

JARDEL DA CONCEIÇÃO SILVA

Silício no desenvolvimento inicial de plantas de abacaxizeiro

São Cristóvão – SE

Abril de 2025



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE – UFS
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS APLICADAS – CCAA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRONÔMICA – DEA

Silício no desenvolvimento inicial de plantas de abacaxizeiro

Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Agrônômica da Universidade Federal de Sergipe, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

APROVADO em: 08/04/2025

ORIENTADO: Jardel da Conceição Silva

Prof. Dr. Airon José da Silva

(Orientador)

Profa. Dra. Maria Aparecida Moreira Prof. Dr. Marcos Cabral de Vasconcellos Barretto

(Banca examinadora)

(Banca examinadora)

Dedico este trabalho a minha avó materna, Dona Laurizete, citricultora, que mesmo em tempos onde haviam poucas tecnologias difundidas na região, já produzia em quantidade e qualidade, mulher de força e sabedoria incomparáveis, com suas mãos calejadas pela terra, me ensinou desde cedo o valor do trabalho e que através do convívio despertou em mim o interesse pela agricultura. A minha mãe, Lucivânia Alves, que sempre foi meu alicerce. Sua força, seu amor incondicional e sua capacidade de me apoiar em todos os momentos fizeram com que eu chegasse até aqui. Ao meu pai, Jaime Silva, que também, com muito esforço e dedicação, tem a agricultura como sua paixão. A cada dia, sempre me mostrando que a verdadeira riqueza está no trabalho simples, na paciência e no cuidado com aquilo que a vida nos oferece.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pela força, sabedoria e coragem que me concedeu superando cada desafio, cada obstáculo dessa jornada e me permitir chegar a esse momento.

Gostaria de expressar minha profunda gratidão a todos aqueles que fazem parte do funcionamento dessa instituição, pessoas empenhadas em fazer as coisas acontecerem em todas as suas etapas, sejam terceirizados ou concursados. Aos técnicos e às pessoas que fazem parte do trabalho de funcionamento da universidade, que, com dedicação e empenho, garantem que tudo ocorra de forma organizada e eficiente. Agradeço por todo o suporte necessário para a realização de meus estudos e pesquisas.

A todo o corpo docente pelo conhecimento compartilhado e afirmo que carrego comigo a responsabilidade de perpetua-lo, de levar esse conhecimento a todos aqueles que demonstrarem interesse. Agradeço especialmente ao professor Airon José da Silva, pela orientação, paciência e dedicação, que foram fundamentais para o meu aprendizado e para o desenvolvimento deste trabalho. À professora Maria Aparecida Moreira, que para mim foi como uma mãe dentro da universidade, por sua atenção e pelos ensinamentos valiosos que sempre compartilhou. Ao professor Pedro Roberto Almeida Viegas, pela orientação enriquecedora e pelo apoio contínuo durante toda a minha trajetória acadêmica, onde sempre que possível, mesmo em horário extra curriculares trazia debates enriquecedores.

Aos meus amigos de graduação, que estiveram ao meu lado, onde todos se ajudavam oferecendo apoio, e sempre se incentivando a seguir em frente. Um agradecimento especial a Diego Bispo e Genival Fonseca, dois amigos que conheci no decorrer da graduação, empenhados em todos os trabalhos acadêmicos, que não tinham tempo ruim para nada, e que hoje são dois grandes amigos meus.

Gostaria de agradecer à minha família e aos meus amigos pelo apoio e incentivo durante toda a minha graduação. O apoio de todos foi fundamental para que eu superasse os desafios dessa trajetória e conseguisse chegar até aqui.

Agradeço pela paciência, compreensão e pelas palavras de motivação nos momentos difíceis. Sem esse suporte, essa conquista não seria possível.

Obrigado por estarem presentes em todos os momentos dessa jornada!

RESUMO

A adubação silicatada é uma prática crescente em todo o mundo, por seus efeitos benéficos ao crescimento de plantas. No Brasil, a adubação silicatada tem crescido nos últimos anos e essa prática tem garantido diversos benefícios a diversas culturas, como arroz, cana-de-açúcar, etc. promovendo aumento de produtividade e remediando estresse bióticos e abióticos em cultivos agrícolas. Porém, muitas culturas ainda não foram estudadas, ou se tem poucas informações do efeito do silício em seu crescimento. Objetivou-se com esse trabalho avaliar o desenvolvimento inicial de plantas de abacaxizeiro, analisando os efeitos do silício no crescimento, desenvolvimento e absorção de silício, visando fornecer subsídios para a implementação de práticas agrícolas mais eficientes na cultura do abacaxi. Para isso, um experimento foi conduzido em casa de vegetação com doses de 0, 10, 20, 40, 60 e 80 mg.kg⁻¹ de silício por kg de solo. Foram avaliados pigmentos fotossintéticos, parâmetros de crescimento e de produção de massa fresca e seca, silício no solo e nas plantas. O silício promoveu efeito positivo nos pigmentos fotossintéticos, crescimento e produção de massa fresca e seca, demonstrou que o silício é um elemento benéfico e eficiente na cultura do abacaxizeiro, e possivelmente poderá amenizar efeitos biótico abióticos em condições de campo. O teor de silício na folha "D" ficou na média como planta intermediária de acúmulo de silício. Estudo com fontes de silício menos solúvel ou em sistema fechado devem ser avaliados. O silício demonstrou ser um elemento benéfico no cultivo do abacaxizeiro.

PALAVRAS-CHAVE: fruticultura; elemento benéfico; *Ananas comosus*.

Sumário

1. INTRODUÇÃO	9
2. REFERENCIAL TEÓRICO	10
2.1 - Abacaxi: Características e importância da cultura	10
2.2 - O silício na Agricultura: Um elemento benéfico.....	13
2.3 - Fontes e Métodos de Aplicação do Silício na Agricultura.....	15
3. MATERIAL E MÉTODOS	16
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
5. CONCLUSÃO.....	23
6. REFERÊNCIAS	24

LISTAS DE FIGURAS

- Figura 1:** condução de experimento com diferentes doses de silício no cultivo do abacaxi, desenvolvido em estufa no Departamento de Engenharia Agronômica-DEA/UFS. Etapa de seleção das mudas.....17
- Figura 2:** Argissolo Vermelho-Amarelo coletado no Campus Rural da Universidade Federal de Sergipe (UFS), submetido à secagem em casa de vegetação.....17
- Figura 3:** Tratamentos com diferentes doses de silício (Si), aplicadas na forma de silicato de potássio (K_2SiO_3).....18
- Figura 4:** Medição da clorofila nas folhas "D" do abacaxizeiro com o Clorofilog.....19

LISTAS DE TABELAS

Tabela 1: Valores de clorofilas obtidos por método indestrutível a partir de equipamento Clorofilog.....	20
Tabela 2: Parâmetros de crescimento de abacaxizeiro em função de doses de silício aplicado via solo.....	20
Tabela 3: Produção de massa fresca de abacaxizeiro em função de doses de silício aplicado via solo.....	21
Tabela 4: Produção de massa seca de abacaxizeiro em função de doses de silício aplicado via solo.....	21
Tabela 5: Teores de silício no solo e em fola “D” de abacaxizeiro em função de doses de silício aplicado via solo.....	22

1. INTRODUÇÃO

O cultivo do abacaxizeiro (*Ananas comosus* L. Merrill) tem demonstrado excelente rendimento econômico tanto no mercado nacional quanto no internacional. O Brasil se destaca entre os principais produtores globais dessa fruta (FAOSTAT, 2024). No território brasileiro o abacaxi é cultivado há muitas décadas, em quase todos os Estados, com concentração produtiva em pequenas propriedades a partir de mão-de-obra familiar (Matos; Reinhardt, 2009), sendo uma atividade importante para a agricultura familiar. Socioeconomicamente, essa cultura requer mão-de-obra simples, sem utilização de muita mecanização, o que vem colaborando para a fixação das famílias no campo e gerando emprego e renda no setor rural (Crestani *et al.*, 2010). Seu cultivo comercial teve início nas primeiras décadas do século XX, com maior concentração nas regiões Norte, Nordeste e Sudeste (EMBRAPA, 2022a).

Dessa forma, tendo em vista o aumento da demanda por esse fruto, fomenta-se a busca por práticas agrícolas que aumentem a produtividade e a qualidade do abacaxi constantemente. Uma dessas práticas envolve o uso do silício (Si) na agricultura, elemento que tem ganhado destaque devido aos benefícios proporcionados às plantas (Alves, 2023).

O silício é o segundo elemento mais abundante na crosta terrestre, sendo encontrado principalmente na forma de silicatos e quartzo. Embora não seja considerado um nutriente essencial para a maioria das plantas, sua presença tem mostrado efeitos benéficos no crescimento e desenvolvimento vegetal (EPAMIG, 2007), sendo caracterizado como elemento benéfico para as plantas. A absorção do silício pelas plantas ocorre predominantemente na forma de ácido monossilícico (H_4SiO_4), que é absorvido pelas raízes junto com a água via fluxo de massa (Mitani *et al.*, 2009).

Segundo a Fapesp (2007), diversos estudos têm demonstrado os efeitos positivos da aplicação de silício em diferentes culturas, entre os benefícios destacam-se o aumento da resistência a patógenos, redução do acamamento, melhoria na eficiência do uso da água e incremento na produtividade. No entanto, a resposta das plantas à aplicação de silício pode variar conforme a espécie, a disponibilidade do elemento no solo e as condições ambientais (Queiroz *et al.*, 2018).

Para o cultivo do abacaxizeiro, existem algumas pesquisas sobre a absorção e os efeitos do silício com resultados promissores, mas, ainda muito limitada. Estudos indicam que a suplementação com silício pode atenuar os efeitos de estresses, como deficiência hídrica e a falta de oxigenação no sistema radicular, contribuindo com melhores resultados produtivos e maior rentabilidade para os agricultores (Rocha, 2017). Além disso, a aplicação de silício tem sido associada também à melhoria na biometria de mudas de abacaxizeiro, como comprimento da parte aérea, brotos e raízes, indicando um potencial para o uso desse elemento no manejo da cultura (Alves, 2023).

Diante do exposto, torna-se evidente a importância de aprofundar os estudos sobre a absorção de silício pelo abacaxizeiro e os efeitos desse elemento no desenvolvimento e produtividade da cultura. Além disso, a identificação de fontes de silício eficientes e economicamente viáveis pode contribuir para a sustentabilidade e competitividade da produção de abacaxi no Brasil.

Portanto, o presente trabalho tem como objetivo avaliar o desenvolvimento inicial de plantas de abacaxizeiro, analisando os efeitos desse elemento no crescimento, desenvolvimento e absorção de silício, visando fornecer subsídios para a implementação de práticas agrícolas mais eficientes na cultura do abacaxi.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 - Abacaxi: Características e importância da cultura

O abacaxizeiro, cujo nome botânico é *Ananas comosus* var. *comosus*, faz parte da família Bromeliaceae, que inclui cerca de 2.000 espécies, grande parte sendo epífitas e muitas possuem um alto valor ornamental (De Matos *et al.*, 2011). A maioria das cultivares de abacaxizeiro pertence à espécie *Ananas comosus* (L.) Merrill, planta amplamente cultivada em regiões subtropicais e tropicais tanto no hemisfério norte quanto no hemisfério sul, sendo mundialmente difundida e consumida em todos os continentes (Cotias-de-oliveira, 2000).

É uma planta herbácea perene, com aproximadamente um metro de altura. O abacaxi é uma estrutura frutífera denominada inflorescência composta por 50 a 150 frutos individuais, denominados frutinhos, e pode ser consumido fresco ou industrialmente processado (Tsuji, 2012). A variedade de abacaxi mais cultivada

globalmente é a *Smooth Cayenne*, que representa aproximadamente 70% da produção mundial de abacaxi. No entanto, outras variedades como Singapore Spanish, Queen, Red Spanish, Pérola e Perolera também são cultivadas e difundidas em todo o mundo (Leal, 1990).

Segundo o banco de dados estatístico da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação – FAOSTAT, em 2023 os três maiores produtores de abacaxi foram a Indonésia, Filipinas e Costa Rica, enquanto o Brasil ocupa a 5ª posição no ranking mundial de maiores produtores de abacaxi. De acordo com o IBGE (2023), o Brasil possui uma área plantada total de 64.479 hectares e obteve produção de 1.591.595 toneladas de frutos, alcançando uma produtividade de 24.891 frutos por hectare. A maior parte da produção do abacaxi produzido no Brasil é destinada ao consumo no mercado interno, enquanto uma parte menor é destinada para o mercado externo (EMBRAPA, 2022a). Os principais destinos do abacaxi exportado do Brasil são a Argentina, Uruguai, Paraguai, Marshall (ilhas) e Libéria (EMBRAPA, 2022b). Ademais, segundo a EMBRAPA Mandioca e Fruticultura (2022a) o cultivo do abacaxi demanda um alto volume de mão-de-obra ao longo de suas fases produtivas, especialmente na colheita. No geral, a atividade é conduzida, por pequenos e médios produtores, com áreas entre 10 e 20 hectares.

A região Nordeste do Brasil é a principal produtora de abacaxi no país, representando 34,9% da produção nacional, seguida pelo Norte, com 34,3% e Sudeste, com 24,9% da produção (EMBRAPA, 2022c). Os Estados de maiores destaques na produção do fruto são: Pará, com 342.532 frutos; Paraíba, 304.750; Minas Gerais, 159.796; Tocantins, 108.788; Rio de Janeiro, 108.590. Esse ranking permanece também para as variáveis de área plantada, colhida e valor de produção do fruto. Quanto a produtividade, Distrito Federal, Paraíba e Minas Gerais dominam o Ranking, com rendimentos médios, respectivamente de, 33.000, 32.531 e 30.872 frutos por hectare (IBGE, 2023).

No Estado de Sergipe, o cultivo de abacaxi abrange 1.101 hectares divididos em 727 estabelecimentos. Foram produzidos 32.260 frutos, com uma produtividade de 29.569 frutos por hectare, o que leva Sergipe a alcançar a 4ª posição no ranking nacional quanto produtividade do abacaxi. Quanto ao valor da produção é correspondente a R\$73.307,00. O município com o maior montante da produção de abacaxi é Riachão do Dantas, com produção de 18.000 frutos, seguido por outros

municípios com volume de produção menor, como Aquidabã, Indiaroba, Umbaúba e Gracho Cardoso (IBGE, 2023).

Em relação as questões agrônômicas, a temperatura ideal para o seu cultivo, essencial para o seu desenvolvimento saudável, oscila entre 15,5 °C e 32,5 °C, proporcionando um ambiente termicamente ameno que favorece seu crescimento. A amplitude térmica desse ambiente varia de 8 °C a 14 °C, criando condições ideais para o pleno florescimento do abacaxizeiro (De Matos *et al.*, 2014). Além disso, ainda segundo Matos *et al.* (2014), a pluviosidade é um fator crucial para o sucesso da cultura do abacaxi. Embora a quantidade ideal de chuva para o seu cultivo esteja entre 1.000 e 1.500 mm por ano, essa planta é notavelmente adaptável e capaz de prosperar em uma ampla gama de precipitação pluviométrica. Desde regiões semiáridas, com apenas 500 mm de chuva anual, até ambientes extremamente úmidos, com 5.550 mm ao ano, o abacaxizeiro demonstra sua versatilidade e capacidade de adaptação.

Quanto à luminosidade, outro fator determinante para o crescimento e desenvolvimento do abacaxi, a planta requer um mínimo de 1.200 a 1.500 horas de luz por ano. No entanto, seu ótimo desempenho é observado em ambientes com uma exposição solar mais generosa, entre 2.500 e 3.000 horas anuais, o que equivale a aproximadamente 6,8 a 8,2 horas de luz por dia (Matos *et al.*, 2014). É importante ressaltar que temperaturas baixas, insolação excessiva e sombra intensa podem ser prejudiciais ao crescimento saudável do abacaxizeiro, afetando seu desenvolvimento geral e produção.

Segundo Silva *et al.* (2004), o sistema radicular do abacaxizeiro é sensível e concentrando-se nos primeiros 20 cm do solo. Desse modo, a cultura demonstra sensibilidade a solos com excesso de umidade, por isso, é primordial dispor de boa aeração e um eficiente sistema de drenagem para o sucesso do cultivo. O abacaxizeiro pode ser cultivado a partir de diferentes tipos de mudas, entre as mais utilizadas estão a coroa, que se desenvolve sobre o fruto; o filhote, originado do pedúnculo; o rebentão, que surge na axila das folhas; e o filhote-rebentão, localizado na junção do pedúnculo com o caule (Silva *et al.*, 2004).

2.2 - O silício na Agricultura: Um elemento benéfico

O silício, um elemento amplamente presente na superfície terrestre, é o segundo elemento mais abundante, ficando atrás apenas do oxigênio em termos de ocorrência natural na crosta terrestre. Apesar disso, diferentemente de outros elementos considerados essenciais para as plantas, como nitrogênio, fósforo e potássio, o silício não é classificado como essencial segundo os critérios diretos e indiretos de essencialidade (Chérif *et al.*, 1992; Neri; Moraes; Gavino, 2005).

A maior parte do silício no solo é encontrado na forma de aluminossilicatos cristalinos insolúveis, os quais não estão prontamente disponíveis para absorção pelas plantas. Essa forma inacessível de silício limita sua utilidade direta para o desenvolvimento vegetal (Barbosa Filho *et al.*, 2001).

No solo, os teores de silício podem variar amplamente, abrangendo uma faixa que vai de menos de 1 a 45 decagramas por quilograma (dag.kg^{-1}). Dentre as formas mais ativas desse elemento, destacam-se o ácido monossilícico, uma espécie solúvel e fracamente adsorvida, o ácido polissilícico e os compostos orgânicos (Matichenkov & Calvert, 2002).

Na solução do solo, o silício encontra-se predominantemente sob a forma de ácido monossilícico $[\text{Si}(\text{OH})_4]$, com a maior parte dele na forma dissociada (Raven, 1983; Takahashi, 1995). Essa característica torna o silício prontamente disponível para as plantas, permitindo que estas o absorvam facilmente através de suas raízes.

Entretanto, em solos tropicais, processos como intemperismo (decomposição de minerais pela ação de agentes físicos e químicos) e lixiviação (remoção de nutrientes pela água percolada) podem levar a uma intensa dessilicatização. Isso resulta na predominância de formas de silício como quartzo (SiO_2), opala ($\text{SiO}_2.n\text{H}_2\text{O}$) e outras formas mineralógicas menos solúveis e, portanto, não diretamente disponíveis para as plantas (Nascimento *et al.*, 2009).

Foi observado em um estudo realizado em 2019, no qual os autores investigaram os efeitos da adubação silicatada utilizando silicato de potássio em plantas de sorgo, que essa prática agrícola promoveu um aumento significativo na tolerância das plantas à antracnose (*Colletotrichum gloesporioides* Penz.), uma doença fúngica que afeta diversas culturas agrícolas, incluindo o sorgo que foi a cultura de estudo. Além disso, observou-se uma redução no fenômeno de acamamento das plantas, no qual os caules ficam inclinados ou dobrados devido a

fatores como ventos fortes ou excesso de peso dos grãos (Lima *et al.*, 2019). Esses resultados sugerem que a adubação silicatada com silicato de potássio pode ser uma estratégia eficaz para melhorar a resistência não apenas do sorgo, mas também de outras culturas, como o abacaxi, a doenças e fortalecer sua estrutura, resultando em um melhor desempenho agrônômico.

Diferentes estudos demonstram também a eficácia do silício no controle do *Fusarium* em diferentes culturas. Huang, Roberts e Datnoff (2011), observaram redução significativa na severidade da fusariose em tomateiros tratados com metassilicato de sódio. De forma semelhante, Fortunato *et al.* (2012) comprovaram que o silício diminui a intensidade da murcha de *Fusarium* em bananeiras, reforçando sua importância no manejo integrado de doenças. Sakr (2021), verificou que o silício ativa mecanismos de defesa no trigo contra o *Fusarium*, reduzindo a produção de micotoxinas. Sun, Ahammed e Chen (2022), identificaram que a concentração de 3 mmol.L⁻¹ de metassilicato de sódio foi a mais eficaz na inibição do crescimento de *Fusarium oxysporum*. Já Whan, Dabb e Aitken (2016), mostraram que o silício fortalece as defesas naturais do algodoeiro contra *Fusarium oxysporum* f. sp. *vasinfectum*. Esses achados indicam que o silício pode ser uma estratégia eficiente no controle do *Fusarium* em diversas culturas agrícolas, podendo ser uma opção de teste também no cultivo do abacaxi para observar seu comportamento no controle da fusariose.

A absorção de silício pelas plantas é influenciada por diversos fatores, incluindo o pH do solo, a temperatura, o teor de matéria orgânica e a concentração de silício na solução do solo. Solos com pH mais elevado tendem a disponibilizar maior quantidade de silício para as plantas (Camargo; Korndorfer; Pereira, 2007). É importante ressaltar que nem todas as plantas são capazes de absorver ou acumular silício de forma eficiente, variando de 0,1% a 10% da matéria seca, dependendo da espécie (Queiroz *et al.*, 2018). No abacaxizeiro, após a absorção na forma de ácido monossilícico o silício é translocado para as partes aéreas da planta, acumulando-se nas paredes celulares, contribuindo para o fortalecimento estrutural e aumento da resistência a estresses (Biazatti, 2016). Estudos têm mostrado que a aplicação de silício pode promover incrementos na altura, produtividade, área foliar e massa seca foliar do abacaxizeiro, além de favorecer absorção de elementos essenciais como nitrogênio, fósforo, potássio, cobre e boro (Biazatti, 2016; Mendes, 2007).

2.3 - Fontes e Métodos de Aplicação do Silício na Agricultura

Uma fonte de silício ideal para uso agrícola deve apresentar alto teor do elemento disponível, boa qualidade física, fácil aplicação mecanizada, equilíbrio entre a relação cálcio e magnésio, ausência de metais pesados, baixo custo e ampla disponibilidade no mercado (Pereira; Cabral, 2005).

Os silicatos vêm se consolidando como uma das principais fontes de silício para as plantas (Lima Filho; Silva, 2016). Os silicatos de cálcio e magnésio corrigem a acidez do solo e fornecem Ca, Mg e Si às plantas. Além disso, o silício contribui para a tolerância à seca, tornando seu uso uma alternativa para aumentar a produtividade e melhorar a qualidade das culturas (Pulz *et al.*, 2008). Assim, a aplicação desses compostos tem demonstrado benefícios significativos no desenvolvimento vegetal e na resistência das plantas a estresses bióticos e abióticos, reforçando sua importância na agricultura moderna.

Para a aplicação foliar de silício (Si), a fonte mais comumente utilizada é o silicato de potássio (K_2SiO_3). Estudos têm demonstrado resultados positivos dessa prática em diversas culturas, como pepino, melão e abóbora, onde a aplicação foliar de Si tem sido associada à redução da severidade de algumas doenças (Menzies *et al.*, 1992).

Apesar disso, a forma mais predominante de aplicação de Si ainda é através de silicatos de cálcio e magnésio via solo. Além de fornecerem silício, esses compostos também podem atuar como corretivos de acidez do solo (Barbosa Filho *et al.*, 2000). As principais fontes de silicatos são as escórias provenientes da siderurgia do ferro e do aço, originadas da reação entre o calcário e a sílica (SiO_2) presente no minério de ferro ou no ferro gusa, em altas temperaturas, geralmente acima de 1.400 °C (Lima Filho; Silva, 2016).

De acordo com Korndörfer, Pereira e Camargo (2002), a quantidade de Si a ser aplicada no solo depende da reatividade da fonte utilizada, dos níveis de Si já presentes no solo e da cultura em questão. É essencial avaliar esses fatores para determinar a dosagem adequada a ser utilizada em cada situação específica.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo caracteriza-se como uma pesquisa experimental, de caráter descritivo, fundamenta nos parâmetros quantitativos, nos quais os dados numéricos são analisados com o objetivo de fundamentar a interpretação dos resultados (Souza; Kerbauy, 2017). A pesquisa experimental permite estabelecer relações de causa e efeito entre a aplicação do silício e as variáveis de crescimento da planta, descrevendo os fenômenos observados e permitindo uma compreensão sistêmica dos resultados obtidos.

O experimento foi conduzido na Universidade Federal de Sergipe (UFS), Campus São Cristóvão, nas estufas do Departamento de Engenharia Agrônômica (Figura 1). O estudo foi realizado entre os meses de abril e setembro de 2024, considerando o período de crescimento inicial das mudas com o período da aplicação do silício (por 64 dias), já as amostras foram coletadas após 91 dias da adubação com o silicato de potássio. O local para implantação do experimento foi escolhido devido às condições ambientais controladas, que minimizam variáveis externas que poderiam interferir nos resultados. As mudas utilizadas foram do tipo filhote, pertencentes a cultivar Pérola, provenientes de uma área de cultivo localizada no município de Riachão do Dantas, Sergipe. Foram inicialmente coletadas 200 mudas, das quais 24 foram selecionadas como unidades amostrais, seguindo critérios de uniformidade em tamanho, peso e sanidade, garantindo maior homogeneidade na análise dos efeitos do silício (Figura 1).

Figura 1: condução de experimento com diferentes doses de silício no cultivo do abacaxi, desenvolvido em estufa no Departamento de Engenharia Agrônômica- DEA/UFS. Etapa de seleção das mudas.



Fonte: acervo pessoal.

O solo utilizado foi um Argissolo Vermelho-Amarelo, coletado no Campus Rural da Universidade Federal de Sergipe-UFS, localizado no município de São Cristóvão - Sergipe. Após a coleta o solo passou por um processo de secagem em casa de vegetação (Figura 2), posterior peneiramento e homogeneização, sendo distribuído em vasos com capacidade para 4,5 kg. A caracterização físico-química do solo foi realizada previamente para determinar os teores naturais de silício e outros nutrientes essenciais à cultura.

Figura 2: Argissolo Vermelho-Amarelo coletado no Campus Rural da Universidade Federal de Sergipe (UFS), submetido à secagem em casa de vegetação.



Fonte: acervo pessoal.

O experimento foi estruturado em um delineamento inteiramente casualizado (DIC), composto por seis tratamentos com quatro repetições, totalizando 24 unidades experimentais. Os tratamentos foram definidos com base em doses de silício (Si), aplicadas na forma de silicato de potássio (K_2SiO_3), contendo 12% de silício e 15% de potássio (Figura 3). As doses aplicadas foram: 0 $mg.kg^{-1}$ de solo (controle); 10 $mg.kg^{-1}$ de solo; 20 $mg.kg^{-1}$ de solo; 40 $mg.kg^{-1}$ de solo; 60 $mg.kg^{-1}$ de solo; 80 $mg.kg^{-1}$ de solo. Ademais, para evitar a interferência do potássio nos resultados, os níveis desse nutriente foram equalizados entre os tratamentos por meio da adição de cloreto de potássio (KCl). O fornecimento de água foi realizado de maneira controlada, garantindo uniformidade na disponibilidade hídrica entre todas as unidades experimentais, com 80% da capacidade de vaso.

Figura 3: Tratamentos com diferentes doses de silício (Si), aplicadas na forma de silicato de potássio (K_2SiO_3).



Fonte: acervo pessoal.

As variáveis analisadas foram: silício no solo (método do azul), silício na planta (método amarelo) (Korndörfer *et al.*, 2004), massa fresca da parte aérea, massa fresca das raízes, massa fresca total, massa seca da parte aérea, massa seca das raízes, massa seca total, altura das plantas, número de folhas e diâmetro da parte aérea aos 91 dias de cultivo após aplicação do Si. Antes da coleta das amostras, foram obtidos os dados de clorofila a e b. Para isso, utilizou-se a folha "D" de cada planta de abacaxizeiro, fixando-a no Clorofilog (Figura 4). Essa foi a folha coletada para análise de silício.

Figura 4: Medição da clorofila nas folhas "D" do abacaxizeiro com o Clorofilog.



Fonte: acervo pessoal.

Os dados obtidos foram submetidos a análises estatística de variância e quando significativos foram submetidos ao teste de regressão, para ajuste de equação de regressão, utilizou-se o programa estatístico SISVAR (Ferreira, 2011).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos indicam diferença para as seguintes variáveis: clorofila a, b e total (tabela 1); altura e número de folhas (tabela 2); massa fresca da parte aérea, massa fresca das raízes e massa fresca total (tabela 3); massa seca da parte aérea, massa seca das raízes e massa seca total (tabela 4); e silício na folha "D" (tabela 5).

Não houve efeito significativo para as seguintes variáveis: relação entre a clorofila a/b (tabela 1), diâmetro da copa (tabela 2); silício no solo (tabela 5).

O efeito não significativo para a variável diâmetro da copa pode ser explicado pelo efeito do silício na planta, considerando que o silício pode promover efeito na arquitetura de plantas, deixando as plantas mais eretas. Esse fato pode explicar o efeito positivo das doses de silício no aumento dos valores de clorofila a, b e total.

Não houve ajuste de equações de regressão para as variáveis clorofila a, b e total. Também não houve ajuste de equações para as variáveis altura das plantas e número de folhas. Em ambos os casos o R^2 ficou abaixo de 0,75. Houve aumento dos parâmetros analisados, porém os modelos de regressão linear, polinomial e segundo grau e logaritmo não são adequados para representar o comportamento biológico das doses de silício aplicadas com o comportamento biológico das plantas, mesmo com a tendência de aumento dos valores com as doses aplicadas.

Tabela 1. Valores de clorofilas obtidos por método indestrutível a partir de equipamento Clorofilog.

Tratamentos mg.kg ⁻¹ de Si por kg de solo	Clorofilas			
	a*	b*	a/b ^{NS}	Total*
0	41,5	19,9	2,1	61,4
10	41,0	22,5	1,8	63,5
20	43,9	23,3	1,9	67,2
40	41,9	21,3	2,0	63,2
60	43,8	25,2	1,7	69,0
80	42,2	26,3	1,6	68,4
CV (%)	10,17	12,66	14,58	9,31
p.	0.0486	0.0010	0.0918	0.0034

NS – Não significativo; * - significativo a 5% de probabilidade pela análise de variância.

Segundo Rocha (2017), a adubação silicatada protege as plantas de abacaxizeiro contra o estresse hídrico e melhora as condições do aparato fotossintético das plantas (mudas) em condições de aclimação, sendo o silício recomendado. Alves (2023), descreve em seu estudo que a adição de silício promoveu melhorias em todas as características biométricas avaliadas (número de broto, massa fresca, massa seca, número de raízes, comprimento de raízes, comprimento da parte aérea, diâmetro da roseta, etc.), quando comparadas ao tratamento em que não houve adição de silício no cultivo *in vitro* de *Ananas comosus* var. *erectifolius*.

Tabela 2. Parâmetros de crescimento de abacaxizeiro em função de doses de silício aplicado via solo.

Tratamentos mg.kg ⁻¹ de Si por kg de solo	Altura*	Diâmetro da copa ^{NS}	Número de folhas*
	-----cm-----		--unidade--
0	33,0	63,0	19,5
10	44,0	57,3	21,8
20	42,8	59,8	20,5
40	37,3	62,0	21,5
60	38,0	66,8	21,3
80	41,8	68,3	23,5
CV (%)	7,34	10,07	5,83
p.	0.0007	0.1908	0.0093

NS – Não significativo; * - significativo a 5% de probabilidade pela análise de variância.

A produção de massa fresca do abacaxizeiro apresentou um aumento significativo com a aplicação de doses crescentes de silício via solo (Tabela 3).

Tabela 3. Produção de massa fresca de abacaxizeiro em função de doses de silício aplicado via solo.

Tratamentos mg.kg ⁻¹ de Si por kg de solo	Massa fresca parte aérea*	Massa fresca raízes*	Massa fresca total*
	-----g.vaso ⁻¹ -----		
0	388,8	38,3	427,1
10	507,5	47,9	555,4
20	413,8	43,1	456,8
40	397,5	43,3	440,8
60	380,0	48,2	428,2
80	477,5	50,4	527,9
CV (%)	13,31	13,63	12,11
p.	0.0299	0.0057	0.0169

* - significativo a 5% de probabilidade pela análise de variância.

Da mesma forma, a massa seca também mostrou elevação com o aumento das doses de silício aplicadas (Tabela 4).

Tabela 4. Produção de massa seca de abacaxizeiro em função de doses de silício aplicado via solo.

Tratamentos mg.kg ⁻¹ de Si por kg de solo	Massa seca parte aérea*	Massa seca raízes*	Massa seca total*
	-----g.vaso ⁻¹ -----		
0	127,5	3,9	131,4
10	172,5	4,8	177,3
20	156,3	4,3	160,6
40	132,5	4,6	137,1
60	135,0	3,8	138,8
80	198,8	5,0	203,8
CV (%)	10,95	13,77	10,51
p.	0.0001	0.0064	0.0000

* - significativo a 5% de probabilidade pela análise de variância.

Assim, observa-se que produção de massa fresca (Tabela 3) e massa seca (Tabela 4) aumentou com as maiores doses de silício aplicadas via solo, indicando efeito positivo na adubação silicatada. Não houve ajuste de modelos de regressão para a produção da massa fresca e seca, apesar do aumento significativo, não sendo possível indicar uma dose adequada de silício a ser aplicada via solo. Os resultados de produção de massa fresca e seca indicam que o abacaxizeiro responde de forma

positiva ao incremento da produção de biomassa, sendo este um efeito positivo para a cultura.

Ademais, os teores de silício no solo (Tabela 5) foram muito baixos, indicando que o sílico pode ter lixiviado no processo de irrigação dos vasos. Inicialmente, os vasos ficaram exposto em uma casa de vegetação sem proteção da chuva (fase de adaptação e enraizamento). Nesse período houve bastante chuva, o que pode ter lixiviado o pouco silício do solo.

Posteriormente, os vasos foram transferidos para casa de vegetação com plástico, porém, como os vasos eram abertos, com a irrigação pode ter ocorrido perda de silicato de potássio por lixiviação. O silicato de potássio tem maior utilização na forma de pulverização foliar, com aplicações sucessivas ao longo da cultura, ou via fertirrigação, por ser uma fonte mais solúvel de silício. No presente estudo, é possível que tenha ocorrido perdas por lixiviação ao longo das irrigações, o que justifica o seu baixo teor no solo.

Tabela 5. Teores de silício no solo e em folha “D” de abacaxizeiro em função de doses de silício aplicado via solo.

Tratamentos mg.kg ⁻¹ de Si por kg de solo	Silício no solo ^{NS}	Silício folha “D”
	----mg.kg ⁻¹ ----	-----%------
0	2,7	0,47
10	2,7	0,80
20	3,1	0,91
40	3,8	1,02
60	3,4	1,02
80	3,1	1,02
CV (%)	20,93	30,66
p.	0.2098	0,0067

NS – Não significativo; * - significativo a 5% de probabilidade pela análise de variância.

As plantas de abacaxi acumularam silício na faixa de 0,47 até 1,02%, estando na faixa de planta intermediária de acumulação de silício. Esse resultado indica que o abacaxizeiro tem a capacidade de absorver e acumular silício em seu tecido vegetal, sendo um resultado positivo.

5.CONCLUSÃO

Os pigmentos fotossintéticos apresentaram resultados positivo com a aplicação de dose de silício via solo;

O silício promoveu efeito positivo no desenvolvimento inicial de plantas de abacaxizeiro, demonstrando potencial de uso como adubo nessa cultura;

As plantas de abacaxi responderam positivamente a adubação silicatada, com aumento do teor de sílico na folha “D”;

A adubação silicatada é benéfica a cultura do abacaxizeiro, devendo fontes serem testadas em condições de campo, visando aumento de produção e redução de estresses bióticos e abióticos.

6. REFERÊNCIAS

Alves, P. H. S. **SILÍCIO NA BIOMETRIA DE MUDAS DE ABACAXIZEIRO VAR. ERECTIFOLIUS IN VITRO**. TCC, Fortaleza, 2023, 41p.

ALVES, Pedro Henrique da Silva. **SILÍCIO NA BIOMETRIA DE MUDAS DE ABACAXIZEIRO VAR. ERECTIFOLIUS IN VITRO**. 2023. Disponível em: https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/74725/1/2023_tcc_phsalves.pdf. Acesso em: 15 mar. 2025.

Banco de dados estatístico da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação – FAOSTAT. **Produtos agrícolas e pecuários**. 2023. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>. Acesso em: 15 mar. 2025.]

BARBOSA FILHO, M.P. et al. **Importância do silício para a cultura do arroz** (uma revisão de literatura). *Informações Agronômicas*, n.89, p.1-8, 2000.

BARBOSA FILHO, M.P. et al. **Silicato de cálcio como fonte de silício para o arroz de sequeiro**. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, Viçosa, MG. v.25, n.2, p.325-330, abr./jun., 2001.

BIAZATTI, Marlon Altoé. **CALAGEM, AGROSILÍCIO E BRASSINOSTEROIDE NA CULTURA DO ABACAXIZEIRO**. 2016. Disponível em: https://uenf.br/posgraduacao/producao-vegetal/wp-content/uploads/sites/10/2017/01/TESE-MARLON-ALTO%C3%89-BIAZATTI-CALAGEM-AGROSIL%C3%8DCIO-E-BRASSINOSTEROIDE-NA-CULTURA-DO-ABACAXIZEIRO.pdf?utm_. Acesso em: 16 mar. 2025.

CAMARGO, Mônica Sartori de; KORNDORFER, Gaspar Henrique; PEREIRA, Hamilton Seron. **SOLUBILIDADE DO SILÍCIO EM SOLOS: INFLUÊNCIA DO CALCÁRIO E ÁCIDO SILÍCICO APLICADOS**. 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/brag/a/VbPbMhjY9CRppwCM65pbxPs/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 15 mar. 2025.

CHÉRIF, M. et al. Silicon induced resistance in cucumber plants against *Pythium ultimum*. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, London, v. 41, p. 411-425, 1992

COTIAS-DE-OLIVEIRA, A.L.P. et al. Chromosome numbers in Bromeliaceae. *Genetics and Molecular Biology*, Ribeirao Preto, v.23, n.1, 173-177, 2000. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/gmb/a/wfWKrvk5vLh9MJGQmWczftc/?lang=en&format=pdf>. Acesso em: 14 mar. 2025.

CRESTANI, M.; BARBIERI, R. L.; HAWERROTH, F. J.; CARVALHO, F. I. F.; OLIVEIRA, A. C. **Das Américas para o mundo: Origem, domesticação e dispersão do abacaxizeiro**. *Ciência Rural*, v. 40, p. 1473-1483, 2010. Disponível

em:<https://www.scielo.br/j/cr/a/NRpbBs3Tm9D3CMhMVsvNTHJ/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 14 mar. 2025.

DE MATOS, A. P.; JUNGHANS, D. T.; SPIRONELLO, A. **Variedades de abacaxi resistentes à fusariose**. 2011.

DE MATOS, Aristoteles Pires et al. **Práticas de cultivo para a cultura do abacaxi no Estado do Tocantins**. Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2014.

EMBRAPA MANDIOCA E FRUTICULTURA. **Abacaxi**. 2022a. Disponível em: <https://www.embrapa.br/mandioca-e-fruticultura/cultivos/abacaxi>. Acesso em: 14 mar. 2025.

EMBRAPA MANDIOCA E FRUTICULTURA. **Destinos das exportações brasileiras de abacaxi em 2022**. 2022b. Disponível em: https://www.cnpmf.embrapa.br/Base_de_Dados/index_pdf/dados/brasil/abacaxi/b61_abacaxi.pdf. Acesso em: 15 mar. 2025.

EMBRAPA MANDIOCA E FRUTICULTURA. **Produção brasileira de abacaxi em 2022**. 2022c. Disponível em: https://www.cnpmf.embrapa.br/Base_de_Dados/index_pdf/dados/brasil/abacaxi/b1_abacaxi.pdf. Acesso em: 15 mar. 2025.

EPAMIG - EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DE MINAS GERAIS (Belo Horizonte). **O silício na nutrição e defesa de plantas**. 2007. Disponível em: <https://livrariaepamig.com.br/wp-content/uploads/2023/02/BT-82-O-Silicio-na-Nutricao-e-Defesa-de-Plantas-.pdf>. Acesso em: 14 mar. 2025.

FAPESP. Revista Jornalística. **Silício na agricultura**. 2007. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/silicio-na-agricultura/>. Acesso em: 14 mar. 2025.

FERREIRA, D. F. SISVAR: A COMPUTER ANALYSIS SYSTEM TO FIXED EFFECTS SPLIT PLOT TYPE DESIGNS: Sisvar. *Brazilian Journal of Biometrics*, [S. l.], v. 37, n. 4, p. 529–535, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.28951/rbb.v37i4.450>>. Acesso em: 9 apr. 2023.

Food and Agriculture Organization of the United Nations - FAO. *The State of Food and Agriculture*. Rome, 2013.

Food and Agriculture Organization of the United Nations – FAOstat. *Agricultural statistics database*. Home: World agricultural Information Center, 2024. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data>. Acesso em: 14 mar. 2025.

FORTUNATO, Alessandro Antonio et al. Silicon suppresses Fusarium wilt development in banana plants. **Journal of Phytopathology**, v. 160, n. 11-12, p. 674-679, 2012.

HUANG, Cheng-Hua; ROBERTS, Pamela D.; DATNOFF, Lawrence E. Silicon suppresses Fusarium crown and root rot of tomato. **Journal of Phytopathology**, v. 159, n. 7-8, p. 546-554, 2011.

IBGE CIDADES. **Produção Agrícola - Lavoura Temporária**. 2023. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pesquisa/14/10193?tipo=grafico&indicador=10197>. Acesso em: 15 mar. 2025.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Produção Agrícola Municipal, culturas temporárias e permanentes. v. 38, 2011, 94 p.

KORNDÖRFER, G.H.; PEREIRA, H.S.; CAMARGO, M.S. Silicato de cálcio e magnésio na agricultura. Uberlândia: UFU, 2002. 23p. (UFU. Boletim Técnico, 1).

KORNDÖRFER, G.H.; PEREIRA, H.S.; NOLLA, A. Análise de silício no solo, planta e fertilizante. Boletim Técnico, 02. 1 Ed. Uberlândia, MG. 31p, 2004.

LEAL, F. Complementos a la clave para identificación de las variedades comerciales de piña *Ananas comosus* (L.) Merrill. Revista de la Facultad de Agronomía, Maracay. v.16, n.1 p.1-12. 1990.

LIMA, D. T. de; SAMPAIO, M. V.; ALBUQUERQUE, C. J. B.; PEREIRA, H. S.; MARTINS, W. G. Silicon accumulation and its effect on agricultural traits and anthracnose incidence in lignoscelulosic sorghum. **Revista de Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia – GO, v.49, 2019.

LIMA FILHO, Oscar Fontão de; SILVA, Cesar José da. **Avaliação Agrônômica do Silicato de Cálcio e Magnésio Granulado na Cultura da Cana-de-Açúcar**. 2016. EMBRAPA. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1071985/1/BP772016.pdf>. Acesso em: 16 mar. 2025.

Matichenkov, V. V. & Calvert, D. V. Silicon as a beneficial element for sugarcane. *Journal American Society Sugarcane Technology*. v. 22, p. 21-30, 2002.

Matos, A.P. De, Reinhardt, D.H. (2009). Pineapple in Brazil : Characteristics, Research and Perspectives. Embrapa Cassava & Tropical Fruit, 25–36.

MENDES, Alessandra Monteiro Salviano. **INTRODUÇÃO A FERTILIDADE DO SOLO1**. 2007. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/159197/1/OPB1291.pdf>. Acesso em: 16 mar. 2025.

MENZIES, J. et al. Foliar applications of potassium silicate reduce severity of powdery mildew on cucumber, muskmelon, and zucchini squash. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, v.117, p.902-905, Nov. 1992.

MITANI, Namiki et al. Identification and characterization of maize and barley Lsi2-like silicon efflux transporters reveals a distinct silicon uptake system from that in rice. **The Plant Cell**, v. 21, n. 7, p. 2133-2142, 2009. Disponível em: <https://academic.oup.com/plcell/article-abstract/21/7/2133/6095473>. Acesso em: 14 mar. 2025.

Nascimento, C. W. A., Cunha, K. P. V. & Rodrigues, F. A. Silício e tolerância de metais pesados e doenças. **Tópicos em ciência do solo**, v. V, p. 273-318, 2009.

NERI, D.K.P.; MORAES, J.C.; GAVINO, M.A. Interação silício com inseticida regulador de crescimento no manejo da lagarta-do-cartucho *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) em milho. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v.29, n.6, p.1167-1174, 2005.

PEREIRA, HS; CABRAL, NB Slag como fonte de silício: critério de aplicação. In: **Proceedings of the Third Silicon in Agriculture Conference**. Uberlândia: Federal University of Uberlândia, 2005. p. 94-105.

Produção Agropecuária | IBGE, 2022. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/abacaxi/br>>. Acesso em 21 de março de 2024.

PULZ, Adriano Luís et al. Influência de silicato e calcário na nutrição, produtividade e qualidade da batata sob deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 1651-1659, 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/NCqKSj9wN85vjFv8yG6fvCj/>. Acesso em: 16 mar. 2025.

QUEIROZ, Dalva Luiz de; CAMARGO, Joelma Melissa Malherbe; DEDECEK, Renato Antonio; OLIVEIRA, Edilson Batista de; ZANOL, Keti Maria Rocha; MELIDO, Raul Cesar Nogueira. ABSORÇÃO E TRANSLOCAÇÃO DE SILÍCIO EM MUDAS DE *Eucalyptus camaldulensis*. **Ciência Florestal**, [S.L.], v. 28, n. 2, p. 632-640, 29 jun. 2018. Universidad Federal de Santa Maria. <http://dx.doi.org/10.5902/1980509832053>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cflo/a/Xtk44dhdyR9GB9dsxgkF9GS/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 14 mar. 2025.

RAVEN, J. A. **The transport and function of silicon in plants**. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society*, v. 58, p. 179-207, 1983.

Rocha, J. G. EFEITOS DO SILÍCIO NA ENERGÉTICA E RESPOSTAS A ESTRESSES EM ABACAXIZEIRO (*Ananas comosus* L., Merrill) VIA MODULAÇÃO DAS BOMBAS DE PRÓTONS. Tese, CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ, 2017, 81p.

ROCHA, Janiélio Gonçalves da. **EFEITOS DO SILÍCIO NA ENERGÉTICA E RESPOSTAS A ESTRESSES EM ABACAXIZEIRO (*Ananas comosus* L., Merrill) VIA MODULAÇÃO DAS BOMBAS DE PRÓTONS**. 2017. Disponível em: https://uenf.br/posgraduacao/producao-vegetal/wp-content/uploads/sites/10/2017/07/Jani%C3%A9lio-Gon%C3%A7alves-da-Rocha-Doutorado.pdf?utm_source=chatgpt.com. Acesso em: 15 mar. 2025.

SAKR, Nachaat. Soluble silicon controls Fusarium head blight in bread and durum wheat plants. **Gesunde Pflanzen**, v. 73, n. 4, p. 479-493, 2021.

SILVA, Sebastião Eudes L. da; SOUZA, Aparecida das G. Claret de; BERNI, Rodrigo Fascin; SOUZA, Maria Geralda de. **A Cultura do Abacaxizeiro no Amazonas**. 2004. EMBRAPA. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/675659/1/circtec21.pdf>. Acesso em: 15 mar. 2025.

SOUZA, Kellcia Rezende; KERBAUY, Maria Teresa Miceli. Abordagem quanti-qualitativa: superação da dicotomia quantitativa-qualitativa na pesquisa em educação. *Educação e Filosofia*, [S.L.], v. 31, n. 61, p. 21-44, 30 abr. 2017. EDUFU - Editora da Universidade Federal de Uberlândia. <http://dx.doi.org/10.14393/revedfil.issn.0102-6801.v31n61a2017p21a44>.

SUN, Shuangsheng; AHAMMED, Golam Jalal; CHEN, Shuangchen. Silicon enhances plant resistance to Fusarium wilt by promoting antioxidant potential and photosynthetic capacity in cucumber (*Cucumis sativus* L.). **Frontiers in Plant Science**, v. 13, p. 1011859, 2022.

TAKAHASHI, E. Uptake mode and physiological functions of sílica. In: Matsuo, T. et al. (Ed). *Science of the Rice plant: physiologiacl*. TOKYO: Food and Agriculture Policy Research Center, 1995.cap.5, p. 420-433.

Tsuji, S. S. Análise Filogenética e Patogénica do Agente Causal da Fusariose do Abacaxizeiro no Brasil. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Dissertação de Mestrado. P. 1-51, 2012.

WHAN, Jennifer A.; DANN, Elizabeth K.; AITKEN, Elizabeth AB. Effects of silicon treatment and inoculation with *Fusarium oxysporum* f. sp. *vasinfectum* on cellular defences in root tissues of two cotton cultivars. **Annals of Botany**, v. 118, n. 2, p. 219-226, 2016.