

COMPOSTOS ORGÂNICOS COMO FONTE DE ADUBAÇÃO ALTERNATIVA  
PARA OABACAXIZEIRO 'PÉROLA'

**JOÃO PAULO FERREIRA NERIS**

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE DARCY RIBEIRO

CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ  
FEVEREIRO – 2025

**COMPOSTOS ORGÂNICOS COMO FONTE DE ADUBAÇÃO ALTERNATIVA  
PARA O ABACAXIZEIRO 'PÉROLA'**

**JOÃO PAULO FERREIRA NERIS**

“Dissertação apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal”

Orientadora: Profa. Dra. Marta Simone Mendonça Freitas

**CAMPOS DOS GOYTACAZES -RJ  
FEVEREIRO – 2025**

**FICHA CATALOGRÁFICA**

UENF - Bibliotecas

Elaborada com os dados fornecidos pelo autor.

N446

Neris, João Paulo Ferreira.

COMPOSTO ORGÂNICO COMO FONTE DE ADUBAÇÃO ALTERNATIVA PARA O ABACAXIZEIRO 'PÉROLA' / João Paulo Ferreira Neris. - Campos dos Goytacazes, RJ, 2025.

72 f. : il.

Inclui bibliografia.

Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, 2025.

Orientadora: Marta Simone Mendonça Freitas.

1. *Ananas comosus* L.. 2. abacaxi. 3. lodo de esgoto. 4. organosolo. I. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. II. Título.

CDD - 630

COMPOSTOS ORGÂNICOS COMO FONTE DE ADUBAÇÃO ALTERNATIVA  
PARA OABACAXIZEIRO 'PÉROLA'

**JOÃO PAULO FERREIRA NERIS**

“Dissertação apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal”

Aprovada em 27 de fevereiro de 2025

Comissão Examinadora:

---

Dr. Paulo Cesar dos Santos (D.Sc., Produção Vegetal) – PMCG

---

Prof. Almy Júnior Cordeiro de Carvalho (D.Sc., Fruticultura tropical) – UENF

---

Dr. Rômulo André Beltrame (D.Sc., Produção Vegetal) – PMCG

---

Profa. Marta Simone Mendonça Freitas (Dra., Nutrição Mineral de Plantas) –  
UENF  
Orientadora

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a Deus por todo cuidado e proteção concedidos a mim. À minha família que não mediram esforços para eu chegar até aqui. Em especial meus pais, João Bosco e Sandra Ferreira, os quais sempre me apoiaram durante essa caminhada e me ajudaram de diferentes formas a superar as dificuldades ao longo deste percurso;

À minha orientadora profa. Dra. Marta Simone Mendonça Freitas pelas significativas lições e pela orientação recebida durante o mestrado, por toda a dedicação e paciência que me foram oferecidas na orientação e na realização da minha pesquisa;

Aos meus amigos de laboratório Alex Paulo Martins, Júlia Vimercati, David Gomes e Julio Soeiro pela contribuição e ajuda no desenvolvimento da minha pesquisa;

À Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF) pela oportunidade de realização do mestrado;

Ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal e seu corpo docente pelo conhecimento repassado durante essa jornada;

À FAPERJ pela bolsa concedida durante o curso de mestrado e pelo financiamento da minha pesquisa.

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	VIII
<b>ABSTRACT</b> .....	X
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	4
<b>3. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	5
3.1 A cultura do abacaxizeiro .....	5
3.2 Cultivar PÉROLA.....	7
3.3 Importância econômica e usos.....	8
3.4 Nutrição e adubação do abacaxizeiro.....	9
3.5 Calagem no abacaxizeiro.....	11
3.6 Composto orgânico na adubação.....	11
<b>4. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	15
4.1 Caracterização da área de estudo.....	15
4.2 Delineamento experimental .....	16
4.3 Preparação das mudas e condições do experimento .....	17
4.4 Variáveis de crescimento.....	18
4.5 Análises nutricionais na folha “D” .....	19
4.6 Análise de fertilidade do substrato .....	19
4.7 Análise estatística .....	19
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	20
5.1 Crescimento da planta .....	20
5.2 Teores de nutrientes na folha “D” do abacaxizeiro ‘Pérola’ .....	24
5.4 Teores de Nutrientes e pH no Substrato .....	34
<b>6. CONCLUSÕES</b> .....	44
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	45
<b>APÊNDICE</b> .....	55

## LISTA DE TABELAS E QUADROS

Tabela 1. Atributos químicos do solo utilizado no experimento .....	18
Quadro 1. Resumo da ANOVA para variáveis de crescimento do abacaxizeiro cultivar 'Pérola' em função de diferentes adubações.....	21
Tabela 2. Altura do abacaxizeiro 'Pérola' em função de diferentes adubações aos 177 dias de plantio em Campos dos Goytacazes.....	20
Tabela 3. Comprimento da folha "D" (cm) e massa seca da folha "D" (g) do abacaxizeiro 'Pérola' em função da presença e ausência de calcário aos 177 dias de plantio em Campos dos Goytacazes.....	23
Quadro 2. Resumo da ANOVA para as variáveis nutricionais do abacaxizeiro cultivar 'Pérola' em função de diferentes adubações. N= nitrogênio, P= fósforo, K= potássio, Ca= cálcio, Mg= magnésio, S= enxofre, B= boro, Fe= ferro, Mn= manganês, Zn= zinco, Cu= cobre.....	25
Tabela 4. Teores de Nitrogênio (N) e Potássio (K) na folha "D" do abacaxizeiro "Pérola" em função de diferentes adubações aos 177 dias de plantio em Campos dos Goytacazes.....	24
Tabela 5. Teores de Cálcio na folha "D" do abacaxizeiro "Pérola" em função de diferentes adubações aos 177 dias de plantio em Campos dos Goytacazes.....	27
Tabela 6. Teores de Magnésio na folha "D" do abacaxizeiro variedade "Pérola" em função da presença e ausência de calcário aos 177 dias de plantio em Campos dos Goytacazes.....	29
Tabela 7. Teores de micronutrientes na folha "D" do abacaxizeiro variedade "Pérola": Boro (B), Zinco (Zn) e Cobre (Cu), em função da presença e ausência de calcário aos 177 dias de plantio em Campos dos Goytacazes.....	30
Tabela 8. Teores de micronutrientes na folha "D" do abacaxizeiro variedade "Pérola": Ferro (Fe), Zinco (Zn), e Cobre (Cu), em função de diferentes adubações aos 177 dias de plantio em Campos dos Goytacazes.....	31
Tabela 9. Teores de Manganês (Mn) na folha "D" do abacaxizeiro "Pérola" em função de diferentes adubações aos 177 dias de plantio em Campos dos Goytacazes.....	32

## LISTA DE TABELAS E QUADROS

Quadro 3. Resumo da ANOVA para as variáveis de fertilidade do solo no cultivo do abacaxizeiro cultivar 'Pérola' em função de diferentes adubações. M.O= matéria orgânica, P= fósforo, K= potássio, Ca= cálcio, Mg= magnésio, S= enxofre, B= boro, Fe= ferro, Mn= manganês, Zn= zinco, Cu= cobre, pH= potencial hidrogeniônico e V%= saturação de bases.....	35
Tabela 10. Teores de Matéria Orgânica (M.O.), Fósforo (P), Potássio(K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Enxofre (S) no substrato, em função de diferentes adubações aos 177 dias de plantio em Campos dos Goytacazes.....	34
Tabela 11. Teores de Potássio(K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) no substrato, em função da presença e ausência de calcário aos 177 dias de plantio em Campos dos Goytacazes. ....	38
Tabela 12. Teores de micronutrientes no substrato: Manganês (Mn) e Zinco (Zn) e no substrato, em função de diferentes adubações aos 177 dias de plantio em Campos dos Goytacazes.....	39
Tabela 13. Teores Manganês (Mn) no substrato, em função da presença e ausência de calcário aos 177 dias de plantio em Campos dos Goytacazes.....	39
Tabela 14. Teores de ferro (Fe) no substrato, em função de diferentes adubações aos 177 dias de plantio em Campos dos Goytacazes.....	40
Tabela 15. Teores de cobre (Cu) no substrato, em função de diferentes adubações aos 177 dias de plantio em Campos dos Goytacazes.....	41
Tabela 16. Valores de pH e Saturação de bases (V) do substrato, em função de diferentes adubações aos 177 dias de plantio em Campos dos Goytacazes.....	42
Tabela 17. Valores de pH e Saturação de bases (V) do substrato, em função da presença e ausência de calcário aos 177 dias de plantio em Campos dos Goytacazes.....	43

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de localização da unidade de apoio experimental, no município de Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro.....	15
Figura 2. Evolução da temperatura média, máxima e mínima do ar e umidade relativa do ar registradas no interior da casa de vegetação na Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF.....	16

## **LISTA DE SÍMBOLOS, ABREVIATURAS E NOMENCLATURAS**

FAO: Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e estatística

EMBRAPA: Empresa Brasileira Pesquisa Agro Pecuária

M.O.: Matéria Orgânica

## RESUMO

NERIS, João Paulo Ferreira; M.Sc.; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro; fevereiro 2025; COMPOSTOS ORGÂNICOS COMO FONTE DE ADUBAÇÃO ALTERNATIVA PARA O ABACAXIZEIRO 'PÉROLA'; Orientadora: D.Sc. Marta Simone Mendonça Freitas.

O Brasil é um dos países que mais se destaca na produção de abacaxi, pois as condições de climáticas são favoráveis ao desenvolvimento dessa cultura. Todavia os solos brasileiros geralmente são deficientes nutricionalmente, resultando na redução da produtividade se a fertilização não for adequada. Assim, a adubação orgânica se mostra uma alternativa para suprir os nutrientes e as necessidades nutricionais de diversas frutíferas. Os compostos orgânicos podem ser oriundos de resíduos vegetais ou animais. Dessa maneira um dos mais importantes geradores de resíduos é a indústria principalmente aquela voltada para ramo alimentício, produzindo grandes quantidades de resíduos que podem ser usados como adubos orgânicos após serem tratados e realizada a compostagem. Um dos compostos que podem ser usados para a finalidade agrícola é o lodo de esgoto que além de ser um resíduo gerado em grande escala sendo uma preocupação ambiental. Outra fonte de composto orgânico é o organosolo, um produto constituído à base de misturas de diferentes matérias-primas vegetais. Nesse contexto, o trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos de compostos orgânicos, lodo de esgoto e organosolo, no desenvolvimento do abacaxizeiro cultivar Pérola, com o intuito de verificar o potencial desses materiais de origem orgânica na substituição da adubação mineral na cultura do abacaxizeiro. O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados (DBC), o esquema fatorial 3x2, sendo 3 tratamentos com o composto orgânico (adubação convencional, organosolo e lodo de esgoto) e com e sem calcário, com cinco repetições e duas mudas por unidade experimental. As plantas foram coletadas após 177 dias após o plantio e foram avaliados na parte aérea: massa seca (g), comprimento (cm), número de folhas, diâmetro do colo (mm) e os parâmetros de crescimento avaliados nas raízes incluíram massa seca das raízes (g). E para a folha "D" foram avaliados comprimento (cm), largura (cm) e massa seca (g), e determinação de teores de nutrientes na folha "D" e no substrato. Para a avaliação dos dados foram realizadas análises de variância pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. Os resultados mostram que houve

diferença somente para altura nos tratamentos em relação às variáveis de crescimento da planta. Os teores de nutrientes na folha “D” das plantas de abacaxizeiro ‘Pérola’, no período avaliado com organosolo apresentaram valores maiores ou iguais a adubação convencional para N, Ca, Fe, Zn e Cu e para as plantas adubadas com lodo de esgoto os nutrientes Ca, Fe, Cu. A adição de organosolo e lodo de esgoto influenciou no aumento de matéria orgânica no substrato. O composto organosolo proporcionou incrementos nos teores de P, Ca, S, Mn e Zn no substrato. E o lodo de esgoto Ca, Mn, Fe e Cu.

Palavras-chave: *Ananas comosus* L; abacaxi; lodo de esgoto; organosolo.

## ABSTRACT

NERIS, João Paulo Ferreira; M.Sc.; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro; february 2025; Organic compounds as an alternative fertilization source for 'Pérola' pineapple; Advisor: D.Sc. Marta Simone Mendonça Freitas.

Brazil is one of the leading countries in pineapple production, thanks to its favorable climatic conditions for the crop's development. However, Brazilian soils are typically poor in nutrients, which can lead to reduced productivity when fertilization is inadequate. In this context, organic fertilization presents a viable alternative for meeting the nutritional demands of various fruit crops. Organic compounds used for this purpose can originate from plant or animal waste. The food industry is one of the main generators of organic waste, producing large quantities that, once treated and composted, can be repurposed as organic fertilizers. Among the composts suitable for agricultural use is sewage sludge, a byproduct generated in large volumes and considered an environmental concern. Another promising source is organosol, an organic compost made from mixtures of various plant-based raw materials. This study aimed to evaluate the effects of two organic fertilizers—sewage sludge and organosol—on the growth of the 'Pérola' pineapple cultivar, with the goal of assessing their potential to replace mineral fertilizers in pineapple cultivation. The experimental design adopted was a randomized block design (DBC), with a 3x2 factorial scheme, 3 treatments with organic compost (conventional fertilizer, organosol and sewage sludge) and with and without lime, with five replications and two seedlings per experimental unit. The plants were harvested 177 days after the treatments were applied. The following parameters of the aerial part were evaluated: dry mass (g), plant height (cm), number of leaves, and stem diameter (mm). Root growth was assessed by measuring root dry mass (g). In addition, leaf "D" was analyzed for length (cm), width (cm), and dry mass (g), as well as for its nutrient content. Nutrient levels in the growing substrate were also determined. Data were analyzed using analysis of variance (ANOVA), followed by Tukey's test at a 5% significance level. The results showed that, among the plant growth variables, only plant height differed significantly between treatments. Nutrient analysis of leaf "D" revealed that plants treated with organosol had equal or higher concentrations of N, Ca, Fe, Zn, and Cu compared to those receiving conventional fertilization. In plants fertilized with sewage sludge, higher levels of Ca, Fe, and Cu were observed. Both organosol and sewage sludge

sludge contributed to increased organic matter content in the substrate. Specifically, organosol improved levels of P, Ca, S, Mn, and Zn, while sewage sludge enhanced levels of Ca, Mn, Fe, and Cu.

Keywords: *Ananas comosus* L; pineapple; sewage sludge; organosol

## 1. INTRODUÇÃO

O abacaxizeiro *Ananas comosus* (L.) Merrill., é uma planta monocotiledônea, herbácea, pertencente à família Bromeliaceae e amplamente cultivada em países tropicais como Brasil, Indonésia, Vietnã, Malásia, Tailândia, Índia, entre outros (Van Tran et al., 2023). O abacaxizeiro tem sua origem na América do Sul, provavelmente nas regiões Sul e Sudeste do Brasil, Argentina e Uruguai (Melo et al., 2006). O fruto é conhecido e prestigiado mundialmente devido ao sabor e aroma, além das suas propriedades medicinais que a espécie apresenta. No Brasil, sua planta é cultivada em diversos estados do país visando a comercialização, e sua ampla adaptação a condições edafoclimáticas (Franco et al., 2014).

O Brasil é um dos países que mais se destaca na produção de abacaxi, pois as condições de clima e solo são favoráveis ao desenvolvimento dessa cultura, conferindo-lhe o quarto lugar no ranking dos maiores produtores mundiais dos frutos tendo uma produção total de aproximadamente de 2,3 milhões de toneladas de abacaxi no ano de 2022, sendo o quarto colocado após a Filipinas, Costa Rica e Indonésia (Faostat, 2022). O Brasil teve uma área plantada de aproximadamente 63.943 hectares, no mesmo ano, sendo produzido entorno de um 1,5 bilhão de frutos por ano, e consequentemente arrecadando um faturamento de mais de R\$ 3,8 bilhões (IBGE, 2023).

Contudo, apesar de contribuir para uma economia bilionária, essa cultura enfrenta diversos desafios que prejudicam os produtores de abacaxi, resultando em uma produtividade menor. Estes desafios incluem práticas inadequadas de adubação, exploração inadequada do solo, ineficácia na indução floral, estresse hídrico, problemas fitossanitários e falta de padronização das mudas (Cunha et al., 1994, 1999; Santana et al., 2001). Além disso segundo Lima et al. (2020) a procura por produtos de origem orgânica tem aumentado ao longo dos anos. Entre 2000 e 2017, as vendas desses produtos cresceram em 500%.

Os teores de nutrientes do solo e das plantas pode afetar também a produtividade e a qualidade do abacaxi. Nas últimas décadas, métodos de fertilização excessivos e não científicos de longo prazo têm acometido sérios problemas ecológicos, incluindo acidificação do solo, compactação do solo e alteração da estrutura da comunidade microbiana do solo, além de levar a um desequilíbrio nos

nutrientes do solo (Pang et al., 2013; Gou et al., 2019).

Em razão disso, alguns solos brasileiros podem apresentar deficiências nutricionais para as plantas, sobretudo para espécies de plantas cultivadas que são consideradas altamente exigentes. Nesses casos, pode-se inferir que a adoção de práticas de adubação torna-se necessárias para garantir um bom desenvolvimento das culturas. A adubação orgânica configura-se como uma opção no quesito sustentabilidade e eficiência em relação ao uso de fertilizantes minerais convencionais, contribuindo para a melhoria da fertilidade natural dos solos e para a redução dos impactos ambientais associados ao uso de fertilizantes minerais.

Nesse contexto, a literatura aponta que diferentes tipos de materiais têm sido utilizados como fonte de adubação orgânica tais como: esterco de bovinos, caprinos e suínos, além de cama de aviário e outros compostos orgânicos (Irineu et al., 2024). Ainda segundo Irineu et al. (2024) esses materiais supracitados são ricos em carbono e nutrientes, melhoram as características de solos arenosos e com baixo teor em matéria orgânica, além de aumentar a capacidade de retenção de água do solo, o que pode reduzir a quantidade de água disponível para as plantas.

Apesar da ampla diversidade de materiais usados como fertilizantes orgânicos é interessante a incorporação de fontes como, por exemplo, o lodo de esgoto que se mostra como alternativa viável para suprir tal demanda na agricultura, com benefícios ambientais positivos, desde que seja conduzida de acordo com critérios seguros (Lousada, 2015). O lodo de esgoto é o principal resíduo gerado nas estações de tratamento de esgoto (ETEs), é rico em matéria orgânica, macro e micronutrientes. Seu uso como matriz para fertilizantes organominerais pode aumentar a concentração de nutrientes no solo (Kominko et al., 2017). Marine e Rusanescu (2023) verificaram que o lodo de esgoto aplicado em solos agrícolas melhorou as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo e pode ser usado como fertilizante para plantas cultivadas e melhoram a qualidade de solos degradados.

Outra fonte de fertilização orgânica é o Organosolo, um produto constituído à base de misturas de matérias-primas vegetais como: poda de árvore triturada; serragem; fibra de coco; borra de café; cama de equinos; carvão vegetal; carvão mineral; frutas, legumes e verduras; resíduos de refeitório; resíduo de pães, massas e bolos; resíduos de sucos e refrigerantes; resíduos de cervejarias; lodo ativado; talco (silicato de magnésio); biocatalisador orgânico líquido. Esse composto orgânico é

utilizado em diversas aplicações: na agricultura, na recuperação de áreas degradadas, no reflorestamento, na jardinagem e no paisagismo. Ademais, esse produto enriquece significativamente o solo ao introduzir uma concentração elevada de matéria orgânica, resultando em melhorias nas suas propriedades físicas, químicas e biológicas.

Nesse cenário, a pesquisa de compostos orgânicos é crucial, especialmente na exploração de novas fontes e produtos de origem orgânica. Isso é fundamental para avaliar os parâmetros morfológicos e promover o desenvolvimento das plantas cultivadas, com destaque para o abacaxizeiro, que ocupa o posto de terceira maior fruta tropical do mundo.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1. Objetivo Geral

Investigar os efeitos causados por diferentes compostos orgânicos, lodo de esgoto e organosolo, no crescimento de mudas da variedade 'Pérola' de abacaxizeiro.

### 2.2. Objetivos Específicos

- Pesquisar o impacto dos compostos orgânicos, Lodo de esgoto e Organosolo, no crescimento das mudas de abacaxizeiro da variedade 'Pérola';
- Avaliar o efeito dos compostos orgânicos nos teores de macro e micronutrientes nas mudas de abacaxizeiro da variedade 'Pérola';
- Avaliar os teores de macro, micronutrientes e matéria orgânica no substrato após aplicação dos compostos orgânicos e adubação convencional.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 3.1. A cultura do abacaxizeiro

O abacaxizeiro é uma planta monocotiledônea da família das bromeliáceas, as bromeliáceas compreendem cerca de 2.700 espécies distribuídas em 56 gêneros. Adaptada a climas tropicais, esta planta é de ciclo longo, sendo perene. Uma de suas características morfológicas é sua natureza herbácea, com um caule maleável do qual se desenvolve um pedúnculo que sustenta a inflorescência, resultando no fruto. Suas folhas são estreitas e algumas variedades apresentam espinhos nas bordas (Junio et al., 2019).

Além disso, apresenta porte médio entre as plantas adultas, das variedades comerciais, com uma variação entre 1 e 1,20 m de altura e 1 e 1,5 m de diâmetro, seus frutos possuem aspectos como o de ser saboroso e aroma intenso, que pode ser consumido tanto *in natura* quanto de forma industrializada, e são mais comumente consumidas nas seguintes formas: pedaços em calda, suco, pedaços cristalizados, geleias, licor, vinho, vinagre e aguardente (Teixeira et al., 2020).

Ao abordar o metabolismo do abacaxizeiro, é pertinente notar sua capacidade de adaptação ao metabolismo ácido das crassuláceas (CAM) para C3 em ambientes favoráveis (Couto et al., 2016). Portanto, trata-se de uma cultura com certa resistência ao estresse hídrico; no entanto, é em condições favoráveis que o abacaxizeiro alcança seu máximo desempenho produtivo (Silva et al., 2020).

O ciclo do abacaxizeiro se divide nas fases vegetativa, reprodutiva e propagativa, o primeiro ciclo ocorre do plantio à floração essa que pode ser natural ou induzida, a primeira fase é referente ao crescimento e desenvolvimento vegetativo; o ciclo reprodutivo está associado à produção do fruto que pode durar de cinco a seis meses; e a terceira e última fase está voltada para a propagação das mudas, onde todo o ciclo completo da cultura tem uma duração de 12 a 24 meses (Reinhardt, 2000).

Em relação às folhas da planta do abacaxizeiro elas estão classificadas em A, B, C, D, E e F, de acordo com a sua disposição na planta e formato. As folhas mais velhas se encontram localizadas na parte externa e as folhas mais jovens na parte interna. A folha “D” é aquela que é considerada a mais ativa metabolicamente, sendo a mais nova entre as folhas adultas, por esse motivo são as folhas frequentemente

usadas para análise do estado nutricional e do crescimento vegetativo da planta (Reinhardt et al., 2000; Silva et al., 2004).

Ainda sobre as características das folhas elas são canaliformes, do mesmo modo é possível observar a presença de uma cutícula que está presente na superfície da folha, essa por sua vez realiza uma proteção e da mesma forma concebe uma diminuição em relação à perda de água, além do mais ajuda na questão do uso de produtos empregues via pulverização, isso se dá pelo fato das folhas conduzirem os insumos empregados em direção à raiz (Cunha e Cabral, 1999).

O sistema radicular do abacaxizeiro se caracteriza por ser compacto, fibroso e superficial, sendo assim é uma raiz identificada como fasciculada e essas raízes podem chegar a medir de 0 a 25 cm normalmente, são raízes consideradas frágeis e sensíveis às condições físicas, químicas e biológicas do meio ambiente (Féres, 2020).

A indução floral do abacaxizeiro pode ocorrer de duas maneiras, natural onde acontece quando a planta recebe estímulos do meio, ocorrendo nas épocas mais frias do ano, essa indução natural provoca desuniformidade na colheita (Reinhardt, 2021). Contudo, pode acontecer de forma artificial, com isso as induções florais artificiais são mais utilizadas em plantios comerciais já que essa indução proporciona uniformização e padronização da frutificação do abacaxizeiro (Santos, 2023). E para o uso da floração induzida são empregues produtos como o carbureto de cálcio e o ethefon (ácido 2-cloroetilfosfônico), sendo esses os principais produtos utilizados no processo de indução artificial (Gondim; Azevedo, 2002; Reinhardt et al., 2017).

O abacaxizeiro é uma espécie originária da América do Sul, sendo assim, habituadas a climas tropicais variando de 22°C a 32°C sendo o ideal de 29°C a 32°C, pode tolerar períodos curtos de déficit hídrico apesar de ser uma planta com metabolismo CAM, que naturalmente tem uma eficiência maior no uso de água, em períodos de secas prolongadas pode ter retardamento no seu desenvolvimento e conseqüentemente na sua produtividade (Teixeira et al., 2020).

No que se diz respeito à adaptação ao solo, é uma cultura que tolera solos ácidos variando o pH de 4,5 a 5,5, de preferência bem drenados, com textura média ou arenosa, com isso apresentando uma eficiência maior no crescimento das suas raízes, é uma planta que necessita de um fotoperíodo entre 6 e 8h de exposição à luz solar, e ambientes com umidade relativa do ar por volta de 70% ou superior é desejável (Reinhardt et al., 2000).

De acordo com Crestani (2010) o grande sucesso que o abacaxizeiro

apresenta como espécie cultivada é resultante da alta adaptabilidade em regiões subtropicais e tropicais, a sua alta rusticidade e sua elevada e eficaz propagação assexual e, em especial da elevada aceitabilidade dos consumidores, tornam essa cultura com grande popularidade por todo o mundo.

### 3.2. Cultivar PÉROLA

A cultivar Pérola é amplamente cultivada no Brasil, com ênfase no consumo *in natura* e uma comercialização predominantemente direcionada ao mercado nacional, resultando em exportações limitadas em comparação com outras variedades. Suas características morfológicas compreendem um porte ereto, coroa dos frutos de tamanho considerável, altura variando de 50 cm a 70 cm, além de folhas longas e margens espinhosas que implicam em desafios no manejo e nos cuidados culturais nas plantações (Ramalho et al., 2009).

A produção de mudas é considerada abundante sendo mais produzida do tipo gemas axilares das folhas modificadas do pedúnculo, situado abaixo do fruto em desenvolvimento e poucas do tipo rebentões, os frutos da cultivar Pérola tem aspectos como o formato do fruto sendo Semicônica, dimensões do fruto consideradas médias, coloração da casca amarelada quando maduro e a cor da polpa é branca, a polpa tem °Brix que varia de 14 °Brix a 16 °Brix sendo uma doçura elevada, a acidez da polpa é moderada tida como agradável ao paladar, essa cultivar pode ter frutos com pesos variando de 1 kg a 1,5 kg (Ramalho et al., 2009).

Em termos de resistência de pragas e doenças, o abacaxi da variedade Pérola é suscetível à fusariose (*Fusarium subglutinans*) doença causada pelo fungo *Fusarium subglutinans*, e tolerante à murcha associada à cochonilha *Dactylopius coccus* (L), quando se trata de nematoide, mais precisamente nematoides das galhas (*Meloidogyne javanica*). Essa cultivar se mostrou altamente suscetível e para nematoide de lesões radiculares (*Pratylenchus brachyurus*) essa variedade mostrou-se vulnerável (Reinhardt et al., 2000).

### 3.3. Importância econômica e usos

Em 2023, os cinco estados brasileiros com a maior produção de abacaxi, de acordo com o IBGE, foram os seguintes: Pará liderou com 342.532 milhões de frutos, representando 21,52% da produção total do país. Em segundo lugar, a Paraíba produziu 304.750 milhões de frutos, correspondendo a 19,14% da safra anual. Minas Gerais ficou em terceiro lugar, com uma produção de 159.796 milhões de frutos, ou 10.03% do total. O Rio de Janeiro, por sua vez, registrou uma produção de 108.590 milhões de frutos, em uma área colhida de 4.352 hectares, o que representa mais de 6,80% da área colhida no Brasil. Essa produção gerou uma receita aproximada de 156,297 milhões de reais e corresponde a cerca de 6,82% da produção nacional (IBGE, 2023).

No estado do Rio de Janeiro, a região que se destaca é a Norte Fluminense, e se referindo mais precisamente ao município de São Francisco onde encontra-se uma área plantada de 3.800 hectares, sendo produzido por volta de 100 milhões de frutos, tendo uma produção média de 26.316/ha, nesse sentido se observa que a produção do estado do Rio de Janeiro está concentrada no município de São Francisco que representa 88,15% dessa totalidade.

Quanto a quantidade de frutos produzidos em 2023 por região fisiográfica, a região que mais se destacou foi o Norte com 34,59%, seguida de perto pela região Nordeste com 32,29% da produção nacional, logo após por Sudeste com 26,66%, Centro-Oeste 5,07% e Sul 1,39% (IBGE, 2023).

Nesse sentido, quando se refere ao ranking brasileiro de maiores valores de produção, conforme dados do IBGE, o abacaxi se encontra em 21º quando comparada a outros produtos agropecuários, vale salientar que é uma comparação entre os produtos de origem vegetal não somente com frutíferas, tendo um faturamento de 2.758.106,00 bilhões de reais no respectivo ano, no momento que é confrontada com outras frutíferas ela sobe para posição de 6º lugar em termos de valor de produção (IBGE, 2022). Já em quantidade produzida, segundo Abrafrutas (Associação Brasileira dos Produtores Exportadores de Frutas e Derivados) no ano de 2021 o abacaxi ficou em 5º entre as frutíferas com uma produção de aproximadamente 1,1 milhão de toneladas.

Segundo a CONAB 2020, no momento que se tem dimensão do tamanho da exportação desse fruto essa pode ser considerada ainda irrelevante, visto que no

Brasil no período de 2012 até agosto de 2019 ocorreu uma exportação somente de 48 mil toneladas do fruto, se dividindo em três categorias a fruta *in natura* representando 29% do total dessa exportação, o abacaxi preparado e processado 2%, bem como o suco de abacaxi 69% da totalidade da exportação nesse período.

### 3.4. Nutrição e adubação do abacaxizeiro

Em termos nutricionais o abacaxizeiro é uma planta com altas exigências, deste modo, demandando uma quantidade relativa de nutrientes, onde na grande parte dos solos cultivados naturalmente não supri essa demanda, sendo assim, indispensável o uso de adubação, os macronutrientes e micronutrientes são importantes para as plantas completarem seu ciclo de vida, assim, a sua demanda na ordem decrescente de extração/acumulação de macronutrientes pelo abacaxizeiro é potássio (K) > nitrogênio (N) > cálcio (Ca) > magnésio (Mg) > enxofre (S) > fósforo (P). Quanto aos micronutrientes, a ordem decrescente de acumulação é: manganês (Mn) > ferro (Fe) > zinco (Zn) > boro (B) > cobre (Cu) (Borges, 2021). A importância da adubação para o abacaxi se dá pelo fato da influência direta na qualidade e na produção desse fruto (Malézieux e Bartholomew, 2003; Caetano et al., 2013; Feres et al., 2020).

Para Leite et al. (2023), o abacaxizeiro, é uma planta considerada exigente nutricionalmente, todavia, em muitos casos cultivados em solos com baixa fertilidade e intemperados. Portanto, para plantios com fins comerciais se tem uma necessidade de suprir a demanda nutricional e com isso é crucial que seja feita a adubação nessas áreas (Malézieux e Bartholomew, 2003; Souza e Reinhardt, 2009).

Via de regra para a adubação dessa cultura é necessária a análise de solo da região e da folha do abacaxizeiro, se caso já foi cultivado no local, conforme a disponibilidade de nutrientes no solo é feita a recomendação de adubação. Entretanto, há outros fatores como a variedade plantada, o nível tecnológico adotado na exploração, o destino da produção e o retorno econômico (relação custo/benefício da adubação), também inferem na recomendação (Souza e Oliveira, 2021).

Estudos conduzidos por Coelho et al. (2007) sobre o estado nutricional e as características de crescimento do abacaxizeiro 'Jupi', em relação à adubação NPK, observaram que a massa foliar total, aos dez meses após o plantio, apresentou um

padrão quadrático em resposta ao aumento da dose da formulação aplicada, atingindo o valor estimado mais elevado na dose de 74,5 g/planta. Quanto aos teores foliares de nitrogênio (N), verificou-se um aumento linear na concentração desse elemento nos tecidos foliares com o aumento da aplicação da dose da formulação 20- 05-20. Os autores concordam que uma adubação com 80 g/planta da formulação 20- 05-20 proporciona uma nutrição adequada para nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) no cultivo do abacaxizeiro.

Andrade et al. (2022) investigaram as implicações da variação nas doses de fósforo (P) e enxofre (S) na eficiência nutricional pelo abacaxizeiro 'Pérola'. Os resultados revelaram que o aumento das doses de P e S resultou em uma redução na eficiência de recuperação desses nutrientes. Essa constatação demonstra a importância de manter quantidades ideais desses nutrientes para evitar a competição entre eles. Evidenciando que ao testar o aumento das doses de P, observou-se uma diminuição na absorção de S, indicando que o P teve um impacto negativo na taxa de absorção desse último nutriente. Isso sublinha a necessidade de cuidados na dosagem desses elementos para otimizar a absorção e evitar possíveis interferências entre eles.

Na pesquisa realizada por Rodrigues (2009) com abacaxizeiro cv. Pérola em função das relações K/N, buscou-se saber e entender qual seria a influência desses nutrientes na produção e desenvolvimento da planta. Nesse estudo, averiguou-se que doses mais elevadas de N (450 kg/ha) aumentaram o peso médio de frutos e a produtividade total. Além disso, a aplicação de nitrogênio (N) e potássio (K) após a indução floral, juntamente com o uso de sulfato de K, contribuiu para a redução da acidez dos frutos. Conseqüentemente, no estudo em questão, a utilização do sulfato de K resultou em uma receita bruta mais acentuada e um valor adicional superior.

Em estudos conduzidos por Siebeneichler et al. (2008), também com o abacaxizeiro 'Pérola' e a aplicação de boro, foi concluído que o peso e o tamanho dos frutos não foram afetados pelas aplicações foliares de bórax. Embora a aplicação foliar tenha impactado no aumento dos níveis de boro, especificamente nas porções mediana e apical das folhas, mas não alteram os teores nas porções aclorofilada e basal das folhas do abacaxizeiro.

### 3.5. Calagem no abacaxizeiro

A calagem do abacaxizeiro é fundamental, pois é a principal fonte de magnésio (Mg) e cálcio (Ca). De acordo com Souza et al. (2021), essa planta apresenta uma demanda significativa por magnésio, o que torna o uso de calcário dolomítico o mais adequado. A determinação da quantidade de calcário necessária para o cultivo do abacaxi tem se baseado em critérios que visam aumentar os níveis de Ca e Mg no solo e eliminar o alumínio (Al) tóxico, além de elevar a saturação por bases (V). Muitas vezes, a calagem é deixada de lado, devido à maior tolerância do abacaxizeiro às condições de acidez do solo.

Em pesquisa conduzida por Peixoto (2024), observou-se que a calagem provocou um incremento nos níveis de Ca e Zn trocáveis no solo. No entanto, a aplicação de 1,5 t ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico não alcançou o efeito esperado de elevação do pH. Antes do início do experimento, o pH do solo era de 4,26, e após 90 dias, registrou-se uma leve queda para 4,23.

Conforme observado por Silva et al. (2016) em sua pesquisa, a calagem exerceu um impacto significativo no tamanho do fruto com coroa e nos diâmetros apical, mediano e basal do abacaxi, além de influenciar a presença de N, P, Zn, Mn e Mg nas folhas, inicialmente, o pH da pesquisa era de 5,5, mas após 10 meses da aplicação do calcário, o pH elevou-se para 5,6 na média.

Embora o calcário possa ter resultados adversos em alguns estudos, sua importância é inegável, pois proporciona Ca e Mg, além de ajudar na neutralização do Al<sup>3+</sup>. Em situações de alta acidez, o uso do calcário pode elevar o pH do solo, favorecendo o desenvolvimento das raízes, o que, por sua vez, traz benefícios ao crescimento da parte aérea das plantas (Natale et al., 2012).

### 3.6. Composto orgânico na adubação

Os compostos orgânicos podem ser oriundos de resíduos vegetais ou animais, como esterco, farinhas, bagaços, cascas e restos vegetais de compostos ou em estágio de decomposição (Dutra, 2016). Dessa maneira, um dos mais importantes geradores de resíduos é a indústria principalmente aquela voltada para o ramo alimentício, produzindo grandes quantidades de resíduos que podem ser usados como adubos orgânicos após serem tratados e realizada a compostagem (Filho,

2022).

Apesar desses resíduos serem de grande valia para a agricultura, se não tratadas e depositadas adequadamente, podem gerar malefícios no âmbito ambiental, já que podem ser potenciais poluentes. Considerando que o depósito direto desse material no solo pode acarretar preocupações ambientais devido à fermentação não controlada e à significativa emissão de oxigênio durante seu processo de degradação (Filho, 2022). A adequação dessas matérias, principalmente na geração de adubos orgânicos, é uma alternativa tida como importante já que a agricultura tem uma demanda alta de matérias que possam disponibilizar nutrientes para as plantas.

E para esses resíduos, tanto de origem animal e vegetal, se tem uma etapa essencial que é a compostagem, processo natural de decomposição de matéria orgânica que conduz à formação de um composto orgânico abundante em nutrientes. Essa abordagem é empregada com o intuito de converter os resíduos em um material estabilizado e proveitoso para o solo e o crescimento das plantas (Kiehl, 2004).

Para a cultura do abacaxizeiro, quando se refere à adubação com matérias de origem orgânica, Cunha et al. (2005) observaram efeito positivo, sobretudo em solos de textura arenosa e, conseqüentemente, pobres em matérias orgânicas. Todavia, salienta que necessita de mais estudos nessa área do conhecimento.

Além disso, a adição de adubos orgânicos no solo colabora com o crescimento microbiano no solo, bem como melhorias de caráter físico-químicas do solo, assim fazendo com que se tenha um aumento de produção das culturas, quando comparado a fertilizante de origem mineral (Bonanomi et al., 2020). E desse modo, em função do aumento de regiões agrícolas, e com objetivo de ser ter um acréscimo na produtividade e um aumento na qualidade do fruto, tem-se empregado adubação orgânica e mineral no abacaxizeiro, isso com o intuito de aumentar a qualidade do solo, com a utilização desses fertilizantes tem-se um ganho nos aspectos físicos, químicos e biológicos do solo, e esse aumento vai contribuir para o melhor desenvolvimento da planta (Singh et al., 2010).

Um dos compostos que podem ser usados para a finalidade agrícola é o lodo de esgoto, que além de ser um resíduo gerado em grande escala sendo uma preocupação ambiental. Quando submetido a um processamento, tratamento e aplicação adequada, o material pode ser empregado para o aproveitamento dos seus nutrientes, especialmente em setores como agricultura, atividades florestais e restauração de solos degradados (Rigo et al., 2014).

Esse material é proveniente de esgotos e, geralmente, são categorizados em dois grupos principais: domésticos e industriais. Os esgotos domésticos são compostos principalmente por resíduos provenientes de habitações, incluindo despejos domésticos, uma porção de águas pluviais e infiltração de águas. Ocasionalmente, uma fração de resíduos industriais é incorporada aos esgotos domésticos, os esgotos domésticos têm origem principalmente em residências, edifícios comerciais, instituições ou qualquer estrutura que possua instalações sanitárias, lavanderias, cozinhas ou qualquer dispositivo que utilize água para fins domésticos (Lousada, 2015).

Rodrigues et al. (2022) estudando o uso do lodo de esgoto em cultivo de gramínea para uso como adubo orgânico, verificaram que o cultivo da gramínea com lodo de esgoto resultou em incremento nos teores de nitrogênio (N), cálcio (Ca), enxofre (S), sódio (Na) e resíduos minerais solúveis, além do aumento na condutividade elétrica, indicando sua mineralização, por outro lado, a prática de cultivo reduziu as concentrações totais de ferro (Fe) e chumbo (Pb), contribuindo para a diminuição do risco de toxicidade desses elementos. Com isso, verificou-se que o uso desse lodo de esgoto tem potencial no uso agrícola.

Já o organosolo que é um adubo caracterizado como orgânico, tem sua origem proveniente de diversos resíduos vegetais que sofrem um processo de compostagem termofílica bioestimulada completa, tendo como aspecto pó grosso, desagregado, peneirado em malha 9mm, castanho escuro, com odor leve, semelhante ao da camada superficial do solo da floresta, esse que pode ser utilizado como substrato e adubo orgânico. A aplicação desse produto varia de acordo com: teor de matéria orgânica do solo; teor de areia do solo; teor de argila do solo; tipo de cultura; estágio da cultura - plantio/ manutenção/ produção; regularidade pluviométrica; adoção de irrigação e fertilidade do solo.

Dessa maneira, Caetano et al. (2019) estudando a utilização de resíduos orgânicos para adubação do abacaxizeiro 'Vitória', concluíram que a palha de café pode ser utilizada para a adubação do abacaxizeiro em substituição à adubação nitrogenada sem necessidade de mistura com fertilizante mineral. Isso reforça a importância do estudo em alternativas à adubação mineral, principalmente focada em adubação orgânica.

Brito et al. (2020), avaliando biofertilizantes em plantas de abacaxizeiro, concluíram que o uso de biofertilizantes aeróbicos apresentou resultados semelhantes

ao uso de adubos químicos, e salienta ainda que uso de biofertilizantes poderá ser vantajoso em cultivos orgânicos ou como mais uma alternativa na produção integrada de abacaxi.

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1. Caracterização da área de estudo

O experimento foi conduzido em uma casa de vegetação localizada na Unidade de Apoio à Pesquisa da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, em Campos dos Goytacazes (21°45' S, 41°17' W, a 11 metros de altitude).

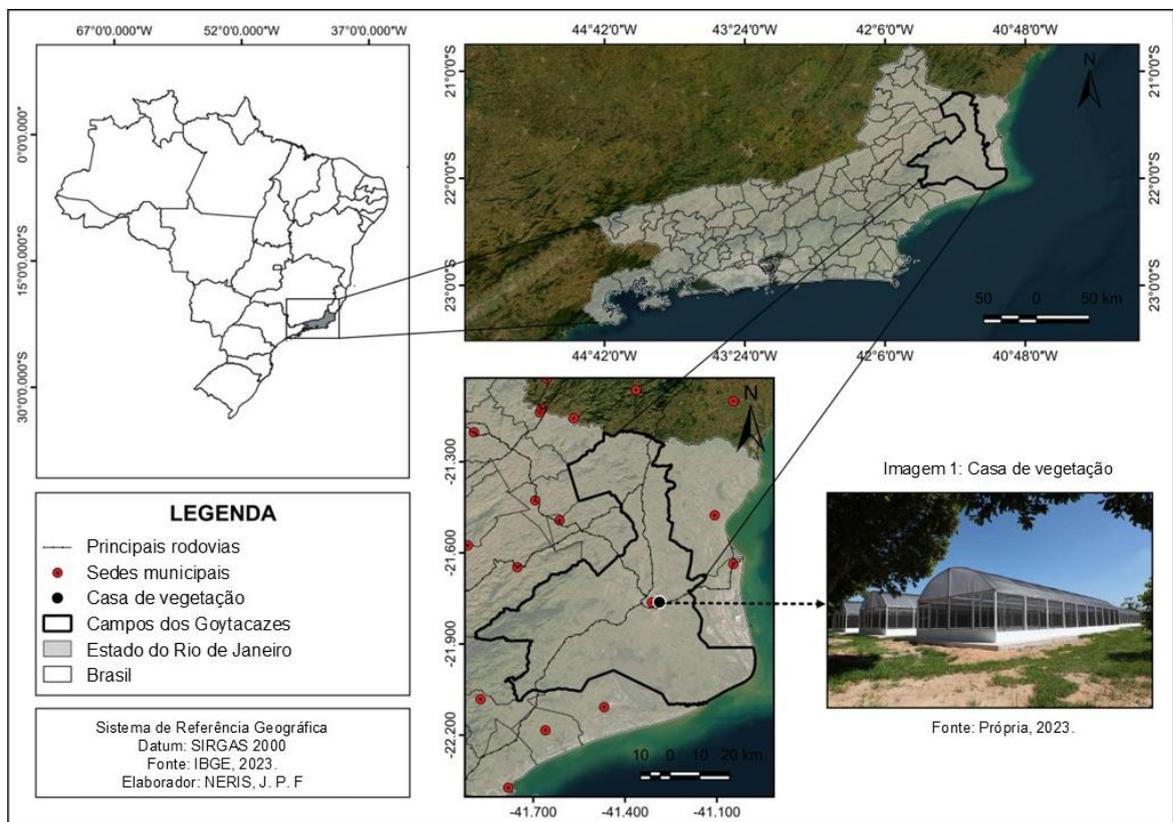


Figura 1. Mapa de localização da Unidade de apoio experimental, no município de Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro. Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Durante o período experimental, as temperaturas máxima e mínima no interior da casa de vegetação foram monitoradas utilizando o registrador de dados HOBO® Pro v2 Data Logger. Com isso a menor temperatura durante o experimento foi de 12,63°C, e a maior temperatura foi de 42,10°C, e a média foi de 24,93°C e foi registrado igualmente a média da umidade relativa do ar essa que foi de 74,99% encontram-se na (Figura 2).

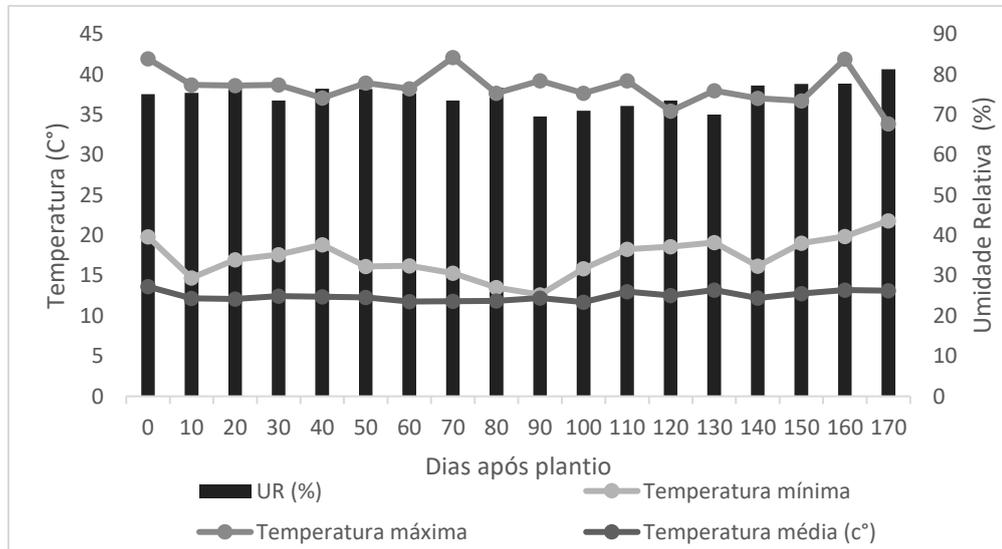


Figura 2: Registro de temperatura média, máxima e mínima do ar e umidade relativa do ar registradas no interior da casa de vegetação na Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF.

#### 4.2. Delineamento experimental

O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados (DBC), em esquema fatorial de 3x2, sendo adotado 3 tratamentos, com adubação convencional, organosolo e composto de lodo de esgoto, associados a dois níveis de calagem, com e sem adição de calcário. O experimento constou de cinco repetições, com duas mudas por unidade experimental, totalizando 60 mudas.

Com base na análise do solo, antes do plantio das mudas de abacaxizeiro ‘Pérola’ foi realizada a calagem com calcário dolomítico com PRNT de 91% nos tratamentos que previa a correção da acidez do solo para elevar o pH a 5,5 antes do plantio. A incorporação foi feita com uma betoneira para a mistura do solo com areia e o calcário para o tratamento com calagem.

O lodo de esgoto utilizado foi oriundo de uma parceria entre a empresa Águas do Paraíba e pesquisadores da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy

Ribeiro (UENF), sendo o projeto intitulado de “Fertilizantes do Bem”, material que tem sua origem no próprio município de Campos dos Goytacazes-RJ

Características químicas do lodo do esgoto: percentual de massa sólida 82,54%; 3503,43 mg/kg de nitrogênio amoniacal; 0,8 mg/kg de nitrato; 0,76 mg/kg de nitrito; 41,7 mg/kg de cobre total; 6,0 mg/kg de níquel total; 216 mg/kg de zinco total; 3360 mg/kg de fósforo total; 1261 mg/kg de potássio total; 87 mg/kg de sódio total; 1239 mg/kg de enxofre total; 7745 mg/kg de cálcio total; 1713 mg/kg de magnésio total; 10 mg/kg de boro total; 3284,1 mg/kg de alumínio total; 119,4 mg/kg de manganês total; 12080,4 mg/kg de ferro total; 2,12 mg/kg de cobalto total e 1349 mg/kg de silício total. A dose de 5 g/dm<sup>-3</sup> de lodo de esgoto utilizada no experimento foi baseada no trabalho de Lacerda et al. (2021).

Características químicas do organosolo: 0,75% de K<sub>2</sub>O; 1,8% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; 1% de N; 3,5% de Ca; 0,5% de Mg; 1,15% de S; 40% de matéria orgânica; 40% de umidade; 16% de relação C/N; 60% de matéria seca; condutividade 1,25 mS/cm e pH 7. A dose de 7,5 g/dm<sup>-3</sup>, cerca de 120 g por vaso, foi baseada na recomendação que a empresa apresenta a outras culturas ajustada conforme a exigência do abacaxizeiro.

A adubação convencional foi baseada na recomendação de Souza et al. (2021), realizada em duas parcelas, a primeira durante o segundo mês, após o plantio, e a segunda adubação durante o quarto mês. Os adubos utilizados foram cloreto de potássio, superfosfato simples e ureia.

#### 4.3. Preparação das mudas e condições do experimento

As mudas utilizadas no experimento foram as do tipo filhote, cultivar Pérola. Foram coletadas no campo e selecionadas com base no peso para padronização dos blocos experimentais. Após a seleção, as mudas foram submetidas a um processo de limpeza e desinfecção que consistiu em imergi-las, por cinco minutos, em uma solução contendo fungicida. Em seguida, esse material foi retirado da solução, sendo realizada a cura das mudas por três dias, e logo após foram plantadas em covas sob leves pressões manuais.

O plantio foi realizado em vasos com capacidade de 18,5 L. Para cada vaso, o substrato foi composto por uma mistura do material orgânico correspondente ao tratamento. O solo utilizado foi coletado na Escola Técnica Estadual Agrícola Antônio Sarlo, em Campos dos Goytacazes (21°45'S e 41°20'W, 10 m de altitude), a 12 km

da UENF, e a areia em um areal comercial (Areal Robaina) do mesmo município. Antes da instalação do experimento foram coletadas amostras de solo para serem feitas análises químicas garantindo maior controle e precisão nos tratamentos aplicados, e essa avaliação apresentou os seguintes atributos apresentados na Tabela 1. Ao longo da fase experimental, as plantas foram irrigadas por gotejamento, conforme as exigências hídricas da cultura, com vazão de  $1,2 \text{ L h}^{-1}$ , por 15 minutos de acordo com o recomendado para a cultura do abacaxi por Souza e Reinhardt (2007).

Tabela 1. Atributos químicos do solo utilizado no experimento.

<b>pH</b> H <sub>2</sub> O	<b>S-SO<sub>4</sub></b> ---mg/dm <sup>-3</sup> ---	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>Al</b>	<b>H+Al</b>	<b>Mo</b>	<b>CTC</b>	<b>SB</b>	<b>V</b>
			-----		mmol <sub>c</sub> /dm <sup>-3</sup>	-----		g/dm <sup>-3</sup>	mmol <sub>c</sub> /dm <sup>-3</sup>		%
4,2	11	6	0,7	13,9	10,8	10,9	42,0	16,72	67,6	25,6	38
<b>B</b>	<b>Cu</b>			<b>Fe</b>		<b>Mn</b>		<b>Zn</b>		<b>Na</b>	
-----mg dm <sup>-3</sup> -----											
0,49	0,09			88,69		1,21		0,52		0,20	

#### 4.4.1 Variáveis de crescimento

As plantas foram coletadas após 177 dias de plantio e foram avaliados na parte aérea: massa seca (g), comprimento (cm), número de folhas e diâmetro do colo (mm). Os parâmetros de crescimento avaliados nas raízes incluíram massa seca das raízes (g). E para a folha "D" do abacaxizeiro foram avaliados comprimento (cm), largura (cm) e massa seca (g).

Tanto a parte aérea quanto o sistema radicular foram submetidos à secagem em estufa com ventilação de ar forçado, mantida a 65°C por um período de 72 horas. Após a secagem, o material foi pesado utilizando balança analítica, a fim de determinar a massa seca da parte aérea e do sistema radicular com precisão.

#### 4.4.2 Análises nutricionais na folha “D”.

Após o processo de secagem o material seco foi moído em moinho do tipo Wiley, e armazenados em tubos falcon, para dar continuidade posterior na análise.

Para a quantificação dos teores de nitrogênio amoniacal e fósforo, as amostras foram submetidas à digestão sulfúrica e no extrato foram determinados os teores de nitrogênio e fósforo pelo método de Nessler (Jackson, 1958). enquanto para o boro (B) foi feita digestão seca. O cloro (Cl) foi determinado a partir de solução aquosa. Já os elementos potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), ferro (Fe), zinco (Zn), cobre (Cu), manganês (Mn) e sódio (Na) foram extraídos por meio de digestão nitro-perclórica, utilizando uma mistura de ácidos nítrico e perclórico.

#### 4.4.3 Análise de fertilidade do substrato

Ao final do experimento, foi realizada a análise da fertilidade do substrato, onde a coleta de solo no vaso foi feita com uso de um amostrador do tipo sonda no perfil do vaso, a 2 cm de distância da borda, com duas amostras simples em cada vaso da unidade experimental, que foram homogeneizadas, gerando uma amostra composta por unidade experimental. Foram determinados pH em água (pH H<sub>2</sub>O), matéria orgânica (MO), acidez potencial (H + Al), soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions (CTC) efetiva (t), CTC a pH 7,0 (T), saturação por bases (V%), e os teores de P, S, K, Ca, Mg, B, Fe, Mn, Zn e cobre (Cu) (Texeira et al., 2017).

#### 4.5 Análise estatística

A avaliação dos dados foi realizada por meio de análise de variância (ANOVA), com aplicação do teste F para verificação da existência de diferenças significativas entre os tratamentos, seguida de uma comparação de médias utilizando o Teste de Tukey, com nível de 5% de significância. As análises foram conduzidas no software R Studio 4.3.2 (Rstudio Team, 2024).

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Crescimento da planta

No quadro 1, são apresentados os resultados da ANOVA para as variáveis de crescimento do abacaxizeiro, aos 177 dias após o plantio. Observa-se que houve diferença significativa ( $p > 0,05$ ) para as variáveis altura das plantas, comprimento da folha “D” e massa seca da folha “D” no tratamento com calagem, independente dos compostos orgânicos (Tabela 2 e 3).

Os tipos de adubo orgânico e a calagem não influenciaram as variáveis diâmetro de colo, número de folhas, matéria seca da parte aérea e matéria seca das raízes e os valores médios foram, respectivamente, 45,35 mm, 22, 42,03 g e 65,44 g.

A aplicação de calcário influenciou significativamente a altura das plantas, conforme mostrado na Tabela 2. Observou-se que, na ausência de calcário, as plantas apresentaram maior crescimento, com uma altura média de 65,69 cm, enquanto na presença do corretivo essa média foi reduzida para 59,12 cm, o que indica que a adição de calcário limitou o desenvolvimento em altura das plantas neste experimento.

Tabela 2. Altura do abacaxizeiro 'Pérola' em função de diferentes adubações aos 177 dias de plantio em Campos dos Goytacazes.

Calcário	Altura (cm)
Presente	59,12b
Ausente	65,69a
CV(%)	8,25

Médias seguidas por letras diferentes indicam diferença significativa pelo teste F da ANOVA ( $p < 0,05$ ).

Quadro 1. Resumo da ANOVA para as variáveis de crescimento do abacaxizeiro cultivar 'Pérola' em função de diferentes adubações. Altura, diâmetro de colo, número de folhas, massa seca parte aérea, massa seca raiz, comprimento da folha "D", largura da folha "D" e massa seca da folha "D"

FV	GL	Quadrado Médio							
		Altura	Diâmetro de colo	Número de folhas	Massa seca PA	Massa seca raiz	Comprimento da folha "D"	Largura da folha "D"	Massa seca da folha "D"
Bloco	4	10,98 <sup>ns</sup>	12,72 <sup>ns</sup>	10,98*	121,65 <sup>ns</sup>	1860,17 <sup>ns</sup>	49,78 <sup>ns</sup>	0,067 <sup>ns</sup>	0,28 <sup>ns</sup>
Tratamento	2	5,63 <sup>ns</sup>	10,50 <sup>ns</sup>	1,75 <sup>ns</sup>	37,85 <sup>ns</sup>	559,20 <sup>ns</sup>	22,73 <sup>ns</sup>	0,29 <sup>ns</sup>	0,017 <sup>ns</sup>
Calcário	1	324,39*	8,27 <sup>ns</sup>	3,85 <sup>ns</sup>	262,90 <sup>ns</sup>	466,30 <sup>ns</sup>	280,30*	0,60 <sup>ns</sup>	2,46*
Trat x Cal	2	4,22 <sup>ns</sup>	12,54 <sup>ns</sup>	1,60 <sup>ns</sup>	93,6 <sup>ns</sup>	163,65 <sup>ns</sup>	8,09 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>	0,11 <sup>ns</sup>
Resíduo	20	26,48	32,44	2,64	107,63	658,75	26,99	0,27	0,27
CV%		8,25	12,56	7,42	24,68	39,22	8,30	13,03	17,22

Teste F \* significativo ao nível de 5% de probabilidade, ns não significativo.

Firmino (2024) avaliando diferentes composições para cobertura do solo com o objetivo de verificar o melhor desenvolvimento e produção para o abacaxizeiro 'Pérola', aos 276, observou que a altura da planta alcançou 51,10 cm e diâmetro de colo chegou a 58 mm. Mesmo o trabalho de Firmino (2024) no campo e com quase 100 dias a mais que o presente experimento, os parâmetros de crescimento são compatíveis com os encontrados na presente pesquisa. No estudo realizado por Biazatti (2016), 330 dias após o plantio, as variáveis de crescimento apresentaram resultados superiores em termos de altura, quantidade de folhas e massa seca da radicular, possivelmente pelo fato do experimento ter sido mantido por um período de 150 dias a mais que o presente trabalho.

Observa-se que mesmo com pH 5,64 e 5,22, com e sem calagem, e da saturação de bases (V%) de 65,28 e 52,46, as variáveis relacionadas ao crescimento apresentaram diferença significativa somente para altura da planta, comprimento e massa seca da folha "D". Embora fosse esperado que a aplicação de calcário pudesse afetar a matéria seca das raízes e, conseqüentemente, proporcionar maior altura e diâmetro nos tratamentos com calcário. No entanto, sabe-se que o abacaxizeiro se adapta bem a ambientes com baixo pH. Santos (2020) avaliando a presença e ausência da calagem no cultivo do abacaxizeiro 'Turiaçu' não verificou diferenças significativas entre os tratamentos que elevaram a saturação por bases de 40 (V%), para 50 (V%) e 60 (V%). Esses resultados reforçam a ideia de que a aplicação de calcário tem baixa influência sobre os parâmetros de crescimento do abacaxizeiro.

Venâncio (2013) avaliando a produção de mudas de três cultivares de abacaxizeiro (Pérola, Vitória e Imperial), em condições de campo e por um período de 210 dias após o plantio, sob adubação potássica, demonstra que as variáveis de crescimento obtidos na presente pesquisa são compatíveis principalmente se comparada ao tratamento que teve melhor desempenho no trabalho de Venâncio (2013). As variáveis analisadas, como número de folhas, altura e massa da matéria seca da parte aérea, apresentaram valores semelhantes, o que indica que os compostos orgânicos utilizados nesta pesquisa têm potencial para serem considerados como uma alternativa promissora para a adubação do abacaxizeiro 'Pérola', até 177 dias após o plantio em conjunto com a adubação convencional.

Ao comparar a altura das plantas com outros estudos encontrados na literatura, como os de Reinhardt et al. (2000) e Ramalho et al. (2009), que indicam

que o abacaxizeiro atinge uma altura entre 50 e 70 cm em seu desenvolvimento completo, os resultados obtidos neste estudo se mostram consistentes, onde as plantas atingiram alturas similares, o que sugere que os tratamentos utilizados têm potencial para serem aplicados na produção comercial dessa cultura, levando em consideração as variáveis de crescimento analisadas.

Não houve efeito significativo da interação entre compostos e calagem para os parâmetros de comprimento, largura e massa seca da folha "D", mas houve efeito isolado da aplicação da calagem para o comprimento e massa seca da folha "D" (Tabela 3). As maiores médias foram verificadas nos tratamentos com ausência de calagem, onde o substrato apresentou pH de 5,22; o comprimento alcançou 65,63 cm e a massa seca da folha "D" foi de 3,35 g. Quanto à largura da folha "D", não houve diferenças significativas entre os tratamentos, apresentando uma média geral de 3,99 cm.

Tabela 3. Comprimento da folha "D" (cm) e massa seca da folha "D" (g) do abacaxizeiro 'Pérola' em função da presença e ausência de calcário aos 177 dias de plantio em Campos dos Goytacazes.

Calcário	Comprimento da folha "D" (cm)	Massa seca da folha "D" (g)
Presente	59,51b	2,77b
Ausente	65,63a	3,35a
CV%	8,30	17,22

Médias seguidas por letras diferentes indicam diferença significativa pelo teste F da ANOVA ( $p < 0,05$ ).

Nesse contexto, comparando os resultados da presente pesquisa com outros estudos, como o de Francisco et al. (2014), que avaliaram o crescimento do abacaxizeiro 'Vitória' aos 270 dias e observaram que o comprimento médio da folha "D" foi 56,87 cm, valores compatíveis com os encontrados neste trabalho. Contudo, a largura média foi de 6,10 cm, valor bastante superior ao encontrado neste estudo, embora deva ser levado em consideração o maior tempo de condução do experimento no campo e também a cultivar. Lima (2021) estudando o crescimento do abacaxizeiro 'BRS Imperial' após 375 dias do plantio observou que o comprimento médio de 68,2 cm e a largura média de 5 cm para a folha "D" no melhor tratamento demonstram uma maior variação em relação aos parâmetros encontrados na

presente pesquisa, possivelmente devido ao maior tempo de desenvolvimento das plantas.

## 5.2 Teores de nutrientes na folha “D” do abacaxizeiro ‘Pérola’.

Para avaliar o impacto dos tratamentos na nutrição do abacaxizeiro ‘Pérola’, foi realizada uma análise de variância (ANOVA). A análise considerou os teores de nutrientes na folha “D”, aos 177 dias após o plantio. Foram avaliados os teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), boro (B), ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn) e cobre (Cu). Os resultados da ANOVA estão apresentados no quadro 2 e indicam a existência ou não de diferenças significativas entre os tratamentos aplicados.

Observa-se que houve diferença significativa ( $p > 0,05$ ) para os nutrientes N, K, Ca, S, Fe, Mn, Zn e Cu. No tratamento submetido a diferentes manejos de fertilização com compostos (Tabela 4 e 7). E para o tratamento com calagem, independente dos compostos orgânicos houve diferença significativa para os elementos Mg, B, Mn, Zn e Cu (Tabela 5 e 6). E para a interação tratamento x calagem houve diferença para os nutrientes Ca e Mn (Tabela 5 e 9).

Os teores de Nitrogênio (N), Potássio (K) e Cálcio (Ca) foram influenciados pela aplicação dos compostos orgânicos no substrato, independente da calagem (Tabela 4).

Tabela 4. Teores de Nitrogênio (N) e Potássio (K) na folha “D” do abacaxizeiro “Pérola” em função de diferentes adubações aos 177 dias de plantio em Campos dos Goytacazes.

TRATAMENTO	N	K
	(g kg <sup>-1</sup> )	(g kg <sup>-1</sup> )
Convencional	14,72 a	25,51a
Organosolo	12,98 a	22,00b
Lodo de esgoto	10,75 b	19,57b
Média	12,81	22,36
CV%	13,72	9,82

Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Quadro 2. Resumo da ANOVA para as variáveis nutricionais do abacaxizeiro cultivar 'Pérola' em função de diferentes adubações. N= nitrogênio, P= fósforo, K= potássio, Ca= cálcio, Mg= magnésio, S= enxofre, B= boro, Fe= ferro, Mn= manganês, Zn= zinco, Cu= cobre.

FV	GL	Quadrado Médio										
		N	P	K	Ca	Mg	S	B	Fe	Mn	Zn	Cu
Bloco	4	5,35 <i>ns</i>	0,045 <i>ns</i>	11,67 <i>ns</i>	1,164 <i>ns</i>	0,02 <i>ns</i>	17,36 <i>ns</i>	4,13 <i>ns</i>	219,12 <i>ns</i>	130,00 <i>ns</i>	1,61 <i>ns</i>	0,11 <i>ns</i>
Tratamento	2	39,58*	0,027 <i>ns</i>	89,19*	12,47*	0,17 <i>ns</i>	42,13*	16,82 <i>ns</i>	1535,85*	9669,00*	7,23*	2,43*
Calcário	1	1,69 <i>ns</i>	0,10 <i>ns</i>	8,76 <i>ns</i>	0,943 <i>ns</i>	1,87*	12,03 <i>ns</i>	67,50*	396,0 <i>ns</i>	46887,00*	45,63*	6,53*
Trat x Cal	2	5,05 <i>ns</i>	0,056 <i>ns</i>	2,37 <i>ns</i>	2,04*	0,23 <i>ns</i>	4,13 <i>ns</i>	40,30 <i>ns</i>	443,05 <i>ns</i>	1619,00*	0,23 <i>ns</i>	0,83 <i>ns</i>
Resíduo	20	3,09	0,0423	4,82	0,56	0,15	8,24	14,81	159,83	189,30	1,39	0,49
CV%		13.72	17.47	7,54	12,52	10,05	23.22	14,94	17.23	13.08	10,16	9.88

Teste F \* significativo ao nível de 5% de probabilidade, ns não significativo.

Os teores de nitrogênio na folha “D” do abacaxizeiro ‘Pérola’ foram maiores nos tratamentos com adubação convencional ( $14,72 \text{ g kg}^{-1}$ ) e com aplicação do organosolo ( $12,98 \text{ g kg}^{-1}$ ) em relação ao tratamento com lodo de esgoto ( $10,75 \text{ g kg}^{-1}$ ). Comparando o presente estudo com outros trabalhos como o de Santos (2012), observa-se que os teores de N obtidos nos tratamentos com organosolo apresentaram resultados semelhantes aos encontrados na literatura. Por outro lado, os tratamentos que utilizaram o composto de lodo de esgoto apresentaram teores inferiores ao considerado ideal, indicando limitações na eficiência deste material em suprir nitrogênio nas condições avaliadas.

O nitrogênio é um nutriente essencial na nutrição do abacaxizeiro, pois contribui para uma elevada taxa de crescimento das plantas e para a produção de frutos de boa qualidade. Além de ser fundamental para a fotossíntese e a saúde geral da planta, o N deve ser fornecido em pequenas quantidades durante a fase vegetativa inicial. No entanto, seu suprimento deve ser intensificado a partir de quatro meses após o plantio, estendendo-se até o estágio de indução floral, a fim de garantir um desenvolvimento ideal e altos rendimentos na produção de frutos de abacaxi (Choo et al., 2022).

Ao analisar os teores de K na folha “D” do abacaxizeiro, verificou-se que houve diferença quando comparado aos tratamentos com a adubação convencional (Tabela 4). O maior teor de K na folha “D” foi observado no tratamento com adubação convencional, que apresentou uma média de  $25,51 \text{ g kg}^{-1}$ , seguida pela adubação com organosolo, com média de  $22,00 \text{ g kg}^{-1}$  do tratamento com aplicação de lodo de esgoto, com média de  $19,57 \text{ g kg}^{-1}$ , sendo que o tratamento com organosolo não diferiu do lodo de esgoto. Os teores ideais de potássio na folha “D” do abacaxizeiro estão acima de  $20 \text{ g kg}^{-1}$  (Souza e Oliveira, 2021), indicando que o uso de lodo de esgoto não atingiu os teores adequados desse nutriente na folha “D”. Embora não seja possível perceber visualmente qualquer deficiência, é provável que essa carência se manifestasse durante a frutificação.

No estudo de Cunha et al. (2021), foi evidenciado que o aumento da dose de K proporcionou um incremento de 91,5% na massa total dos frutos, quando comparado àqueles cultivados sem adubação potássica. Esse resultado destaca a importância do potássio para a cultura do abacaxizeiro. Além disso, a fertilização potássica contribuiu para maiores teores de sólidos solúveis, acidez titulável e

vitamina C, em comparação aos frutos que não receberam esse tipo de adubação.

Na avaliação dos teores de cálcio na folha “D” do abacaxizeiro ‘Pérola’, constatou-se que os maiores valores foram encontrados no tratamento com lodo de esgoto,  $7,64 \text{ g kg}^{-1}$  combinado com presença de calcário, e adubação com organosolo  $6,44 \text{ g kg}^{-1}$  com calcário (Tabela 5). Ao comparar a presença e a ausência de calcário, percebe-se que somente o tratamento com lodo de esgoto mostrou uma diferença significativa entre si. É importante ressaltar que os compostos (lodo de esgoto e organosolo) tiveram resultados superiores tanto na presença quanto na ausência de calcário, quando comparados à adubação convencional.

Tabela 5. Teores de Cálcio na folha “D” do abacaxizeiro “Pérola” em função de diferentes adubações aos 177 dias de plantio em Campos dos Goytacazes.

Calcário	Cálcio ( $\text{g kg}^{-1}$ )		
	Convencional	Organosolo	Lodo de esgoto
Presente	4,53Ab	6,44Aa	7,64Aa
Ausente	5,11Ab	6,03Aab	6,41Ba
Média	4,82	6,23	7,02
CV%	12,52		

Médias seguidas de mesma letra minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Vale destacar que todos os tratamentos apresentaram valores superiores ou próximos ao que é considerado ideal para essa cultura. Comparando com estudos, como o realizado por Ramos et al. (2011), que utilizaram uma solução nutritiva em seu experimento com o abacaxizeiro da variedade ‘Imperial’, e analisaram os nutrientes em diferentes épocas, especificamente nos meses 5, 7, 9 e 12, foi observado que o nível de cálcio ficou um pouco acima de  $4 \text{ g kg}^{-1}$  na folha “D” durante os meses de 5, 7 e 9. Assim, ao confrontar os resultados das duas pesquisas, nota-se que neste estudo, os tratamentos com organosolo e lodo de esgoto demonstram níveis de Ca superiores, enquanto a fertilização convencional mostrou alinhamento com as conclusões de Ramos et al. (2011).

Bueno (2016) trabalhando com abacaxizeiro cultivar ‘Pérola’ observou que no tratamento com maiores teores de Ca, os teores de cálcio na folha foi de  $4,8 \text{ g kg}^{-1}$ ,

evidenciando que os tratamentos com lodo e organosolo tiveram valores superiores ao que é encontrado na literatura.

O cálcio exerce um papel essencial na estabilidade das membranas e na integridade celular. Sua importância torna-se evidente pelo aumento da liberação de solutos de baixo peso molecular em tecidos com deficiência de cálcio. Em casos mais severos, essa deficiência leva à desintegração generalizada das estruturas de membrana e à perda da compartimentação celular (Marschner, 2012).

Em relação ao fósforo não foi observada diferença entre os tratamentos, apresentando uma média geral de  $1,17 \text{ g kg}^{-1}$  de P. Esse valor está em conformidade com os resultados de outras pesquisas, como o estudo de Rodrigues (2016). Nesse trabalho a melhor média registrada foi de  $0,94 \text{ g kg}^{-1}$  de P na folha "D", alcançada com a aplicação de  $232 \text{ kg ha}^{-1}$  de MAP (fosfato monoamônico). Os resultados do presente estudo demonstram uma superioridade na acumulação de fósforo, indicando maior eficiência no fornecimento desse nutriente nas condições avaliadas.

De acordo com Bueno (2016), ao avaliar o cultivo do abacaxizeiro 'Pérola' sob diferentes doses de potássio (K), foram encontrados teores de fósforo (P) semelhantes aos observados no presente estudo. Esses resultados indicam uma consistência entre os dados obtidos, reforçando a adequação dos níveis de fósforo registrados nas condições avaliadas. O maior resultado encontrado foi de  $1 \text{ g kg}^{-1}$  de fósforo, valor que está dentro dos intervalos observados. Isso evidenciou que esses valores foram encontrados até mesmo em tratamentos que utilizaram adubação com compostos orgânicos sem calagem, como o organosolo sem calagem e o composto de lodo de esgoto sem calagem, cujas médias foram de  $1,13 \text{ g kg}^{-1}$  e  $1,35 \text{ g kg}^{-1}$ , respectivamente.

Embora o abacaxi tenha uma exigência relativamente baixa de fósforo (P), sendo este um macronutriente acumulado em menor quantidade pela planta, tem-se observado, tanto no Brasil quanto em outros países como Malásia, Guadalupe e Índia, que a adubação fosfatada tem um impacto positivo na produtividade da cultura, esse efeito é provavelmente atribuído à baixa disponibilidade de fósforo na maioria dos solos cultivados com a planta (Souza e Reinhardt, 2009).

Os teores de Mg na folha "D" foram influenciados pela calagem, independente dos compostos (Tabela 6).

Tabela 6. Teores de Magnésio na folha “D” do abacaxizeiro variedade “Pérola” em função da presença e ausência de calcário aos 177 dias de plantio em Campos dos Goytacazes.

Calcário	Mg (g kg <sup>-1</sup> )
Presente	3,66b
Ausente	4,16a
CV%	10,05

Médias seguidas por letras diferentes indicam diferença significativa pelo teste F da ANOVA ( $p < 0,05$ ).

Observa-se que no tratamento o maior teor de Mg foi na ausência da calagem com média de 4,16 g kg<sup>-1</sup> de Mg na folha “D” do abacaxizeiro ‘Pérola’. É uma média considerada alta se comparada a outros trabalhos como o de Caetano (2008), que obteve em sua pesquisa média para o abacaxizeiro ‘Pérola’ de 2,8 g kg<sup>-1</sup>.

O magnésio é muito importante para as plantas, pois funciona como um cofator para várias enzimas e regula diferentes processos metabólicos. Além disso, o magnésio é fundamental para a produção da clorofila, o pigmento que dá a cor verde às plantas e que é essencial para o processo de fotossíntese (Nezarat et al., 2018; Oliveira et al., 2024).

Quanto aos teores de enxofre na folha “D” observou-se que os tratamentos foram iguais estatisticamente a ( $p > 0,05$ ), tendo uma média geral de 1,15 g kg<sup>-1</sup>, esses valores estão dentro do que se estabelece na literatura como ideal. Estudos conduzidos por Caetano et al. (2008) reportaram uma média de 0,9 g kg<sup>-1</sup> de enxofre na folha “D” do abacaxizeiro ‘Pérola’. Esses resultados indicam que os compostos orgânicos utilizados na presente pesquisa possuem potencial para serem empregados como fonte de enxofre na adubação do abacaxizeiro, uma vez que apresentaram médias iguais ou superiores ao valor considerado ideal para esse nutriente. Isso reforça a viabilidade do uso de compostos orgânicos como alternativa ou complemento à adubação mineral no manejo nutricional da cultura.

Raij (2011) expõe que as plantas cultivadas captam esse nutriente na forma de sulfato, sendo que uma das principais fontes de enxofre é oriundo da matéria orgânica do solo. Contudo, os tratamentos que tiveram compostos orgânicos como fonte de adubação não tiveram valores superiores aos tratamentos com a adubação convencional, embora todos tratamentos ficaram com teores de enxofre adequados

para a cultura.

Na Tabela 7, são apresentados os teores dos micronutrientes: boro (B), zinco (Zn) e cobre (Cu), que mostraram diferenças estatísticas significativas ao se comparar a presença e a ausência de calcário, independentemente dos compostos. Na Tabela 8, encontram-se os teores de ferro (Fe), zinco (Zn) e cobre (Cu), que apresentaram diferenças estatísticas entre os diferentes compostos, independente da calagem.

É possível notar, inicialmente, a variação nas quantidades desses nutrientes nas plantas em comparação com os macronutrientes. Contudo, suas funções são igualmente importantes, embora sejam necessárias apenas em pequenas quantidades ao longo de toda a planta, visto que desempenham papéis relacionados com a ativação enzimática. Em contrapartida, a maior parte dos macronutrientes também faz parte de compostos orgânicos, como proteínas e ácidos nucleicos, ou atua como osmóticos.

Tabela 7. Teores de micronutrientes na folha “D” do abacaxizeiro variedade “Pérola”: Boro (B), Zinco (Zn) e Cobre (Cu), em função da presença e ausência de calcário aos 177 dias de plantio em Campos dos Goytacazes.

Calcário	B (mg kg <sup>-1</sup> )	Zn (mg kg <sup>-1</sup> )	Cu (mg kg <sup>-1</sup> )
Presente	24,26b	10,40b	6,6b
Ausente	27,26a	12,86a	7,6a
CV(%)	14,94	10,16	9,88

Médias seguidas por letras diferentes indicam diferença significativa pelo teste F da ANOVA ( $p < 0,05$ ).

Para o boro o tratamento com maior média foi na ausência de calcário com uma média de 27,26 mg kg<sup>-1</sup> (Tabela 7). Reis (2015), estudando adubação com NPK em diferentes doses, no abacaxizeiro ‘Pérola’, aos 6 meses após o plantio, observou média de 25,25 mg kg<sup>-1</sup> de B. Valores esses que corroboram com os teores de B ideiais apresentado por Souza et al. (2021) para o abacaxizeiro ‘Pérola’. Siebeneichler et al. (2008) relataram teores de boro em abacaxizeiro ‘Pérola’ com 10 meses de plantio, 10,5 mg kg<sup>-1</sup> no tratamento sem boro e 24,1 mg kg<sup>-1</sup> no tratamento com boro. Rodrigues et al. (2022) realizaram amostragem de folhas do abacaxizeiro ‘Pérola’, 12 meses após o plantio, e concluíram que os níveis críticos de boro foliar que promovem a máxima relação qualidade/rendimento pela derivação do índice CND foi 23 mg kg<sup>-1</sup>

de boro.

Tabela 8. Teores de micronutrientes na folha “D” do abacaxizeiro variedade “Pérola”: Ferro (Fe), Zinco (Zn), e Cobre (Cu), em função de diferentes adubações aos 177 dias de plantio em Campos dos Goytacazes.

TRATAMENTO	Fe	Zn	Cu
	(mg kg <sup>-1</sup> )	(mg kg <sup>-1</sup> )	(mg kg <sup>-1</sup> )
CON	59,2b	11,3ab	6,8b
ORG	78,7a	12,6a	6,9b
LODO	82,2a	11,0b	7,7a
Média	73,36	11,6	7,13
CV%	17,23	10,16	9,88

Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

O Boro (B), como micronutriente essencial, desempenha um papel chave na ligação cruzada de dois ramnogalacturonan II (RG-II) nas pectinas, estabilizando assim a estrutura da parede celular (Voxeur e Fry, 2014). A sua deficiência impacta especialmente os frutos, pois ficam deformados e menores, com formação de excrescência cortiçosa ou secreção de goma entre os frutinhos, rachaduras entre estes preenchidas com excrescência cortiçosa, resultando na redução da qualidade final do fruto (Siebeneichler et al., 2008).

Na Tabela 9 são apresentados os teores de manganês (Mn) na folha “D” em função da aplicação de diferentes fontes de adubação e da presença ou ausência de calagem, de maneira geral os maiores teores de Mn foram observados na ausência de calagem, o que pode estar relacionado ao efeito da acidez do solo na maior disponibilidade do micronutriente. Já que o substrato estava com pH 5,2. Em solos com pH < 5,5, os óxidos de valência +3 e +4 podem ser reduzidos a Mn<sup>2+</sup>, aumentando a concentração de Mn disponível para as plantas (Alejandro et al., 2020).

Tabela 9. Teores de Manganês (Mn) na folha “D” do abacaxizeiro “Pérola” em função de diferentes adubações aos 177 dias de plantio em Campos dos Goytacazes.

Calcário	Manganês (mg kg <sup>-1</sup> )		
	Convencional	Organosolo	Lodo de esgoto
Presente	84,80Ba	48,00Bb	64,20Bab
Ausente	191,80Aa	105,20Ac	137,20Ab
Média	138,30	76,60	100,70
CV%		13,08	

Médias seguidas de mesma letra minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Com isso na Tabela 9 o tratamento que apresentou o maior valor médio foi o de adubação convencional sem calagem, com 191,80 mg kg<sup>-1</sup> de Mn, evidenciando que a combinação de maior acidez e adubação mineral favoreceu a absorção do manganês pelas plantas. Souza e Reinhardt (2009), demonstram que o manganês possui uma variância bem grande de seu teor na planta, podendo variar de 50 a 200 mg kg<sup>-1</sup>, dessa maneira pode-se analisar que os tratamentos convencional, organosolo e lodo de esgoto estão dentro dessa média do que se entende como aceitável para essa cultura.

O Mn desempenha papel como cofator, ativando mais de 30 enzimas vegetais, dentre elas: descarboxilase, desidrogenase e oxidase e na biossíntese de aminoácidos (Alejandro et al., 2020). Além disso, o Mn é responsável por inibir aminopeptidases, reduzir a concentração de aminoácidos livres, que servem como fonte de alimento para fungos, e também a pectina metil-esterase, uma enzima fúngica que compromete a integridade das membranas vegetais. Além disso, o Mn apresenta efeito tóxico direto sobre o fungo (Peris-Peris et al., 2017).

As plantas de abacaxizeiro “Pérola” apresentaram maiores teores de Fe no tratamento com lodo de esgoto (82,2 mg kg<sup>-1</sup>) apresentando diferença estatística quando comparada a adubação convencional, independente da calagem, mas esses valores estão dentro dos teores de Fe como demonstra o trabalho de Lisboa (2022). Esses resultados mostram que mesmo o lodo de esgoto com 12080,4 mg kg<sup>-1</sup> de ferro total, em sua composição, não foi tóxico para as mudas do abacaxizeiro. O ferro, embora micronutriente essencial, quando em excesso pode causar redução no

crescimento e, conseqüentemente, na produtividade das plantas.

O ferro desempenha um papel significativo em várias vias fisiológicas e bioquímicas nas plantas. Serve como componente de muitas enzimas vitais, como os citocromos da cadeia de transporte de elétrons (Rout e Sahoo, 2015).

Os teores de Cobre na parte aérea do abacaxizeiro foram influenciados pela aplicação dos compostos (Tabela 8), com valores maiores para o tratamento com aplicação de lodo de esgoto, média de  $7,7 \text{ mg kg}^{-1}$ , alcançando diferença significativa para os tratamentos organosolo e convencional. Esses teores são aceitáveis quando comparados aos trabalhos de Lisboa (2022), Reis (2015) e Caetano et al. (2008), dessa forma os tratamentos que tiveram o organosolo e lodo de esgoto na sua composição atende à demanda que a planta necessita para esse nutriente.

Para o tratamento com calagem, independente dos compostos orgânicos, os teores de Cu na folha “D” do abacaxizeiro ‘Pérola’ foram maiores na ausência de calcário, com média de  $7,6 \text{ mg kg}^{-1}$  de cobre (Tabela 7). Sabe-se que o cobre, na forma  $\text{Cu}^{2+}$ , está mais disponível nos solos ácidos.

O cobre (Cu) desempenha diversas funções e tem papel fundamental como em processos como fotossíntese, respiração, desintoxicação de radicais superóxido no cloroplasto, lignificação (Kirkby e Römheld, 2007).

O tratamento organosolo proporcionou maiores teores de zinco na folha “D” do abacaxizeiro com maior média,  $12,6 \text{ mg kg}^{-1}$ , diferindo estatisticamente em relação ao tratamento com lodo de esgoto (Tabela 8). Contudo, nenhum dos tratamentos apresentaram teores que corresponderam às expectativas para esse nutriente, conforme o que foi discutido por Souza e Oliveira (2021).

Na tabela 7 observa-se que o maior teor de Zn foi encontrado no tratamento sem calagem, com média de  $12,86 \text{ mg kg}^{-1}$ . Sabe-se que o Zn, na forma  $\text{Zn}^{2+}$ , está mais disponível nos solos ácidos.

O Zn tem um papel importante na bioquímica e no metabolismo das plantas devido à sua importância e toxicidade para concentrações de Zn, valores deficientes e em excesso são prejudiciais. É um componente estrutural, enzimático e regulador de muitas proteínas e enzimas (Saleem et al., 2022).

#### 5.4 Teores de Nutrientes e pH no Substrato

Para entender como os tratamentos afetaram a fertilidade do substrato, foi realizada uma análise de variância (ANOVA). Essa avaliação considerou a quantidade de nutrientes no substrato ao longo de 177 dias de cultivo. Foram analisados os teores de matéria orgânica (M.O.), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), boro (B), ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn) e cobre (Cu), além do pH e da saturação por bases (V%). Os resultados da ANOVA estão no quadro 3 e indicam se houve diferenças significativas entre os tratamentos realizados.

Observa-se que houve diferença significativa ( $p > 0,05$ ) para os nutrientes M.O, P, K, Ca, S, Fe, Mn, Zn, Cu, pH e V%. No tratamento submetido a diferentes manejos de fertilização com compostos (Tabela 10, 12 e 16). E para o tratamento com calagem, independente dos compostos orgânicos houve diferença significativa para os elementos K, Ca, Mg, Mn, pH e V% (Tabela 11, 13 e 17). E para a interação tratamento x calagem houve diferença para os nutrientes Fe e Cu (Tabela 14 e 15).

Os teores de nutrientes disponíveis no solo são fundamentais para o crescimento das plantas. Na tabela 10, observa-se os teores de matéria orgânica, P, K, Ca e S no substrato que foram influenciados pela aplicação dos compostos orgânicos, independente da calagem.

Tabela 10. Teores de Matéria Orgânica (M.O.), Fósforo (P), Potássio(K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Enxofre (S) no substrato, em função de diferentes adubações aos 177 dias de plantio em Campos dos Goytacazes.

TRATAMENTO	M.O. (dag kg <sup>-1</sup> )	P ( mg dm <sup>-3</sup> )	K (mg dm <sup>-3</sup> )	Ca (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	S (mg dm <sup>-3</sup> )
Convencional	1,20 b	4,50b	77,0a	2,33b	10,10b
Organosolo	1,56 a	9,00a	43,7b	2,75a	14,10a
Lodo de esgoto	1,54 a	4,90b	40,2b	2,83a	12,90ab
Média	1,43	6,13	57,5	2,63	12,36
CV%	16,54	17,13	29,87	10,63	23,22

Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Quadro 3. Resumo da ANOVA para as variáveis de fertilidade do solo no cultivo do abacaxizeiro cultivar 'Pérola' em função a diferentes adubações. M.O= matéria orgânica, P= fósforo, K= potássio, Ca= cálcio, Mg= magnésio, S= enxofre, B= boro, Fe= ferro, Mn= manganês, Zn= zinco, Cu= cobre, pH= potencial hidrogeniônico e V%= saturação de bases.

FV	GL	Quadrado Médio												
		M.O.	P	K	Ca	Mg	S	B	Fe	Mn	Zn	Cu	pH	V%
Bloco	4	0,018 <sup>ns</sup>	1,78 <sup>ns</sup>	396,62 <sup>ns</sup>	0,092 <sup>ns</sup>	0,0005 <sup>ns</sup>	17,11 <sup>ns</sup>	0,0046 <sup>ns</sup>	256,55 <sup>ns</sup>	7,83 <sup>ns</sup>	0,33 <sup>ns</sup>	0,038 <sup>ns</sup>	0,017 <sup>ns</sup>	11,11 <sup>ns</sup>
Tratamento	2	0,41*	62,03*	4125,65*	0,72*	0,03 <sup>ns</sup>	42,13*	0,0036 <sup>ns</sup>	3773,8*	30,80*	7,21*	0,211*	0,59*	106,07*
Calcário	1	0,004 <sup>ns</sup>	0,001 <sup>ns</sup>	2376,3*	2,76*	0,24*	12,03 <sup>ns</sup>	0,0002 <sup>ns</sup>	17,80 <sup>ns</sup>	94,69*	0,001 <sup>ns</sup>	0,027 <sup>ns</sup>	1,36*	1233,4*
Trat x Cal	2	0,067 <sup>ns</sup>	0,10 <sup>ns</sup>	803,1 <sup>ns</sup>	0,085 <sup>ns</sup>	0,013 <sup>ns</sup>	4,13 <sup>ns</sup>	0,002 <sup>ns</sup>	2302,55*	6,89 <sup>ns</sup>	0,25 <sup>ns</sup>	0,097*	0,036 <sup>ns</sup>	3,65 <sup>ns</sup>
Resíduo	20	0,056	1,103	256,63	0,078	0,025	8,24	0,0025	397,42	4,53	0,16	0,026	0,016	7,41
CV%		16,54	17,13	29,87	10,63	10,05	23,22	24,82	6,04	7,23	13,83	23,64	2,38	4.63

Teste F \* significativo ao nível de 5% de probabilidade, ns não significativo.

Os teores de M.O. foram maiores no substrato que receberam aplicação dos compostos orgânicos, não havendo diferença estatística entre os compostos, mas ocorreu um incremento ~ 30 % em relação à adubação convencional que teve média de 1,20 dag kg<sup>-1</sup> (Tabela 10). Esse incremento na M.O. era esperada já que os tratamentos eram compostos orgânicos.

A matéria orgânica desempenha um papel crucial, servindo não apenas como fonte de nutrientes, mas também como um elemento essencial para a retenção de cátions no solo. Ela aumenta significativamente a capacidade de troca de cátions (CTC), conforme mencionado por Bettiol et al. (2023). Além de contribuir para o sequestro e a estabilização do carbono (C) proveniente da atmosfera, o que ajuda na redução das mudanças climáticas, de acordo com Lal et al. (2015).

Os teores de fósforo no substrato variaram entre os diferentes tratamentos, mas o tratamento com aplicações do organosolo apresentou maior teor de P (9 mg dm<sup>-3</sup>). Entretanto, esse incremento de ~100% não influenciou os teores de P na folha "D" do abacaxizeiro, pois não foi observada diferença significativa ( $p > 0,05$ ) entre os tratamentos, apresentando uma média geral de 1,17 g kg<sup>-1</sup> de P na folha "D".

No entanto, ao realizar-se uma comparação com a análise do solo feita antes do início do experimento, observa-se que o tratamento com organosolo resultou em um aumento de ~50% no fósforo presente no solo, passando de 6 mg/dm<sup>3</sup> para 9 mg/dm<sup>3</sup>. Demonstrando que embora não tenha ocasionado diferença entre os tratamentos para a absorção de P, o composto organosolo tem capacidade de incrementar esse nutriente no solo, já que a adubação convencional e o composto de lodo de esgoto tiveram valores menores com uma diminuição de mais de ~16% de P no solo em relação ao solo inicial.

O abacaxizeiro apresenta maior demanda de P na fase de diferenciação floral (Malézieux e Bartholomew, 2003) e o presente experimento foi coletado antes desse estágio, no período de diferenciação floral essa quantidade maior de P disponibilizada no substrato poderia ter sido crucial.

Para o potássio o tratamento que teve maior média significativa ( $p > 0,05$ ) foi o tratamento com adubação convencional com uma média de 77,0 mg dm<sup>-3</sup> e para os demais tratamentos não houve diferença significativa (Tabela 10). Entretanto os tratamentos tiveram um incremento no substrato quando comparado com a análise de

solo inicial, para a adubação convencional o aumento foi de ~181%, para o organosolo aumento de ~59% e para o lodo de esgoto ~46%. Como já era aguardado os tratamentos com a adubação convencional teve melhores resultados. E essa diferença pode ser dada pelo fato de a adubação orgânica ter uma liberação de nutrientes mais lenta e gradual, entretanto, é preferível que a liberação de K ocorra dessa forma, desde que isso não interfira no desenvolvimento das culturas, essa ação pode melhorar a absorção do nutriente pelas plantas e minimizar as perdas por lixiviação (Resende et al., 2006).

Os resultados encontrados nesta pesquisa apontam que os tratamentos que tiveram os melhores resultados para teores de Ca substrato foram os tratamentos com aplicação de lodo de esgoto no substrato,  $2,83 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  e o organosolo com média de  $2,75 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  em relação ao tratamento com adubação convencional. Quando se compara a análise de solo inicial do experimento com a análise no final do experimento observou-se incrementos de ~ 103,59% com a aplicação do lodo de esgoto, ~ 97,84% para o organosolo e ~67,62% para a adubação convencional.

Os teores de S foram maiores para o tratamento organosolo obtendo diferença significativa somente quando comparado à adubação convencional, com isso verificou-se que os tratamentos não diferiram muito e isso refletiu diretamente nos teores foliares já que nesse quesito não houve diferença estatística pelo teste de Tukey.

Essa pouca diferença pode ser explicada pelo fato de todos os tratamentos levarem de alguma forma enxofre na sua adubação e apesar de ser um macronutriente a demanda por esse elemento para o abacaxizeiro é pequena. Dessa maneira quando contrastado aos valores iniciais desse elemento no solo verificou-se que os tratamentos tiveram aumento organosolo de (28,18%), lodo de esgoto aumento de (17,27%) e para a adubação convencional teve uma diminuição de (8,18%) de reserva de enxofre no solo.

Na tabela 11 são apresentados os teores de K, Ca e Mg em função da calagem. O uso do calcário proporcionou incrementos nos teores de potássio, cálcio e magnésio no substrato. Por outro lado, os nutrientes fósforo e enxofre, assim como a matéria orgânica, não apresentaram diferenças estatísticas em relação à presença ou ausência de calcário.

Tabela 11. Teores de Potássio(K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) no substrato, em função da presença e ausência de calcário aos 177 dias de plantio em Campos dos Goytacazes.

Calcário	K (mg dm <sup>-3</sup> )	Ca (cmolc dm <sup>-3</sup> )	Mg (cmolc dm <sup>-3</sup> )
Presente	62,53a	2,94a	1,46a
Ausente	44,73b	2,33b	1,28b
CV %	29,87	10,63	11,51

Médias seguidas por letras diferentes indicam diferença significativa pelo teste F da ANOVA ( $p < 0,05$ ).

A calagem promove incrementos nas concentrações de Ca e Mg do solo, mas a calagem também favorece a manutenção do teor de K trocável do solo, pois aumenta a CTC efetiva e reduz as perdas por lixiviação. Os incrementos no teor de K no substrato, com aplicação da calagem, foi de ~128%, muito maior que os incrementos nos teores de cálcio ~26% e magnésio ~14%, em relação ao tratamento sem calagem.

Os teores de Mg na folha “D” do abacaxizeiro (Tabela 6) foram maiores nos tratamentos sem calagem, provavelmente o que pode ter ocorrido foi a competição pelos sítios de absorção entre os elementos, nesse caso Ca e Mg já que são cátions com a mesma valência. Entretanto, todos os tratamentos apresentaram médias dentro da faixa ideal para o abacaxizeiro, no momento que esses valores são confrontados com a análise do substrato, percebe-se um aumento de ~35,18% para os tratamentos que tiveram a presença de calcário e para os tratamentos sem calcário de ~18,51%.

Os micronutrientes têm uma importância equivalente à dos macronutrientes, embora sua necessidade em termos quantitativos seja menor. Nos solos, é fundamental que esses nutrientes estejam presentes; no entanto, o equilíbrio desses elementos requer um cuidado redobrado, pois podem provocar toxidez nas plantas rapidamente ou, se estiverem em quantidade insuficiente, causar deficiências nas culturas. Na Tabela 12 observa-se que os teores de Mn e Zn no substrato foram influenciados pela aplicação dos compostos orgânicos, independente da calagem, já nas Tabelas 14 e 15 observa-se que os teores de Fe e Cu tiveram interação entre adubação e calagem. No entanto, não foram observadas diferenças estatísticas para os teores de boro no substrato em função da adubação com compostos orgânicos e

nem com a presença da calagem.

Tabela 12. Teores de micronutrientes no substrato: Manganês (Mn) e Zinco (Zn) e no substrato, em função de diferentes adubações aos 177 dias de plantio em Campos dos Goytacazes.

TRATAMENTO	Mn	Zn
	(mg dm <sup>-3</sup> )	(mg dm <sup>-3</sup> )
CON	27,71b	2,11c
ORG	29,46ab	3,80a
LODO	31,22a	2,81b
Média	29,46	2,90
CV%	7,23	13,83

Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Os teores de Mn no substrato foram mais altos no tratamento com lodo de esgoto, apresentando uma média de 31,22 mg dm<sup>-3</sup>, seguido pelo tratamento com organosolo, que teve um valor médio de 29,46 mg dm<sup>-3</sup>, mostrando uma diferença significativa somente quando comparado à adubação convencional (Tabela 12). Os teores de Mn no substrato também foram influenciados pela calagem, independente da adubação com os compostos orgânicos (Tabela 13), onde a maior média na presença do calcário foi 31,24 mg dm<sup>-3</sup> de Mn.

Tabela 13. Teores Manganês (Mn) no substrato, em função da presença e ausência de calcário aos 177 dias de plantio em Campos dos Goytacazes.

Calcário	Mn (mg dm <sup>-3</sup> )
Presente	31,24a
Ausente	27,68b
CV(%)	7,23

Médias seguidas por letras diferentes indicam diferença significativa pelo teste F da ANOVA (p<0,05).

Observa-se que o tratamento que registrou a menor média de Mn no substrato

apresentou a maior média nos teores foliares de Mn. Isso pode ser explicado pelo fato de que a planta absorveu a maior parte deste elemento, resultando, assim, em uma diminuição de sua concentração no substrato.

Ao se analisar os teores de Mn no substrato na coleta, antes da aplicação dos tratamentos, e os teores de Mn no substrato no final do experimento, verifica-se que os teores de manganês (Mn) se destacou com os maiores aumentos em relação ao seu teor inicial. O tratamento com lodo de esgoto apresentou um aumento de ~2480%, enquanto o organosolo registrou ~2334% e o tratamento convencional teve um incremento de ~2190%.

Tabela 14. Teores de Ferro (Fe) no substrato, em função de diferentes adubações aos 177 dias de plantio em Campos dos Goytacazes.

Calcário	Ferro (mg dm <sup>-3</sup> )		
	Convencional	Organosolo	Lodo de esgoto
Presente	328,40Ab	295,40Bc	364,20Aa
Ausente	326,60Aa	328,82Aa	337,20Ba
Média	327,50	312,11	350,70
CV%	6,04		

Médias seguidas de mesma letra minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Os teores de ferro no substrato foram superiores no tratamento com aplicação do composto lodo de esgoto com a presença de calcário, apresentando uma média de 364,20 mg dm<sup>-3</sup> (Tabela 14). No entanto, todos os tratamentos mostraram um aumento significativo em comparação com a análise inicial do substrato. O lodo de esgoto com calcário apresentou um crescimento de ~310%, lodo de esgoto sem calagem um acréscimo de ~280%, a adubação convencional com calcário teve um incremento de ~270%, já a adubação convencional sem calcário um aumento de ~268%, o organosolo com calcário alcançou um aumento de ~233% e o organosolo sem calcário teve um acréscimo de ~270%.

As diferentes aplicações de compostos orgânicos tiveram um impacto significativo para incrementar os teores de zinco no substrato, independente da calagem. O organosolo apresentou os maiores teores, com uma média de 3,80 mg dm<sup>-3</sup>, seguido pelo tratamento com lodo de esgoto, que alcançou uma média de 2,81

mg dm<sup>-3</sup>. Por outro lado, a adubação convencional obteve o menor teor de Zn, com uma média de 2,11 mg dm<sup>-3</sup>.

Embora a adubação convencional tenha mostrado resultados inferiores, não houve diferenças estatísticas quanto aos teores de zinco nas folhas quando comparada ao organosolo. Ao se examinar a análise do solo feita antes do início do experimento, houve aumentos significativos: 630,76% para o organosolo, 440,38% para o composto de lodo de esgoto e um aumento de 305,76% para a adubação convencional.

Tabela 15. Teores de Cobre (Cu) no substrato, em função de diferentes adubações aos 177 dias de plantio em Campos dos Goytacazes.

Calcário	Cobre (mg dm <sup>-3</sup> )		
	Convencional	Organosolo	Lodo de esgoto
Presente	0,70Aa	0,40Bb	0,88Aa
Ausente	0,70Aa	0,68Aa	0,78Aa
Média	0,70	0,54	0,83
CV%		23,64	

Médias seguidas de mesma letra minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Para os teores de cobre no substrato o tratamento que teve maior média foi o com aplicação de lodo de esgoto com calcário, 0,88 mg dm<sup>-3</sup> de Cu, apresentando diferença significativa somente quando comparada ao organosolo com calcário com média de 0,40 mg dm<sup>-3</sup>, e isso refletiu nos teores foliares já que o tratamento que teve os maiores de Cu foliar foi o com aplicação do lodo de esgoto. Em relação à calagem, houve diferença estatística para os teores de Cu somente para o organosolo, tendo como a maior média o tratamento sem calagem.

Para efeito de comparação, o cobre na análise do substrato antes da implementação do experimento era de 0,09 g/dm<sup>-3</sup>, dessa maneira o tratamento com lodo de esgoto com calcário representou um aumento de ~877%, já o lodo sem calcário teve um acréscimo de ~766%, para a adubação convencional com calcário e sem calcário teve um aumento de ~678%, para o organosolo com calcário um aumento de ~344% e para o organosolo sem calcário houve um aumento de ~655%. Demonstrando que toda a adubação utilizada no presente experimento, convencional

ou compostos orgânicos, podem incrementar os teores de Cu no substrato.

Os teores de Boro no substrato não foram influenciados nem pela aplicação de compostos orgânicos e nem pela aplicação da calagem, com média geral de  $0,204 \text{ mg dm}^{-3}$  de B. Ao se comparar com a análise do substrato, observou-se uma diminuição na disponibilidade desse nutriente, possivelmente influenciada pelo aumento do pH. Os teores de B foliares em todos os tratamentos para o abacaxizeiro 'Pérola' no presente estudo estão dentro da faixa considerada ideal para a cultura.

O pH e a saturação de bases do substrato foram modificados pelo tipo de adubação, independente da calagem (Tabela 16). O substrato que recebeu a aplicação de organosolo registrou o pH mais elevado, 5,65, seguido pela aplicação do lodo de esgoto com um pH de 5,48, enquanto a adubação convencional ficou com 5,17. Ao comparar com a análise realizada antes do início do experimento, todos os tratamentos mostraram um aumento no pH, uma vez que o pH inicial era de 4,2, independente da calagem.

Com relação à saturação por bases (V%), notou-se que ocorreram diferenças significativas entre os tratamentos (Tabela 16). O organosolo e o lodo não mostraram variações estatísticas entre si, no entanto, ao serem comparados com a adubação convencional foram maiores com incrementos de ~11% para o organosolo e ~9% para o lodo de esgoto em relação ao da adubação convencional.

Tabela 16. Valores de pH e Saturação de bases (V) do substrato, em função de diferentes adubações aos 177 dias de plantio em Campos dos Goytacazes.

TRATAMENTO	pH	V
	(H <sub>2</sub> O)	%
Convencional	5,17c	55,16b
Organosolo	5,65a	61,25a
Lodo de esgoto	5,48b	60,20a
Média	5,33	58,87
CV%	2,38	4,63

Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Na tabela 17 observa-se os valores de pH e saturação de bases em função do tratamento com calagem, independente das adubações. Verifica-se que os tratamentos sem calagem tiveram um pH médio inferior, 5,22, quando comparado ao

tratamento com aplicação da calagem 5,64 e que a saturação de bases também foi superior no tratamento com calagem com incrementos de ~24% em relação ao tratamento sem calagem. Vale destacar que houve um aumento em todos os tratamentos quando comparados aos resultados da análise inicial do substrato.

Pádua et al. (2020) sugerem que a saturação por bases (V%) ideal para o cultivo de abacaxis seja de ~60%. Em conformidade com os resultados apresentados neste estudo, observou-se que os compostos orgânicos, como lodo de esgoto e organosolo, atingiram esses índices. No experimento que tinha como foco avaliar a presença e ausência de calcário, notou-se que o tratamento que incluía calcário superou os valores recomendados. Apesar desse aumento superior ao esperado, ele não teve influência no crescimento das plantas.

Tabela 17. Valores de pH e Saturação de bases (V) do substrato, em função da presença e ausência de calcário aos 177 dias de plantio em Campos dos Goytacazes.

Calcário	pH (H <sub>2</sub> O)	V %
Presente	5,64a	65,28a
Ausente	5,22b	52,46b
CV%	2,38	4,63

Médias seguidas por letras diferentes indicam diferença significativa pelo teste F da ANOVA ( $p < 0,05$ ).

## 6. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos neste estudo indicaram que para as variáveis de crescimento do abacaxizeiro 'Pérola' o calcário influenciou negativamente para os parâmetros como altura da planta, comprimento da folha "D" e massa seca da folha "D", e para as demais variáveis de crescimento não houve diferenças estatisticamente significativas.

A análise dos teores de nutrientes na folha "D" evidenciou que o organosolo proporcionou concentrações iguais ou superiores aos da adubação convencional para os nutrientes nitrogênio (N), cálcio (Ca), ferro (Fe), zinco (Zn) e cobre (Cu). O lodo de esgoto, por sua vez, apresentou resultados positivos para Ca, Fe e Cu. No que se refere à composição do substrato, ambos os compostos orgânicos promoveram aumento no teor de matéria orgânica. O organosolo também elevou os teores de fósforo (P), Ca, enxofre (S), manganês (Mn) e Zn, enquanto o lodo de esgoto contribuiu para o acréscimo de Ca, Mn, Fe e Cu.

Esses resultados indicam que os compostos orgânicos utilizados promoveram enriquecimento nutricional do solo, com potencial de disponibilização dos nutrientes às plantas mesmo após o período avaliado. Assim, conclui-se que, durante o intervalo analisado, tanto o organosolo quanto o lodo de esgoto, independentemente da aplicação de calagem, mostraram-se alternativas viáveis e sustentáveis à adubação convencional do abacaxizeiro 'Pérola'.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alejandro, S., Höller, S., Meier, B. Peiter, E. (2020) Manganese in plants: from acquisition to subcellular allocation. *Frontiers in Plant Science*, 11: 300p.
- Andrade, R. A., Silva, A. P., Raposo, R. W. C., Rocha, J. L. A., Rodrigues, A. A., Rodrigues, J. B. B. (2022) Eficiência nutricional de fósforo e enxofre pelo abacaxizeiro 'Pérola' em função de doses de P e S. *Scientia Plena*, 18: 1–9.
- Bettiol, W., Silva, C. A., Cerri, C. E. P., Martin-Neto, L., Andrade, C. A. D. (2023) Entendendo a matéria orgânica do solo em ambientes tropical e subtropical. 1. ed. Brasília: Embrapa Meio Ambiente. 718p.
- Biazatti, M. A. (2016) Calagem, agrosilício e brassinosteroide na cultura do abacaxizeiro. Tese (Doutorado em produção vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, UENF, Campos dos Goytacazes – RJ, 106p.
- Bonanomi, G., Filippis, F. D., Zotti, M., Ibella, M., Cesarano, G., Al-Rowaily, S., Abd-El-Gawad, A. (2020) Repeated applications of organic amendments promote beneficial microbiota, improve soil fertility and increase crop yield. *Applied Soil Ecology*, 156: 103714p.
- Borges, A. L. (2021) Recomendações de calagem e adubação para abacaxi, acerola, banana, citros, mamão, mandioca, manga e maracujá. Brasília, DF: Embrapa, 2. ed., p. 271-299. Disponível em: ISBN 978-65-87380-38-4.
- Borges, A. L. (2021) Recomendações de calagem e adubação para abacaxi, acerola, banana, citros, mamão, mandioca, manga e maracujá. Brasília, DF: Embrapa, p.95-122. Disponível em: ISBN 978-65-87380-38-4.
- Brito, R. F. F. D., Martelleto, L. A. P., Martelleto, M. S., Araújo, R. P., Lino, W. S., Silva, E. H. D. (2020) Produção orgânica de abacaxi utilizando biofertilizantes aeróbicos. *Cadernos de Ciência & Tecnologia*, 37: 26744.
- Bueno, J. A. R. (2016) Densidades de plantio e doses de potássio em abacaxizeiro 'Pérola' sob irrigação. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual Paulista – UNESP, Jaboticabal - SP, 54p.
- Caetano, L.C.S., Ventura, J.A., Costa, A.F.S., Guarçoni, R.C. (2013) Efeito da adubação com nitrogênio, fósforo e potássio no desenvolvimento, na produção e na qualidade de frutos do abacaxi 'Vitória'. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 35: 883-890.

Caetano, L. C., Ventura, J. A., Costa, A. N. D., Costa A. de F. S. D. (2008) Teores foliares de nutrientes em diferentes genótipos de abacaxizeiro na região Sul do Espírito Santo. Annual Meeting of the Interamerican Society for Tropical Horticulture, 54, Vitória/ES: INCAPER: Sociedade Brasileira de Fruticultura, p.1-5.

Coelho, R. I., Lopes, J. C., Carvalho, A. J. C. D., Amaral, J. A. T. D., Matta, F. D. P. (2007) Estado nutricional e características de crescimento do abacaxizeiro 'Jupi' cultivado em latossolo amarelo distrófico em função da adubação com NPK. Ciência Agrotécnica, Lavras, 31: 1696-1701.

Conceição, M. A. da, Yamashita, O. M., Koga, P. S., Peres, W. M., David, G. Q., Teixeira, S. O.; Carvalho, M. A. C. De. (2016) Quality and acceptance of pineapple as a result of potassic fertilization. Nativa, 4: 368–374.

Costa, M. M. M. N. (2024) Micronutrientes na Agricultura. Paraíba: Embrapa Algodão, p. 1-45.

Couto, T. R. D., Silva, J. R. D., Morais, C. R. D. O., Ribeiro, M. S., Torres Netto, A., Carvalho, V. S., Campostrini, E. (2016) Photosynthetic Metabolism And Growth Of Pineapple (*Ananas Comosus* L. Merr.) Cultivated Ex Vitro. Theoretical And Experimental Plant Physiology, V. 28: 333-339.

Choo, L. N. L. K., Ahmed, O. H., Razak, N. A., Sekot, S., (2022) Improving nitrogen availability and *Ananas comosus* L. Merr var. Moris productivity in a tropical peat soil using clinoptilolite zeolite. Agronomy, 12: 2750p.

Crestani, M., Barbieri, R. L., Hawerth, F. J., Carvalho, F. I. F. D., Oliveira, A. C. D. (2010) Das Américas para o mundo: Origem, domesticação e dispersão do abacaxizeiro. Ciência Rural, 40: 1473-1483.

Cunha, J. M., Freitas, M. S. M., Carvalho, A. J. C. de, Caetano, L. C. S., Vieira, M. E., Peçanha, D. A. (2021) Potassium fertilization in pineapple fruit quality. Revista Brasileira de Fruticultura. 43: 1-9.

Dutra, K. O. G., Cavalcante, S. N., Vieira, I. G. S., Costa, J. C. F. D., Andrade, R. (2016) A adubação orgânica no cultivo da melancia cv. Crimson sweet. Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável. 6: 34-45.

FAOSTAT – Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistical Database. Cropsdatabase. 2022. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QI>. Acesso em: 18 out. 2023.

Féres, J. M. C. (2020) 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, Campos dos Goytacazes, 107p.

Filho, C. A. D. J. (2022) Potencial Tecnológico dos Resíduos de uma indústria cervejeira para produção de adubo orgânico tipo Bokashi: uma revisão. Tcc (Engenharia de Alimentos) - Universidade Federal Do Ceará, Fortaleza, 40p.

Firmino, L. M. O., Coutinho, G., Nomelini, Q. S. S., Pio, L. A. S. (2024) Composição do sistema de mulching no cultivo do abacaxizeiro 'Pérola'. *Magistra*, 34: 1-10.

Francisco, J. P., Diotto, A. V., Folegatti, M. V., Silva, L. D. B., Piedade, S. M. D. S. (2014) Estimativa da área foliar do abacaxizeiro cv. Vitória por meio de relações alométricas. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 36: 285-293.

Franco, L. R. L.; Maia V. M.; Lopes, O. P.; Franco, W. T. N.; Santos, S. R. dos. (2014) Crescimento, produção e qualidade do abacaxizeiro 'Pérola' sob diferentes lâminas de irrigação. *Revista Caatinga*, 27: 132-140.

Gondim, T. M. D. S.; Azevedo, F. F. D. (2002) Diferenciação floral do abacaxizeiro cv. SNG-3 em função da idade da planta e da aplicação do carbureto de cálcio. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 24: 420-425.

Gou, J. Y., Zhang, Q. G., Yang, Y., Yang, J. M., Tang, H. Z., Deng, Y., Ruan, Y. Z., Zhao, Y. (2019) Avaliação do estado de nutrientes do solo em pomares de abacaxi com base na análise de agrupamento de fatores. *Touro do Solo*, 50, 137–143.

IBGE - Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística. Produção Agrícola Municipal. 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pesquisa/14/10193>. Acesso em: 18 out. 2023.

Irineu, T. H. S., Mendonça, V., Moura, E. A. D., Lima, V. D., Oliveira, L. M., Melo, M. F., Mendonça, L. F. M., Chagas, P. C. (2024) Organic Fertilization in 'Pérola' Pineapple Increases Fruit Production and Physical and Chemical Characteristics. *Comunicata Scientiae*, 15: 3969-3969.

Junio, G. R. Z. (2019) Produtividade e nutrição do abacaxizeiro adubado com lodo de esgoto. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Federal de Minas Gerais, Montes Claros, 93p.

Kiehl, E. J. (2004) Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto. (ed. 4) Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo. 173p.

Kirkby, E. A., Römheld, V. (2007) Micronutrientes na fisiologia de plantas: funções, absorção e mobilidade. Encarte Técnico. Informações Agronômicas, 6p.

Kominko, H.; Gorazda, K.; Wzorek, Z., (2017). A possibilidade de produção de fertilizantes organominerais a partir de lodo de esgoto. Valorização de biomassa residual, 8: 1781–1791.

Kurubas, M. S., Maltas, A. S., Dogan, A., Kaplan, M., Erkan, M. (2019). Comparison of organically and conventionally produced Batavia type lettuce stored in modified atmosphere packaging for postharvest quality and nutritional parameters. Journal of the science of food and agriculture, 99: 226–234.

Lacerda, S. M. P., Silva, J. O. D., Rocha, F. A., Oliveira, J. T. D., Silva, T. O. D., Noronha, R. H. D. F., Santos, L. M., Souza, V. L. (2021) Lodo de esgoto da ete como fonte de nitrogênio na cultura da margarida (*Leucanthemum maximum*). Brazilian Journal of Development, v. 7, p. 121518-121529.

Lal, R., Negassa, W., Lorenz, K. (2015) Carbon sequestration in soil. Current Opinion in Environmental Sustainability , 15 , 79-86.

Lima, L. W. F. (2021) Otimização do uso da água em abacaxizeiro cv. Brs Imperial com redução da evaporação e percolação de água. Tese (Doutorado Engenharia Agrícola) - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz Das Almas - Bahia, 116p.

Lima, S. K., Galiza, M., Valadares, A. A., Alves, F. (2020). Produção e consumo de produtos orgânicos no mundo e no Brasil (Texto para Discussão, No. 2538). Brasília: Ipea, 19p.

Lisboa, C. S. (2022) Fontes alternativas de potássio no cultivo do abacaxizeiro 'brs imperial'. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, UENF, Campos Dos Goytacazes – RJ, 77p.

Leite, N. M., Neto, J. F. D. B., Silva, A. L. P. D., Cruz, G. K. G. D., Silva, B. M. D. S., Mesquita, E. F. D., Cantuária, P. D. C., Costa, D. T. D. (2023) Qualidade de frutos de abacaxizeiro Cv. Pérola em função de níveis de adubação orgânica. Observatório de la economía latinoamericana, 21: 22038-22054.

- Lousada, L. L. (2015) Nutrição e crescimento de sorgo sacarino e alterações nos atributos do solo pela aplicação de lodo de esgoto doméstico. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 122p.
- Malavolta, E. (2006). Manual de nutrição mineral de plantas. 1 ed. São Paulo: Agronômica Ceres. 637p.
- Malézieux, E., Bartholomew, D.P. (2003) Plant nutrition. In: Bartholomew, D.P., Paul, R.E., Rohrbach, K.G. The pineapple: botany, production and uses. Honolulu, cab, 143-165p.
- Marschner, H. (2012) Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants. 3 ed. Sydney: Academic Press, 173p.
- Melo, A.S., Aguiar Netto, A.D.O., Neto, J.D., Barbosa Brito, M.E., Almeida Viégas, P.R., Soares, M.L.T, Fernandes, P.D. 2006. Vegetative development, fruits yield and optimization of pineapple cv. Pérola with different levels of irrigation. *Ciência Rural* 36: 93–98.
- Natale, W., Rozane, D. E., Parent, L. E., Parent, S. E. (2012) Acidez do solo e calagem em pomares de frutíferas tropicais. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, 34: 1294-1306.
- Nezarat, S., Gholami, A., Asghari, H. R., Baradaran, F. M. (2018) Sweet Sorghum response to magnesium fertilization and top removal. *Sugar Tech*, 20: 305-311.
- Oliveira, C. da S., Oliveira J. A. D., Assis, V. C. S. S. D., Oliveir, G. H. D. O., Serafim de Sá, A. A., Silva, R. P. D., Casamassa, M. T., Berti, M. P. D. S. (2024) Dinâmica do magnésio no sistema solo-planta e sua participação no metabolismo e nutrição de plantas: uma revisão. *Scientific Electronic Archives*, 17: 1-10.
- Oliveira Neto, A. A. A. (2020) participação do abacaxi no desenvolvimento econômico das regiões produtoras (Compêndio de Estudos Conab, No. 24). Brasília: Conab.
- Quais são as frutas mais produzidas no Brasil?. abrafrutas.org. 14 de abril de 2023. Disponível em: <https://abrafrutas.org/2023/04/quais-sao-as-frutas-mais-produzidas-no-brasil/>. Acesso em: 20 dez. 2023.
- Pádua, T. R. P. D., Rosa, R. C. C., Matos, A. P. D., Viana, E. D. S., Reis, R. C., Cordeiro, Z. J. M. (2020) Manejo de plantas de cobertura e adubação para abacaxizeiro cultivado

em sistema orgânico de produção em Lençóis, Chapada Diamantina, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura, p. 1-8.

Pang, G. S., Bronzeado, S. B., Wu, H., Xi, J. G., (2013) Investigação sobre o estado de nutrientes do solo nas principais áreas produtoras de abacaxi de Guangdong, Guangxi e Hainan. *Guangdong Agrícola. Ciência*, 40: 40–42.

Paula, M. B. de, Mesquita, H. A. de, Nogueira, F. D. (1998) Nutrição e Adubação do Abacaxizeiro. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, 19: 33-39.

Peixoto, A. S. L. (2024) Efeito da adubação verde no cultivo de abacaxi na área de produtores familiares no município de careiro da várzea – AM. Dissertação (Mestrado em Agricultura no Trópico Úmido) - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA, Manaus - AM, 2024, 40p.

Pereira, A.C.C.P., Naves, R.V., Nascimento, J.L. do, Melo, C.de O. Características fenológicas do abacaxi cv. Pérola sob condições de sequeiro na região do Cerrado. In: Congresso de Pesquisa, Ensino E Extensão Da UFG – CONPEEX, 2., 2005, Goiânia. Anais eletrônicos do XIII Seminário de Iniciação Científica [CD-ROM], Goiânia: UFG, 2005. n.p

Peris-Peris, C.; Serra-Cardona, A.; Sánchez-Sanuy, F.; Campo, S.; Ariño, J.; San-Segundo, B. (2017) Two NRAMP6 isoforms function as iron and manganese transporters and contribute to disease resistance in rice. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 30: 385-398.

Rajj, B. V. (2011) Fertilidade do solo e manejo de nutrientes. *International Plant Nutrition Institute* 1. ed. Piracicaba-SP: IPNI, 420p.

Ramalho, A. R., Júnior, J. R. V., Fernandes, C. D. F., Rocha, R. B., Marcolan, A. L., Cassaro. J. D. (2009) Características das cultivares de abacaxizeiros cultivados no estado de Rondônia. Porto Velho, RO: Embrapa, p.1-6.

Ramos, M. J. M., Monnerat, P., H., Pinho, L. G. D. R., Silva, J. A. D. (2011) Deficiência de macronutrientes e de boro em abacaxizeiro 'Imperial': composição mineral. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 33: 261-271.

Reinhardt, D. H. (2021) Abacaxi - práticas pós-Indução floral que podem aumentar o tamanho do fruto. Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura p. 1-18.

Reinhardt, D. H. Souza, L. F. D. S., Cabral, J. R. S. (2000) Abacaxi produção:

aspectos técnicos. Embrapa Informação Tecnológica; Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 1. ed. Brasília – DF: Embrapa Mandioca e Fruticultura, p. 1-70.

Reis, L. L. D. (2015) Avaliação de cultivares de abacaxi submetidos a doses de npk. tese (Doutorado em agronomia) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu – SP, 153p.

Resende, A. V. de., Machado, C. T. T., Martins, E. S., Nascimento, M. T. do., Sena, M. C. de., Silva, L. C. R., Linhares, N. W. (2006) Rochas moídas como fontes de potássio para o milho em solo de cerrado. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento nº 162. Brasília: Embrapa Cerrados, p. 1-20.

Reinhardt, D. H. R. C., Bartholomew, D. P., Souza F. V. D., Carvalho, A. C. P. P., Pádua, T. R. P., Junghans, D. T., Matos, A. P. (2017) Advances in pineapple plant propagation. Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal, 40: 1-22.

Ribeiro, D. G., Vasconcellos, M. A. D. S., Araújo, A. P. (2011) Contribuição do sistema radicular de mudas micropropagadas na absorção de nitrogênio de abacaxizeiro cultivar Vitória. Revista Brasileira de Fruticultura, 33: 1240-1250.

Ricci, A.B., Padovani, V. C. R., Júnior D. R. P. (2010) Uso de lodo de esgoto estabilizado em um solo decapitado. I - Atributos Físicos e Revegetação. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 34: 535-542.

Rodrigues, A. A. (2009) Nutrição mineral, produção, qualidade e análise econômica do abacaxizeiro cv. Pérola, em função das relações K/N. Tese (Doutor em Agronomia) - Universidade Federal da Paraíba, Paraíba, 166p.

Rodrigues, B. B., Silva, A. P. D., Rozane, D. E., Natale, W., Silva, S. D. M. (2022) Leaf reference values for ‘Perola’ pineapple quality using composition nutrient diagnosis. Journal of Plant Nutrition. 45: 3066–3079.

Rodrigues, M. N., Pegoraro, R. F., Cardoso, G. R., Ferreira, J. M., Fernandes, L. A., Sampaio, R. A. (2022) Decomposição de lodo de esgoto utilizando-se cultivo com gramínea e aeração para uso como adubo orgânico. Engenharia Sanitária e Ambiental, 27: 245-255.

Rout, G. R., Sahoo, S. (2015) Role of Iron in Plant Growth and Metabolism. Review in Agricultural Science, 3: 1-24.

Saleem H. M., Usman, K., Rizwan, M., Al jabri, H., Alsafran, M. (2022) Funções e estratégias para aumentar a disponibilidade de zinco em plantas para agricultura sustentável. *Frontiers in Plant Science*, 13: 1033092.

Santana, L. L. D. A., Reinhardt, D.H., Cunha, G. A. P. D., Caldas, R. C. (2001) Altas densidades de plantio na cultura do abacaxi cv. Smooth cayenne, sob condições de sequeiro. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 23: 353-358.

Santiago, A. D.; Rossetto, R. (2009) *Cana-de-açúcar: Adubação orgânica*. Brasília-DF: Agetec - Agência Embrapa de Informação Tecnológica, 3p.

Santos, M. D. S. D. (2020) Cultivo de abacaxi cv. Turiaçu sob níveis de calagem e boro em latossolo amarelo distrófico. Tcc (Bacharel em Agronomia) - Universidade Federal do Maranhão, Chapadinha – MA, 28p.

Santos, P. C. D. (2012) Ácidos Húmicos, Brassinosteroide e fungos micorrízicos arbusculares na produção de mudas de abacaxizeiro. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes – RJ, 67p.

Santos, C. A D. (2023) Micropropagação in vitro do abacaxizeiro Turiaçu cultivado no município de Itacoatiara-AM. Dissertação (Mestre em Agricultura no Trópico Úmido) - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus – AM, 26p.

Silva, R. P. D., Favreto, R., Santin, A., Bertoldo, J. G., Tonietto, A., Abichequer, A. D. (2016) Calcário e biofertilizante na qualidade e rendimento de frutos de abacaxizeiro 'Pérola'. *Pesquisa Agropecuária Gaúcha*, 22: 25-38.

Siebeneichler, S. C., Monnerat, P. H., Carvalho, A. J. C. D., Silva, J. A. D. (2008) Boro em abacaxizeiro 'Pérola' no Norte Fluminense: teores, distribuição e características do fruto. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 30: 787-793.

Silva, D. C. O. D., Uchôa, S. C. P., Alves, J. M. A., Souza, L. T. D., Silva, C. N. D., Barreto, G. F., Carvalho, L. D. B., Anjos, A. J. E. D. (2020) Leaf fertilization in nutritional supplementation of micropropagated pineapple cultivars. *Investigación Agraria*, 22: 2–29.

Silva, S. E. L., Souza. A. G. C., Berni, F. R., Souza, M. G. (2004) A cultura do abacaxizeiro no Amazonas. Embrapa Amazônia Ocidental. Circular Técnica (21). Manaus-AM, p. 1-6.

- Singh, V., Singh, B., Singh, Y., Thind, H. S. E Gupta, R. K. (2010) Need based nitrogen management using the chlorophyll meter and leaf colour chart in rice and wheat in South Asia: a review. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 88: 361-380.
- Souza, L. F. D. S., REINHARDT, D. H. (2009) Abacaxizeiro. Crisóstomo, L. A., Naumov, A. *Fruteiras Tropicais do Brasil*. 1. ed. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, p.182-205.
- Souza, L. F. D. S., Reinhardt, D. H. (2004) A adubação do abacaxizeiro após indução floral. *Cruza das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura*, 3p.
- Souza, L.F. da S., Reinhardt, D.H.: Pineapple. In: Crisóstomo, L.A., Naumov, A., and Johnston, A.E. (eds.). (2007) *Fertilizing for high yield and quality tropical fruits of Brazil*. Horgen: International Potash Institute, p. 179–201.
- Souza, L. F. D., Oliveira, A. M. G. (2021) 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 Mandioca e Fruticultura, p. 95-122.
- Souza, O. P., Alvarez, R. E. F., Melo, B., Torres, J. L.R. (2009) Qualidade de fruto e produtividade do abacaxizeiro em diferentes densidades de plantio e lâminas de irrigação. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 44: 471-477.
- Taiz, L. Zieger E., Møller, I. M., Murphy, A. (2017) *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 719p.
- Teixeira, C. A. D. (2020) *Sistema de produção para a cultura do abacaxi no estado de Rondônia*. Porto Velho, RO: EMBRAPA, 21p.
- Teixeira, P.C., Donagemma, G. K., Fontana, A., Teixeira, W.G. (2017) *Manual de Métodos de Análise de Solo*. Embrapa, Brasília-DF, p. 1-577.
- Van tran, T., Nguyen, D. T. C., Nguyen, T. T. T., Nguyen, D. H., Alhassan, M., Jalil, A. A., Nabgan, W., Lee, T. (2023) A critical review on pineapple (*Ananas comosus*) wastes for water treatment, challenges and future prospects towards circular economy. *Science of The Total Environment*, 856: 158817.
- Voxeur, A., Fry, S.C. (2014). Glycosylinositol phosphorylceramides from *Rosa* cell cultures are boron-bridged in the plasma membrane and form complexes with rhamnogalacturonan II. *The Plant Journal*, 79: 139-149. DOI

[doi.org/10.1111/tpj.12547](https://doi.org/10.1111/tpj.12547).

Veloso, C. A. C., Oeiras, A. H. L., Carvalho, E. J. M., Souza, F. R. S. de S. (2001) Resposta do abacaxizeiro à adição de nitrogênio, potássio e calcário em latossolo amarelo do nordeste paraense. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 23: 396-402.

Venâncio, J. B. (2013) Produção de mudas e cultivo de abacaxizeiro em condições de campo sob adubação potássica e lâminas de irrigação. Dissertação (Mestrado em agronomia) - Universidade Federal De Roraima, Boa Vista-RR, 115p.

Wang, M., Zheng, Q., Shen, Q., Guo, S. (2013) The critical role of potassium in plant stress response. *International Journal of Molecular Sciences*, Basel, 14: 7370-7390.

## **APÊNDICE**



Figura 1A. Seleção de mudas tipo filhote do abacaxizeiro 'Pérola' para montagem do experimento.



Figura 2A. Vista geral do experimento com a disposição dos vasos em blocos casualizados.



Figura 3A. Mudas do tipo filhote de abacaxi da cultivar 'Pérola' plantadas em vasos com capacidade de 18,5 L.



Figura 4A. Vista geral do experimento após 5 meses de plantio.



Figura 5A. Coleta das plantas de abacaxizeiro aos 177 dias após o plantio.

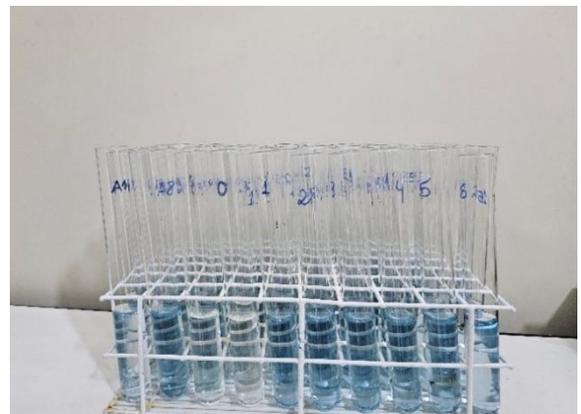


Figura 6A. Determinações dos teores de N (amarelo) e P (azul) pelo método colorimétrico.