condução de pesquisas que contemplem a interação sinérgica entre adubos de base mineral e orgânica. Essa investigação contemplaria a

aplicação de boro na forma de ácido bórico e NPK, concomitantemente às práticas de calagem, adubação orgânica e emprego de biofertilizantes foliares. Essa abordagem integrada poderia oferecer uma estratégia mais abrangente e eficaz para melhorar o desenvolvimento do abacaxizeiro, eliminar a incidência de lesões e promover a produção de frutos de melhor qualidade.

As frequências percentuais dos números de LCTs para cada tratamento estão apresentadas na Figura 7. Observa-se que apenas os tratamentos controle (T1) e Calagem + NK (T2) não apresentaram frutos com frequência de lesões igual a zero. Destaca-se que o tratamento Calagem + AO + BIO (T7) demonstrou a maior frequência de frutos sem lesões, atingindo um percentual de 57,1%, seguido de T8 com 36,8%. Notavelmente, o tratamento T7 foi o único a apresentar nenhum fruto com mais de duas lesões, sugerindo sua eficácia superior no controle das lesões corticosas características do abacaxi “Turiaçu”.

Figura 7 - Frequência de frutos de abacaxi Turiaçu com LCTs em função das classes de incidência. São Luís - MA, 2024



Fonte: elaborado pelo próprio autor.

Destaca-se também o tratamento T6 (calagem + B e Ca foliar + NK), que apresentou 20% dos frutos sem lesão e nenhum fruto com mais de seis lesões. Como observado, no contexto do manejo mineral, o tratamento T6 foi também o que apresentou a menor média de lesões por fruto (2,0) (Tabela 13).

Comparativamente à pesquisa de Sousa (2015), na qual o tratamento com B foi aplicado aos 4 meses do plantio, esta cultura alcançou um percentual máximo de frutos sem lesões de 57,5%. No presente estudo, o maior valor de frequência foi de 57,1% (Figura 7). Além disso, o autor observou que todos os tratamentos avaliados em seu estudo apresentaram frutos com percentual de lesões corticosas típicas (LCTs) igual a zero superiores a 35%. Esses valores mostraram-se superiores aos encontrados no presente estudo.

É pertinente ressaltar a importância de estabelecer um nível de tolerância em relação ao número de lesões corticosas típicas no abacaxi 'Turiaçu', especialmente sob a perspectiva da indicação geográfica, uma vez que tal condição representa um problema para a aparência e qualidade do fruto. Essas lesões provocam fendilhamento profundo entre os frutinhos, resultando na formação de excrescências corticosas de coloração marrom escura (Sousa, 2015).

Essas lesões podem sugerir ao consumidor que a polpa do fruto esteja imprópria para o consumo, embora esse efeito só ocorra em casos extremos. Diante disso, após estabelecer um nível de tolerância para as LCTs, os frutos que não atendam aos padrões para o consumo *in natura* poderão ser direcionados para outras finalidades. As lesões não inviabilizam o consumo, permitindo seu processamento para a produção de polpa, suco, néctar, creme, sorvete, geleias, tortas e outras iguarias.

4.4 Teores foliares de macro e micronutrientes

A partir da análise da Tabela 14, verifica-se uma diferença significativa entre os teores médios de macronutrientes no estado nutricional do abacaxizeiro “Turiaçu”. Em relação ao nitrogênio (N), observam-se maiores valores médios para os tratamentos com adição de B solo + NPK (T3), B e Ca foliar + NPK (T5) e o controle (T1), com médias de 13,25, 12,24 e 11,99 g.kg⁻¹, respectivamente. Nota-se que os tratamentos com maiores médias de N são, em sua maioria, os mesmos que obtiveram maiores médias de clorofila total (Tabela 9).

Quanto aos macronutrientes fósforo e cálcio, observa-se que os tratamentos com adubação orgânica (T7 e T8) apresentaram valores superiores em comparação aos tratamentos com adubação mineral (T1, T2, T3, T4, T5, T6), com médias variando entre 0,99 e 1,04 g.kg⁻¹ para fósforo e entre 5,42 e 4,65 g.kg⁻¹ para cálcio, respectivamente.

Tabela 14 - Teores médios de macronutrientes em folha D de plantas de abacaxi Turiaçu, sob adubação mineral e orgânica. São Luís - MA, 2024

Tratamento	N	P	K	Ca	Mg
	g kg ⁻¹				

Controle	11,99 abc	0,66 b	11,02 a	2,14 c	1,46 e
Calagem + NK	10,38 c	0,63 b	10,87 a	3,07 bc	2,32 c
B solo + NK	13,25 a	0,67 b	11,76 a	2,11 c	1,50 de
Calagem + B solo + NK	11,43 bc	0,64 b	11,54 a	3,21 b	2,18 cd
B e Ca foliar + NK	12,24 ab	0,65 b	9,34 a	2,52 bc	1,73 cde
Calagem + B e Ca foliar + NK	10,65 bc	0,63 b	10,69 a	2,87 bc	2,32 c
Calagem + AO + BIO	11,23 bc	0,99 a	10,22 a	5,42 a	4,82 a
AO + BIO	10,87 bc	1,04 a	9,96 a	4,65 a	3,99 b
P	0,0002	0,0001	0,6178	0,0001	0,0001
CV (%)	6,16	12,72	17,28	13,20	11,59

Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. B: Boro; Ca: Cálcio; AO: adubação orgânica; BIO: Biofertilizante foliar.
Fonte: elaborado pelo próprio autor.

A importância da coleta de folhas "D" antes da diferenciação floral no abacaxizeiro para a diagnose foliar reside na dinâmica da relação fonte-dreno entre as folhas e a infrutescência. Coletar as folhas antes do florescimento é crucial para evitar uma subestimação nutricional. Isso ocorre porque, após o florescimento, as folhas redirecionam nutrientes para o desenvolvimento da infrutescência, o que pode mascarar deficiências nutricionais que seriam evidentes antes deste estágio (Souza, 1999; Souza; Oliveira, 2021).

Os valores dos micronutrientes N e P do presente estudo estão inferiores aos encontrados por Aguiar Júnior (2014), que realizou o plantio de abacaxi "Turiaçu" no mesmo período (maio), e encontrou valores médios de 14,50 de N e 1,10 g.kg⁻¹ de P.

Ramos *et al.* (2011), estudando os teores de nutrientes em função da deficiência de boro em abacaxi "Imperial", observaram que a deficiência de B não alterou os teores de N, P, K e Mg em nenhuma das quatro épocas analisadas, sugerindo que a deficiência de boro pode comprometer certos processos metabólicos e estruturais dentro da planta, especialmente no fruto. Entretanto, não afeta a capacidade da planta de absorver ou utilizar outros nutrientes como nitrogênio, fósforo, potássio e magnésio.

Mesmo quando as plantas estão morfológicamente desenvolvidas e exibem boas características de crescimento (Tabelas 6 e 7), teores adequados de pigmentos foliares (Tabela 9) e boas características físico-biométricas dos frutos (Tabelas 11 e 12), ainda podem manifestar deficiência nutricional de nutrientes específicos, externando tal carência por meio de desordens fisiológicas.

Os teores de magnésio (Mg) obtidos no presente estudo, nos tratamentos de adubação orgânica (T7 e T8), apresentaram médias de 4,82 e 3,99 g.kg⁻¹, respectivamente (Tabela 14), demonstrando superioridade em relação aos resultados encontrados por Ramos *et al.* (2011), que encontraram médias entre 2,10 e 3,07 g.kg⁻¹, e também foram superiores aos mencionados por Siebeneichler (2002), que encontrou valores de 2,42 g.kg⁻¹ em abacaxi “Pérola”, embora inferiores e em conformidade com os valores encontrados por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997), que variaram de 4 a 5 g.kg⁻¹.

Em relação ao cálcio, os tratamentos de base orgânica (T7 e T8) estão superiores e em conformidade com os achados por Lisboa (2022), que encontrou valores variando entre 3,72 e 5,18 g.kg⁻¹ em abacaxi “Imperial”. Entretanto, foram inferiores aos encontrados por Ramos *et al.* (2011), que encontraram média de 7,59 g.kg⁻¹ na folha inteira para o tratamento completo aos 12 meses do ciclo da cultura.

É comum observar que distintas formas de um mesmo nutriente podem gerar respostas variadas em uma mesma espécie de planta. Isso ocorre principalmente devido à composição química e dinâmica específica de cada adubo, o que influencia diretamente na sua absorção e distribuição na planta (Danner *et al.*, 2009).

Observe-se, no presente estudo, que os adubos orgânicos (T7 e T8) se apresentaram como excelente alternativa de adubação, devido aos maiores teores médios dos macronutrientes P, Ca e Mg nas plantas, em relação à adubação de base mineral (T1, T2, T3, T4, T5, T6), com diferença significativa, com exceção do potássio, para o qual não foi observada diferença (Tabela 14).

Portanto, a matéria orgânica exerce papel crucial no aumento da capacidade de troca de cátions, resultando na disponibilidade de mais nutrientes para as plantas. Além disso, os biofertilizantes desempenham uma função primordial ao fornecer nutrientes essenciais para o desenvolvimento das plantas (Alencar *et al.*, 2015).

Na Tabela 15, observa-se que houve diferença significativa no teor médio de boro no estado nutricional do abacaxizeiro 'Turiaçu', entre os tratamentos T2 (10,50 mg.kg⁻¹) e T7 (13,50 mg.kg⁻¹), evidenciando que tanto os tratamentos de base mineral (T1, T3, T4, T5 e T6) quanto os de base orgânica (T7 e T8) proporcionam uma boa absorção do micronutriente pelas plantas. Esses resultados sugerem que tanto a utilização individual quanto a combinação de fontes minerais e orgânicas favorecem a assimilação desse micronutriente, mesmo em solos com baixa fertilidade natural.

O tratamento com aplicação de boro e cálcio foliar associado a NK (T5) apresentou o maior valor médio de Cu (3,60 mg.kg⁻¹), diferindo significativamente dos tratamentos Calagem

+ NK (T2), Calagem + B e Ca foliar + NK (T6), Calagem + AO + BIO (T7) e AO + BIO (T8), que apresentaram valores de 2,48 mg.kg⁻¹, 2,45 mg.kg⁻¹, 2,16 mg.kg⁻¹ e 1,81 mg.kg⁻¹, respectivamente. No caso do Zn, o tratamento T5 obteve o maior valor médio (8,75 mg.kg⁻¹), diferindo estatisticamente dos tratamentos controle (T1), Calagem + NK (T2), B solo + NK (T3), Calagem + B solo + NK (T4) e Calagem + B e Ca foliar + NK (T6), que apresentaram teores entre 2,64 e 4,45 mg.kg⁻¹.

Tabela 15 - Teores médios de micronutrientes em folha D de plantas de abacaxi Turiaçu, sob adubação mineral e orgânica. São Luís - MA, 2024

Tratamento	Cu	Zn	B
	mg kg ⁻¹		
Controle	2,96 abc	3,49 bc	11,60 ab
Calagem + NK	2,48 bcd	3,07 c	10,50 b
B solo + NK	3,27 ab	4,45 bc	11,63 ab
Calagem + B solo + NK	2,77 abcd	3,59 bc	13,20 ab
B e Ca foliar + NK	3,60 a	8,75 a	12,58 ab
Calagem + B e Ca foliar + NK	2,45 bcd	2,64 c	11,34 ab
Calagem + AO + BIO	2,16 cd	6,69 ab	13,50 a
AO + BIO	1,81 d	5,21 abc	12,00 ab
p	0,0001	0,0001	0,0501
CV(%)	15,11	31,62	11,03

Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. B: Boro; Ca: Cálcio; AO: adubação orgânica; BIO: Biofertilizante foliar.

Fonte: elaborado pelo próprio autor.

Os valores encontrados no presente estudo para os micronutrientes Cu, Zn e B são inferiores aos observados por Lima (2024) em seu estudo sobre o abacaxizeiro “Turiaçu”, submetido a diferentes doses de nitrogênio. Foram registrados valores de 15,61 mg.kg⁻¹ para B, 5,57 mg.kg⁻¹ para Cu e 24,55 mg.kg⁻¹ para Zn, obtidos utilizando sua maior dose de N.

No estudo realizado por Lisboa (2022) com o abacaxizeiro “Imperial”, foram identificados valores superiores aos encontrados no presente estudo, com teores entre 13,13 e 21,30 mg.kg⁻¹ para o boro, 2,93 e 4,94 mg.kg⁻¹ para o cobre (Cu) e 10,03 e 13,86 mg.kg⁻¹ para o zinco (Zn). Esta diferença pode ser atribuída à baixa fertilidade natural de micronutrientes em solos tropicais, o que torna essencial a suplementação desses nutrientes via aplicação foliar ou no solo.

A aplicação adequada de micronutrientes, elementos essenciais utilizados em pequenas quantidades pelas plantas, desempenha um papel crucial no aumento do rendimento e na

melhoria da qualidade dos produtos agrícolas. Além disso, é fundamental para garantir o equilíbrio desses elementos nas plantas, promovendo um desenvolvimento vigoroso (Tavakoli *et al.*, 2014).

5 CONCLUSÕES

Os tratamentos orgânicos promoveram um controle mais efetivo no número de lesões, com redução significativa em relação ao controle e aos tratamentos com adubação mineral, resultando em uma notável melhoria na aparência do fruto.

O tratamento de calagem + esterco + biofertilizante foi o mais efetivo no controle das lesões corticosas, com 57,1% dos frutos sem nenhuma lesão, embora tenha proporcionado frutos com baixo valor comercial (massa abaixo de 500 g).

Os tratamentos com adubação mineral apresentaram maiores valores médios das variáveis físico-biométricas, proporcionando frutos com bom padrão comercial e plantas vigorosas.

O tratamento de base mineral mais efetivo no controle das lesões foi calagem + boro e cálcio foliar + NK (média de 2,0 LCTs/fruto e redução de 66,21%), com massa média dentro do padrão comercial.

As concentrações foliares de nutrientes foram significativamente afetadas pelos tratamentos.

REFERÊNCIAS

- AGHDAM, M. S. *et al.* The language of calcium in postharvest life of fruits, vegetables and flowers. **Scientia Horticulturae**, v. 144, p. 102-115, 2012.
- AGUIAR JÚNIOR, J. R. A.; ARAUJO, J. R. G. **Avaliação de espaçamentos no sistema de plantio em fileira simples e duplas para a cultura de abacaxi Turiaçu**. São Luís, MA: UEMA, 2009.
- AGUIAR JÚNIOR, R. A. **Desenvolvimento vegetativo, expansão da colheita e qualidade de frutos de abacaxi ‘Turiaçu’ em função da época de plantio e mulching**. 2014. Dissertação (Mestrado em Agroecologia) – Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2014.
- ALENCAR, T. L. *et al.* Atributos físicos de um Cambissolo cultivado e tratado com biofertilizante na Chapada do Apodi, Ceará. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, p. 737-749, 2015.
- ALLAN, C.; MORRIS, R. J.; MEISRIMLER, C. N. Encoding, transmission, decoding, and specificity of calcium signals in plants. **Journal of Experimental Botany**, v. 73, n. 11, p. 3372–3385, 2 jun. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/jxb/erac105>. Acesso em: [data].
- ANSARI, M. F.; TIPRE, D. R.; DAVE, S. R. Efficiency evaluation of commercial liquid biofertilizers for growth of *Cicer arietinum* (chickpea) in pot and field study. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 4, p. 17-24, 2015.
- ARAUJO, J. R. G. *et al.* Abacaxi ‘Turiaçu’: cultivar tradicional nativa do Maranhão. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, SP, v. 34, n. 4, p. 1270-1276, 2012.
- ARUNKUMAR, B. R. *et al.* Boron: a critical micronutrient for crop growth and productivity. **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, v. 7, n. 2, p. 2738-2741, 2018.
- BARBOSA, J. C.; MADONADO JÚNIOR, W. **Experimentação agrônômica & AgroEstat: sistema para análises estatísticas de ensaios agrônômicos**. Jaboticabal: Gráfica Multipress Ltda, 2015.
- BATAGLIA, O. C.; SANTOS, W. R. Estado nutricional de plantas perenes: avaliação e monitoramento. **Informações Agrônômicas**, Piracicaba, n. 96, p. 1-8, 2001.
- BERILLI, S. S. *et al.* Avaliação da qualidade de frutos de quatro genótipos de abacaxi para consumo *in natura*. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, n. 2, p. 503–508, abr. 2014.
- BONFIM NETO, A. L. **Caracterização do sistema tradicional “Tacuruba” de produção de abacaxi Turiaçu: perfil dos agricultores familiares e perspectivas de inovação tecnológica**. 2010. Dissertação (Mestrado em Agroecologia) – Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2010.

BOTREL, N. *et al.* Efeito de diferentes fontes, níveis e modos de aplicação de fósforo na cultura do abacaxizeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 26, n. 6, p. 907-912, jun. 1991.

BRASIL. Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 1, de 1 de fevereiro de 2002**. Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade para a Classificação do Abacaxi. [S.l.:s.n.], 2002.

BREGONCI, I. D. S. *et al.* Adubação foliar com macro e micronutrientes no crescimento de mudas micropropagadas do abacaxizeiro cv. Gold [*Ananas comosus* (L.) Merrill] em diferentes recipientes. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 3, p. 705–711, maio 2008.

CABRAL, J. R. S. **Abacaxi: produção e mercado**. Fortaleza: Instituto Frutal, 2007.

CABRAL, J. R. S. **Cultivares de abacaxi**. Cruz das Almas-BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 1999. (Embrapa Mandioca e Fruticultura. Circular Técnica, 331).

CAETANO, L. C. S. *et al.* Effect of fertilization with nitrogen, phosphorus and potassium on growth, yield and fruit quality of pineapple ‘Vitoria’. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 3, p. 883-890, 2013.

CARDOSO, E. A. **Crescimento, estado nutricional, produção e qualidade de infrutescência do abacaxizeiro ‘Pérola’ em função da adubação nitrogenada e potássica**. 2017. Tese (Doutorado em Agronomia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2017.

CARDOSO, M. M. *et al.* Growth of pineapple ‘Vitória’ irrigated under different population densities, sources and doses of nitrogen. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 3, p. 769-781, 2013.

CARPENA, R. O. *et al.* Boron and calcium distribution in nitrogen-fixing pea plants. **Plant Science**, v. 151, p. 163–170, 2000.

CARVALHO, C. A. L. D. *et al.* **Tópicos em Ciências Agrárias**. Cruz das Almas, BA: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, 2009.

CAS, V. L. S. **Mineralização do carbono e do nitrogênio no solo com o uso do lodo de esgoto e palha de aveia**. 2009. 69 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. rev. ed. Lavras: Ufla - Universidade Federal de Lavras, 2005.

COIMBRA, B. M. **Qualidade física do solo com diferentes sistemas de preparo e plantas de cobertura para o cultivo de abacaxi**. Jaboticabal, 2022. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2022.

CQH - CENTRO DE QUALIDADE EM HORTICULTURA. **Programa brasileiro para a modernização da horticultura**. Normas de Classificação do Abacaxi. São Paulo: CEAGESP, 2003.

CUNHA, J. M. *et al.* Qualidade de frutos de abacaxizeiro ‘Vitória’ sob deficiência de macronutrientes e boro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 41, n. 5, p. e-080, 2019.

DANNER, M. A. *et al.* Fontes de cálcio aplicadas no solo e sua relação com a qualidade da uva ‘Vênus’. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, n. 3, p. 881–889, set. 2009.

DAS, B.; DAS, K. K.; ROY, T. N. Study on Marketing System and Value Addition of Pineapple Fruit (*Ananas comosus*) in West Bengal. **Agricultural Economics Research Review**, v. 29, n. 2, p. 279-285, 2016.

DE BANG, T. C. *et al.* The molecular–physiological functions of mineral macronutrients and their consequences for deficiency symptoms in plants. **New Phytologist**, v. 229, n. 5, p. 2446-2469, 2021.

DE SÁ, A. A. S. *et al.* A importância do cálcio para a nutrição de plantas: uma revisão. **Scientific Electronic Archives**, v. 17, n. 2, 2024. Disponível em: <https://sea.ufr.edu.br/index.php/SEA/article/view/1873>. Acesso em: 10 nov. 2024.

DONG, X.; WROLSTAD, R. E.; SUGAR, D. Extending shelf life of fresh-cut pears. **J. Food Science**, v. 65, p. 181–186, 2000.

FAO; FIDA; OMS; PMA; UNICEF. **The State of Food Security and Nutrition in the World 2023**. Urbanization, agrifood systems transformation and healthy diets across the rural–urban continuum. Roma: FAO, 2023. Disponível em: <https://openknowledge.fao.org/items/258c4bcf-0489-4544-986d-ce6d00118dea>. Acesso em: 19 nov. 2023.

FERÉS, J. M. C. **Qualidade dos frutos e composição mineral de abacaxizeiro em função do fornecimento de nutrientes minerais**. 2020. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, Campos dos Goytacazes, RJ, 2020.

FIGUEROA, E. A.; ESCOSTEGUY, P. A. V.; WIETHÖLTER, S. Dose de esterco de ave poedeira e suprimento de nitrogênio à cultura do trigo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 7, p. 714-720, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/CM8pwZR5snD8myHkSL5PjFc/?lang=pt>. Acesso em: 15 nov. 2023.

FINATO, J. *et al.* A importância da utilização da adubação orgânica na agricultura. **Revista Destaques Acadêmicos**, Lajeado, v. 5, n. 4, p. 85-93, 2013.

FREITAS, S. T.; JIANG, C. Z.; MITCHAM, E. J. Mechanisms involved in calcium deficiency development in tomato fruit in response to gibberellins. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 31, n. 2, p. 221-234, 2012.

FURLANI JÚNIOR, E. *et al.* Correlation between chlorophyll readings and levels of nitrogen applied in bean. **Bragantia**, Campinas, v. 55, p. 171–175, 1996.

GONÇALVES, M. V. **Arquitetura de planta, teores de clorofila e produtividade de batata, cv. Atlantic, sob doses de silicato de potássio via foliar**. 2009. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia-MG, 2009.

GUARÇONI, A.; VENTURA, J. A. Adubação NPK e o desenvolvimento, produtividade e qualidade dos frutos do abacaxi ‘Gold’ (MD-2). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 4, p. 1367-1376, 2011.

HAVLIN, J. L. *et al.* **Soil fertility and fertilizers: an introduction to nutrient management**. 8. ed. New Jersey, USA: Pearson, Inc., 2014.

HENDRY, G. A. F.; GRIME, J. P. **Methods in comparative plant ecology: a laboratory manual**. London: Chapman & Hall, 1993.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção agrícola**. [S.l.]: IBGE, 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/abacaxi/br>. Acesso em: 11 nov. 2023.

INMET - INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Dados de precipitação pluviométrica, Temperatura Mínima e Máxima e Insolação**. [S.l.:s.n.], 2014. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/dadoshistoricos>. Acesso em: 1 ago. 2024.

IRINEU, T. H. S. **Adubação orgânica e parcelamento de nitrogênio, fósforo e potássio no abacaxizeiro ‘Pérola’ em condições semiáridas**. 2019. Tese (Doutorado) – Universidade Federal Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, 2019.

ISHFAQ, M. *et al.* Foliar nutrition: potential and challenges under multifaceted agriculture. **Environmental and Experimental Botany**, v. 200, p. 104909, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2022.104909>. Acesso em: 15 nov. 2023.

KRISHNASREE, R.; RAJ, S. K.; CHACKO, S. R. Foliar nutrition in vegetables: A review. **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, v. 10, 2021. Disponível em: <https://www.phytojournal.com/archives/2021.v10.i1.13716/foliar-nutrition-in-vegetables-a-review>. Acesso em: 19 nov. 2023.

KUMAR, S.; KUMAR, S.; MOHAPATRA, T. Interaction between macro- and micro-nutrients in plants. **Frontiers in Plant Science**, v. 12, p. 665583, 2021.

LEONARDO, F. A. P. *et al.* Teor de clorofila e índice SPAD no abacaxizeiro cv. Vitória em função da adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 2, p. 377–383, jun. 2013.

LICHTENTHALER, H. K. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. **Methods of Enzymology**, v. 148, p. 350-382, 1987.

LIMA, E. S. **Desenvolvimento do abacaxizeiro variedade Turiaçu submetido a adubação com níveis de Nitrogênio e Potássio em terra firme da Amazônia central**. 2024. Dissertação (Mestrado em Agricultura Trópico Úmido) – Coordenação do Programa de Pós-Graduação, INPA, 2024.

LISBOA, C. S. **Fontes alternativas de potássio no cultivo do abacaxizeiro ‘BRS Imperial’**. 2022. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, Campos dos Goytacazes, RJ, 2022.

LOURES, D. S. *et al.* Cultivation of pineapple as a function of the splitting of top-dressing potassium fertilization. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 7, p. e42510716722, 2021. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/16722>. Acesso em: 19 nov. 2023.

LUZ, A. B. B. **Caracterização da cobertura pedológica e avaliação da aptidão agrícola dos solos da Comunidade Serra dos Paz, município de Turiaçu (MA)**. 2017. Monografia (Graduação) – Curso de Engenharia Agrônoma, Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, MA, 2017.

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

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

MALÉZIEUX, E. Dry matter accumulation and yield elaboration of pineapple in Cote d’Ivoire. **Acta Hort.**, v. 334, p. 149-158, 1993.

MALÉZIEUX, E.; BARTHOLOMEW, D. P. Nutrição de plantas. *In: O abacaxi: botânica, produção e usos*. [S.l.:s.n.], 2003. p. 143-165.

MARQUES, L. S. *et al.* Análise química da folha “D” de abacaxizeiro cv. Smooth Cayenne antes e após a indução floral em função de doses e parcelamentos de nitrogênio. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 1, 2013.

MARROCOS, S. T. P. *et al.* Microbiological and chemical composition of at different times bio-fertilizers decomposition. **Revista Caatinga**, v. 25, n. 4, p. 34–43, 2012.

MARTINS, A. G.; VENTURA, J. A. Adubação N-P-K e o desenvolvimento, produtividade e qualidade dos frutos do abacaxi “Gold” (MD-2). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 4, p. 1367-1376, 2011.

MATOS, A. P. *et al.* **Guia prático para reconhecimento de problemas fitossanitários e deficiências nutricionais no abacaxizeiro**. Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2021.

MUNIZ, Y. S. *et al.* Perspectivas da abacaxicultura no município de São Domingos do Maranhão. **Revista Craibeiras de Agroecologia**, v. 2, n. 1, 2018. Disponível em: <https://www.seer.ufal.br/index.php/era/article/view/6123>. Acesso em: 19 nov. 2023.

NATALE, W.; ROZANE, D. E. **Análise de solo, folhas e adubação de frutíferas**. Registro: UNESP, Campus Experimental de Registro. [S.l.:s.n.], 2018.

NIELSON, F. H. Boron. **Encyclopedia of Food and Health**, v. 1, p. 451-455, 2016.

PEREIRA, A. P. A. **Qualidade pós-colheita de frutos de abacaxi ‘Pérola’ e ‘Turiaçu’**: influências das condições de armazenamento e avaliação sensorial. 2013. Dissertação (Mestrado em Agroecologia) – Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2013.

PEREIRA, G. L. *et al.* Boron: More than an essential element for land plants?. **Frontiers in Plant Science**, v. 11, p. 610307, 2021.

PINHEIRO, G. V. **Diagnóstico nutricional do abacaxi ‘Turiaçu’ e relação com ocorrência de lesões corticosas nos frutos em pré e pós-colheita**. São Luís, 2018. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Agroecologia, Universidade Estadual do Maranhão.

PIRAYESH, N. *et al.* Organellar calcium signaling in plants: An update. **Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Molecular Cell Research**, v. 1868, n. 4, p. 118948, 2021. ISSN 0167-4889.

RAIJ, B. V. *et al.* **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônomo e Fundação IAC, 1997.

RAMOS, M. J. M. *et al.* Deficiência de macronutrientes e de boro em abacaxizeiro 'Imperial': composição mineral. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 1, p. 261–271, mar. 2011.

RAMOS, M. J. M. *et al.* Leitura SPAD em abacaxizeiro Imperial cultivado em deficiência de macronutrientes e de boro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 1, p. 277–281, mar. 2013.

RAMOS, L. M. *et al.* Vegetative development of Turiaçu pineapple under two ecological conditions in Maranhão, Brazil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 42, n. 6, p. e–625, 2020.

REINHARDT, D. H. **Abacaxi – práticas pós-indução floral que podem aumentar o tamanho do fruto**. Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2021.

REINHARDT, D. H. **Abacaxi: produção, pós-colheita e mercado**. Fortaleza: Instituto Frutal, 2004.

- REIS, F. D. O. *et al.* Respostas ecofisiológicas de plantas de abacaxi 'Turiacu' em estágios vegetativos e reprodutivos à adubação do solo e localização da cultura. **Ciência Rural**, v. 54, p. e20220592, 2024.
- REIS, F. O. *et al.* Fruit quality of a traditional pineapple cultivar (Turiacu) compared to the most popular cultivar (Pérola) in Brazil. **Australian Journal of Crop Science**, v. 13, n. 4, p. 546-551, 2019.
- REIS, R. M. F. **Qualidade dos frutos e reação à fusariose de seleções clonais de abacaxi 'Turiacu'**. São Luís: UEMA, 2020.
- REIS, L. L. *et al.* Custo de produção e rentabilidade de abacaxizeiro cv. Pérola em Cassilândia (MS), sob diferentes doses de potássio. **Journal of Biosciences**, v. 28, n. 5, p. 725-733, 2012.
- SABATER, B.; RODRIGUEZ, M. T. Control of chlorophyll degradation in detached leaves of barley and oat through effect of kinetin on chlorophyllase levels. **Physiologia Plantarum**, v. 43, p. 274-276, 1978.
- SAMPAIO, A. C.; FUMIS, T. F.; LEONEL, S. Crescimento vegetativo e características dos frutos de cinco cultivares de abacaxi na região de Bauru-SP. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 3, p. 816-822, 2011.
- SANTOS, A. W. O. **Controle de lesões corticosas na casca e qualidade de frutos de Abacaxi cv. Turiacu fertilizado com boro**. 2013. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Agroecologia, Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2013.
- SANTOS, J. O. S. **Desenvolvimento do abacaxizeiro (Ananas comosus (L.) Merrill.) cv. Turiacu com aplicações de biofertilizante aeróbico em plantio com e sem mulching**. 2021. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2021.
- SARRUGE, J. R.; HAAG, H. P. **Análise química de plantas**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1974.
- SAURE, M. C. Calcium translocation to fleshy fruit: its mechanism and endogenous control. **Scientia Horticulturae**, v. 105, n. 1, p. 65-89, 2005. ISSN 0304-4238.
- SCHVEITZER, B.; HAHN, L.; PETRI, J. L. Exportação de nutrientes pelos frutos de macieira 'Gala' e 'Fuji' em pomares com diferentes produtividades e regiões. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 32, n. 3, p. 44-46, 2019.
- SIEBENEICHLER, S. C. **O boro na cultura do abacaxizeiro 'Pérola' no norte do Estado do Rio de Janeiro**. 2002. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goyatacazes, 2002.

SILVA, C. W. A. **Marcha de absorção de micronutrientes pelo abacaxizeiro 'Pérola' na região de Tabuleiros Costeiros da Paraíba.** 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2017.

SILVA, D. C. O. *et al.* Teores foliares de macro e micronutrientes em cultivares de abacaxizeiro submetidas à adubação foliar. **Iheringia, Série Botânica**, v. 77, 2023. Disponível em: <https://isb.emnuvens.com.br/iheringia/article/view/968>. Acesso em: 15 nov. 2023.

SILVA, D. C. O. *et al.* Adubação foliar na suplementação nutricional de cultivares de abacaxizeiro micropropagadas. **Investigación Agraria**, San Lorenzo, v. 22, n. 1, p. 22-29, jun. 2020. Disponível em: <https://11nq.com/siJka>. Acesso em: 15 nov. 2023.

SILVA, J. M. **Fisiologia do abacaxizeiro 'Vitória' cultivado sob diferentes condições de adubação, no litoral norte da Paraíba.** 2015. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Agrárias (CCA), Areia, 2015.

SINGH, V. *et al.* Need based nitrogen management using the chlorophyll meter and leaf colour chart in rice and wheat in South Asia: a review. **Nutrient Cycling Agroecosystems**, Dordrecht, v. 88, p. 361-380, 2010.

SOARES, M. R.; ALLEONI, L. R. F.; CASAGRANDE, J. C. Parâmetros termodinâmicos da reação de adsorção de boro em solos tropicais altamente intemperizados. **Química Nova**, v. 28, n. 6, p. 1014-1022, nov. 2005.

SOUSA, E. H. S. **Superação de desordem fisiológica e qualidade de frutos de abacaxi Turiaçu, em função de boro e biofertilizante foliar.** 2015. Dissertação (Mestrado em Agroecologia) - São Luís: UEMA, 2015.

SOUSA, E. H. S. **Superação de desordem fisiológica e qualidade de frutos de abacaxi Turiaçu, em função de boro e biofertilizante foliar.** São Luís: UEMA, 2015.

SOUZA, L. F. S.; REINHARDT, D. H. Pineapple. *In*: CRISÓSTOMO, L. A.; NAUMOV, A.; JOHNSTON, A. E. (Ed.). **Fertilizing for high yield and quality tropical fruits of Brazil.** Horgen: International Potash Institute, 2007. p. 179-201.

SOUZA, L. F. S.; REINHARDT, D. H. Abacaxizeiro. *In*: CRISÓSTOMO, L. A.; NAUMOV, A. (Orgs.). **Adubando para alta produtividade e qualidade: fruteiras tropicais do Brasil.** Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2009. p. 182-205.

SOUZA, L. F. S. Exigências edáficas e nutricionais. *In*: CUNHA, G. A. P.; CABRAL, J. R. S.; SOUZA, L. F. S. (orgs.). **O abacaxizeiro: cultivo, agroindústria e economia.** Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999. p. 67-82.

SOUZA, L. F. S.; OLIVEIRA, A. M. G. Calagem e adubação para o abacaxizeiro. *In*: BORGES, A. L. (org.). **Recomendações de calagem e adubação para abacaxi, acerola, banana, citros, mamão, mandioca, manga e maracujá**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2021. Cap. 6, p. 95-122.

SPIRONELLO, A.; FURLANI, P. R. Abacaxi. *In*: RAIJ, B. V. *et al.* **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 1997. p. 128-130.

SRIVASTAVA, A. K. *et al.* Integrated Soil Fertility Management in Fruit Crops: An Overview. **International Journal of Fruit Science**, v. 21, n. 1, p. 413-439, 2021. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/15538362.2021.1895034>. Acesso em: 10 nov. 2024.

SRIVASTAVA, P. C.; GUPTA, U. C. Essential trace elements in crop production. *In*: SRIVASTAVA, P. C.; GUPTA, U. C. (eds.). **Trace Elements in Crop Production**. New Delhi, India: Oxford & IBH Publishing Co. Pvt. Ltd., 1996. p. 73-173.

STREIT, N. V. *et al.* As clorofilas. **Ciência Rural**, v. 35, n. 3, p. 748-755, 2005.

TAIZ, L. *et al.* **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

TAVAKOLI, M. T. *et al.* The importance of micronutrients in agricultural production. **Advances in Environmental**, p. 3135, jun. 2014.

TEDESCO, M. J. *et al.* **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre: Biblioteca Setorial da Faculdade de Agronomia da UFRGS, 1995.

TEIXEIRA, L. A. J.; QUAGGIO, J. A. Abacaxi. **Boletim 100: Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: IAC, 2022.

TEIXEIRA, P. C. *et al.* **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2017.

VANCE, C. P.; STONE, C. U.; ALLAN, D. L. Phosphorus acquisition and use: critical adaptations by plants for securing a nonrenewable resource. **New Phytologist**, Lancaster, v. 157, n. 1, p. 423-447, 2003.

VERA-MALDONADO, P. *et al.* Role of boron and its interaction with other elements in plants. **Frontiers in Plant Science**, v. 15, p. 1332459, 2024.

VIEIRA, D. A. P. *et al.* Fluorescência e teores de clorofilas em abacaxizeiro cv. Pérola submetido a diferentes concentrações de sulfato de amônio. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 2, p. 360-368, jun. 2010.

WANG, C. *et al.* Hydrogen Sulfide in Plants: Crosstalk with Other Signal Molecules in Response to Abiotic Stresses. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 22, n. 21, p. 12068, nov. 2021. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1422-0067/22/21/12068>. Acesso em: 10 nov. 2024.

ZANELLA, F.; SONCELA, R.; LIMA, A. L. S. Formação de mudas de maracujazeiro “amarelo” sob níveis de sombreamento em Ji-Paraná/RO. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, n. 5, p. 880-884, 2006.