



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA  
CAMPUS IV  
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E AGRÁRIAS  
PROGRAMA INSTITUCIONAL LATO SENSU  
ESPECIALIZAÇÃO EM SISTEMAS PRODUTIVOS SUSTENTÁVEIS PARA O  
SEMIÁRIDO**

**CAIO DA SILVA SOUSA**

**RESPOSTA AGRONÔMICA DA BATATA DOCE (*Ipomoea batatas* (L.) Lam) SOB  
SILÍCIO E LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO**

**CATOLÉ DO ROCHA/PB  
2022**

CAIO DA SILVA SOUSA

**RESPOSTA AGRONÔMICA DA BATATA DOCE (*Ipomoea batatas* (L.) Lam) SOB  
SILÍCIO E LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO**

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Sistemas Produtivos Sustentáveis para o Semiárido, em cumprimento às exigências para obtenção do grau de Especialista em Sistemas Produtivos Sustentáveis para o Semiárido.

**Orientador:** Prof. Dr. Evandro Franklin de Mesquita  
**Coorientadora:** Profa. Dra. Emmanuely Calina Xavier Rodrigues dos Santos Liana

**CATOLÉ DO ROCHA/PB  
2022**

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

S725r Sousa, Caio da Silva.  
Resposta agrônômica da batata doce (*ipomoea batatas* (L.) lam) sob silício e lâminas de irrigação [manuscrito] / Caio da Silva Sousa. - 2022.  
36 p.

Digitado.

Monografia (Especialização em Sistemas Produtivos Sustentáveis Para O Semiárido) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências Humanas e Agrárias , 2023.

"Orientação : Prof. Dr. Evandro Franklin de Mesquita , Departamento de Agrárias e Exatas - CCHA."

"Coorientação: Profa. Dra. Emmanuely Calina Xavier Rodrigues dos Santos Liana , Departamento de Agrárias e Exatas - CCHA."

1. *Ipomoea batatas* (L) Lam. 2. Disponibilidade de água. 3. Fertilização silicatada. I. Título

21. ed. CDD 635.587

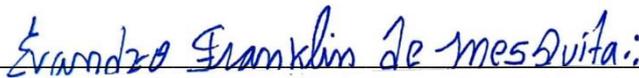
CAIO DA SILVA SOUSA

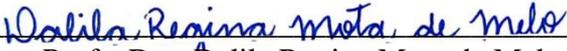
RESPOSTA AGRONÔMICA DA BATATA DOCE (*Ipomoea batatas* (L.) Lam) SOB  
SILÍCIO E LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO

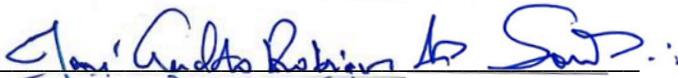
Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Sistemas Produtivos Sustentáveis para o Semiárido, em cumprimento às exigências para obtenção do grau de Especialista em Sistemas Produtivos Sustentáveis para o Semiárido.

Aprovada em: 13 / 10 / 2022.

**BANCA EXAMINADORA**

  
Prof. Dr. Evandro Franklin de Mesquita (Orientador)  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

  
Prof.ª. Dra. Dalila Regina Mota de Melo  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

  
Prof. Dr. José Geraldo Rodrigues dos Santos  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

A Deus, minha rocha, a minha família pelo suporte, familiares e amigos, pela atenção e encorajamento na vida acadêmica, DEDICO.

“Não temas, porque Eu estou contigo; não te assombres, porque Eu sou teu Deus; Eu te fortaleço, e te ajudo, e te sustento com a destra da minha justiça.”

Isaías 41:10

## AGRADECIMENTOS

A **Deus**, por me permitir dar mais um passo nessa jornada acadêmica de muitos aprendizados, por me dar discernimento e sabedoria, força e coragem para enfrentar e conquistar mais essa vitória.

A **minha família**, um dos pilares de minha vida. Meus pais Luzimar Soares de Sousa e Carlinda Teodosio da Silva Sousa por todo o amor sem fim, suporte, cuidado, afeto e ensinamentos; as minhas irmãs Liliane da Silva Soares e Vitória Carolina da Silva Soares e a minha namorada Raquel Alice Silveira Alves, pelo carinho, paciência, companheirismo e ajuda em todos os momentos.

Ao meu orientador, Prof. Dr. **Evandro Franklin de Mesquita**, pela orientação, disponibilidade a me ajudar quando precisei, ensinamentos transmitidos, e principalmente pelo incentivo, dedicação e paciência.

Ao Prof. Dr. **José Geraldo Rodrigues dos Santos** e a Profa. Dra. **Dalila Regina Mota de Melo**, excelentes profissionais que respeito e admiro, por fazerem parte da banca examinadora e pelas contribuições dadas para a melhoria do trabalho.

A todos os **professores do Curso de Especialização** da UEPB - Campus IV que através de suas disciplinas e ensinamentos contribuiriam para meu crescimento pessoal e profissional.

Aos meus **amigos de equipe e colegas de especialização**, em especial a Alex, Francisca, José Paulo e Clebia pelo apoio moral, por todos os momentos de amizade, alegrias e descontrações compartilhados.

Aos demais amigos que fiz, **funcionários da UEPB** no geral, em especial ao meu amigo José Vaderez (Deca) pelas boas conversas e companhia no campo.

Enfim, a todos que se fizeram presentes e auxiliaram de alguma maneira na realização desse objetivo.

**Muito Obrigado!**

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1.</b>	Diâmetro caulinar de plantas de batata doce sob doses de silício e lâminas de irrigação.....	18
<b>Figura 2.</b>	Número de ramos por planta de batata doce sob doses de silício e lâminas de irrigação.....	19
<b>Figura 3.</b>	Massa verde da parte aérea das plantas de batata doce sob doses de silício e lâminas de irrigação.....	20
<b>Figura 4.</b>	Massa média de raízes comerciais de batata doce sob adubação silicatada (A) e lâminas irrigação (B).....	21
<b>Figura 5.</b>	Produtividade de raízes comerciais (kg/ha) de batata doce sob adubação silicatada e lâminas irrigação.....	22
<b>Figura 6.</b>	Eficiência agrônômica de uso da água (EAUA) pela batata doce, em função de doses de silício aplicado no solo.....	23

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b>	Caracterização química, quanto à fertilidade, e física do solo da área experimental.....	13
<b>Tabela 2.</b>	Caracterização química do esterco bovino utilizado como fonte de matéria orgânica.....	14
<b>Tabela 3.</b>	Caracterização química da água utilizada no experimento.....	15
<b>Tabela 4.</b>	Dados médios mensais da temperatura e umidade relativa do ar, evaporação de referência e pluviosidade.....	16
<b>Tabela 5.</b>	Resumo das análises de variância para diâmetro caulinar (DC), número de ramos (NR), massa verde da parte aérea (MVPA), massa de raízes comerciais (MRC) e produtividade raízes comercial e eficiência agrônômica do uso de água pelas plantas (EAUA) de batata doce, sob lâminas de irrigação e adubação silicatada.....	18

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	07
2	REFERENCIAL TEÓRICO .....	08
2.1	Cultura da batata doce .....	08
2.2	Silício na agricultura .....	10
2.3	Manejo da irrigação .....	11
3	METODOLOGIA .....	12
3.1	Caracterização da área .....	12
3.2	Solo da área experimental .....	13
3.3	Design experimental .....	14
3.4	Formas de aplicação do Silício .....	15
3.5	Distribuição de lâminas .....	16
3.6	Dados meteorológicos .....	16
3.7	Análise estatística .....	17
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	17
5	CONCLUSÕES .....	24
	REFERÊNCIAS .....	25

**RESPOSTA AGRONÔMICA DA BATATA DOCE (*Ipomoea batatas* (L.) Lam) SOB  
SILÍCIO E LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO  
AGRONOMIC RESPONSE OF SWEET POTATOES (*Ipomoea batatas* (L.) Lam)  
UNDER SILICON AND IRRIGATION BLADES**

Caio da Silva Sousa<sup>1</sup>

**RESUMO**

A Batata doce, cultura de grande importância econômica e social, para a agricultura familiar na microrregião de Catolé do Rocha, tem como principal obstáculo para o seu desenvolvimento, o clima, tornando-se necessária a implementação de manejo adequado para que se tenha um crescimento e produtividade satisfatória. Neste contexto, objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito da redução das lâminas de irrigação sob adubação silicatada via solo sobre o crescimento, emissão de ramos, produção de fitomassa fresca da parte aérea, rendimento de raízes tuberosas comercializáveis e eficiência do uso agrícola da água por planta de Batata doce, variedade Campina. Os tratamentos foram dispostos em parcelas subdivididas, distribuídas em blocos casualizados, em esquema fatorial 2x5 com três repetições, totalizando 30 unidades experimentais. As parcelas foram duas lâminas de irrigação de 100 e 50% da evapotranspiração da cultura – (ETc) e as subparcelas corresponderam às doses de silício de 0,0; 0,5; 1,0; 1,5 e 2,0 g planta<sup>-1</sup>. Ao final do experimento foram avaliadas as seguintes variáveis: diâmetro do caule, emissão de ramos, fitomassa fresca da parte aérea, fitomassa das raízes tuberosas comercializáveis, produtividade e eficiência do uso da água pelas plantas. De acordo com os resultados, a redução de 100 para 50% da ETc causou inibição do crescimento, produção de fitomassa fresca da parte aérea e rendimento de raízes tuberosas comercializáveis. A cultura mostrou-se mais sensível ao estresse hídrico quanto à produtividade do que quanto ao crescimento ou formação de biomassa pela parte aérea e raízes tuberosas comercializáveis.

**Palavras-chave:** *Ipomoea batatas* (L.) Lam. Disponibilidade de água. Fertilização silicatada.

**ABSTRACT**

Sweet Potato, culture of great economic and social importance for family farming in the Catolé do Rocha microregion, has the climate as the main obstacle to its development, making it necessary to implement adequate management in order to have a growth and satisfactory productivity. In this context, the objective of this work was to evaluate the effect of the reduction in the irrigation blades under silicate fertilization via soil on growth, branch emission, production of fresh phytomass of aerial part, yield of marketable tuberous roots, and efficiency of the agricultural use of the water per plant of Sweet Potato, Campina variety. The treatments were arranged in subdivided plots, distributed into randomized blocks, using a 2x5 factorial scheme with three repetitions, totaling 30 experimental units. The plots were two irrigation blades of 100 and 50% of the crop evapotranspiration – (ETc) and the subplots corresponded to the silicon doses of 0.0, 0.5, 1.0, 1.5, and 2.0 g plant<sup>-1</sup>. At the end of the experiment, the following variables were evaluated: stem diameter, branch emission, fresh phytomass of aerial part, phytomass of marketable tuberous roots, yield, and water use efficiency by plants. According to the results, the reduction from 100 to 50% of the ETc caused inhibition of growth, production of fresh phytomass of aerial part, and yield of marketable tuberous roots. The crop revealed to be more sensitive to water stress regarding yield than regarding growth or biomass formation by the aerial part and marketable tuberous roots.

**Keywords:** *Ipomoea batatas* (L.) Lam; Water availability; Silicate fertilization.

<sup>1</sup>Aluno do Curso de Especialização em Sistemas Produtivos Sustentáveis para o Semiárido - Universidade Estadual da Paraíba – Campus IV – Catolé do Rocha –PB. caiosilvafla16@gmail.com.

## 1 INTRODUÇÃO

Apesar da Batata doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam) ser uma das três principais culturas de raízes de armazenamento de importância global, depois da batata (*Solanum tuberosum*) e da mandioca (*Manihot esculenta*), porém sua sustentabilidade depende do uso eficiente da água durante todo o ciclo para adaptá-la às mudanças climáticas (YOUYONGWECH et al., 2013; GOUVEIA et al., 2019). Essa dependência parece mais séria nas áreas do Alto Sertão paraibano, devido a diminuição volumétrica dos mananciais, em respostas a insuficiente e irregular distribuição da pluviosidade, comprometendo o crescimento, o desenvolvimento e a produtividade agrícola.

Dentre os fatores que comprometem os processos biológicos e a produtividade das culturas destaca-se o déficit hídrico devido a carência de água no solo restringir a abertura estomática das folhas com prejuízos severos no sistema fotossintético, principalmente em regiões dependentes da irrigação, onde o consumo de água da batata doce é afetado pelas mudanças climáticas (YOUYONGWECH et al. 2016; MULOVEDZI et al., 2020). Com a redução da fotossíntese ocorre o decréscimo na produção de carboidratos, que posteriormente seriam armazenados pelas plantas para serem utilizados em outras etapas vitais para seu desenvolvimento (SINGELS et al., 2005; ZHANG et al., 2018).

O cultivo da batata doce, que é uma das hortaliças importantes para a agricultura familiar na microrregião de Catolé do Rocha-PB, tem a sua produção de raiz tuberosa afetada negativamente pelo estresse hídrico, com maior intensidade nas regiões semiáridas, conforme verificado por Saqib et al. (2017), após irrigarem a cultura com lâminas de irrigação equivalentes a 60, 80, 100 e 120% de sua exigência hídrica.

Essa situação expressa a dependência da produção agrícola a sistemas de irrigação, no mundo semiárido, e exige a adoção de estratégias de manejo da água para a obtenção de rendimentos agrícolas sustentáveis para garantir a disponibilidade de alimentos, dada a crescente e contínua preocupação mundial (SOUZA et al., 2016; DELZARI et al., 2017; EL-FOTOH et al., 2019).

Uma das alternativas pode ser o uso do silício (Si) na agricultura (GUNTZER et al., 2012), que, embora não seja um nutriente essencial para as plantas, exerce ação mitigadora sobre os estresses abióticos, como o hídrico, salino e nutricional (SAVVAS et al., 2015; BESHARAT et al., 2020).

A microrregião de Catolé do Rocha, localizada no Alto Sertão da Paraíba, apresenta grande diversidade em seus sistemas de produção com viabilidade ambiental para o

desenvolvimento de novas atividades agrícolas. Nesse contexto, a média aritmética dos últimos cinco anos de precipitação e evaporação de referência foi de 745,3 e 1868 mm ano<sup>-1</sup>, respectivamente, obtidos na estação meteorológica da Universidade Estadual da Paraíba, Campus IV. A evaporação de referência (ET<sub>0</sub>) foi 2,5 vezes maior que a precipitação. Assim, o silício fornece proteção contra perdas de água por plantas sob estresse por deficiência hídrica e aumento da salinidade do solo. Além da ação positiva de atenuação do estresse, o silício também exerce efeito benéfico sobre as plantas, evidenciado pelo baixo coeficiente de transpiração, resultando em um melhor uso da água, estimulação da produção de clorofila foliar, maior rigidez estrutural dos tecidos, aumento da resistência mecânica das células mantendo as folhas eretas e aumentando a área de atividade fotossintética e absorção de CO<sub>2</sub> (ETESAMI et al., 2018; ALVES et al., 2020; BESHARAT et al., 2020).

Após a absorção, acumula-se no retículo endoplasmático, nas paredes celulares e espaços intercelulares como sílica hidratada SiO<sub>2</sub> · n H<sub>2</sub>O, formando complexos com polifenóis, constituindo uma alternativa para lignina no reforço das paredes celulares, melhorando a capacidade das plantas de resistirem ao estresse em regiões áridas (TAIZ et al., 2017; HELALY et al., 2017; MAHMOUD et al., 2020).

Com base no exposto, objetivou-se avaliar os efeitos da adubação silicatada na eficiência de uso da água no crescimento, biomassa fresca da parte aérea e produção de raízes comerciais de batata doce, no Alto Sertão da Paraíba.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Cultura da Batata Doce**

A família das convolvuláceas possui uma única, mas importante, hortaliça tuberosa tropical: a batata doce. Esta é uma cultura disseminada em todas as regiões e maioria dos estados brasileiros (SARMENTO, 2019). A cultura da batata doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam), não tem origem exata, aceitando-se a possibilidade de origem americana, onde, entre o México e o norte da América do Sul é a faixa provável de surgimento (SILVA et al., 2015).

No ano de 2017, de acordo com IBGE (2018), a área plantada da batata doce no Brasil foi 54.123 ha. Das regiões do país, a região Nordeste é a segunda maior produtora, com 420.837 t, atrás apenas da região Norte que alcança produções de 1.671.433 t. Na região Nordeste o estado que mais produziu essa cultura no ano foi o Piauí, com 285 t, seguido de Sergipe, com 40.271 t, e logo depois a Paraíba, com 28.121 t.

De acordo com Silva et al. (2015), essa cultura tem grande importância econômica e social, devido a rusticidade da batata, a facilidade de adaptação ao clima e grande capacidade produtiva de energia em tempo curto. Para o desenvolvimento das plantas, o clima é de extrema importância, tendo em vista que são influenciadas de forma benéfica ou maléfica pelos fatores climáticos, como temperatura e luminosidade (SANTOS et al., 2010). As características do solo, relevo e umidade de ar influenciam no desenvolvimento e produtividade de culturas agrícolas.

As maiores áreas cultivadas localizam-se nas regiões que apresentam clima constantemente quente e alta luminosidade (FILGUEIRA, 2008), condição esta encontrada na microrregião de Catolé do Rocha-PB.

Esta planta herbácea apresenta caule rastejante, que atinge 3 m de comprimento e folhas com pecíolos longos. A parte aérea é constituída por uma vegetação agressiva, que forma boa cobertura do solo. A batata doce possui dois tipos de raiz uma de reserva ou tuberosa, que constitui a principal parte de interesse comercial, e uma raiz absorvente, responsável pela absorção de água e extração de nutrientes do solo (NUNES, 2017).

As raízes tuberosas se formam desde o início do desenvolvimento da planta, sendo facilmente identificadas pela maior espessura, pela pouca presença de raízes secundárias e por se originarem dos nós. Já as raízes absorventes se formam a partir do meristema cambial, tanto nos nós quanto entrenós, sendo abundantes e bem ramificadas, o que favorece a absorção de água, bem como de nutrientes (CAETANO, 2020).

Entretanto, esta característica leva a uma rápida diminuição da reserva de nutrientes do solo, refletindo na queda de produção dos cultivos sucessivos na mesma área, exigindo maior demanda por nutrientes. Nessa situação, quando o solo apresenta fertilidade inadequada para a cultura, faz-se necessário o uso da adubação em maior quantidade (SILVA; LOPES; MAGALHÃES, 2002; NASCIMENTO, 2013). O uso de fertilizantes minerais e orgânicos proporciona incremento significativo na produtividade de raiz tuberosa em solos pouco férteis, quando há disponibilidade de nutrientes, ocorrendo intenso crescimento da parte aérea ocasionado pela formação de raízes tuberosas (MOTA et al., 2016)

Desta maneira, é imprescindível desenvolver estratégias de manejo de fertilizantes para a cultura da batata doce, que venha otimizar a eficiência do uso dos mesmos, evitando a aplicação de doses acima da necessária que possam causar danos para a cultura (NUNES, 2017).

## 2.2 Silício na Agricultura

O silício é o segundo elemento mais abundante da crosta terrestre, com 27,7%, estando atrás apenas do oxigênio. Encontrado na forma de óxidos ( $\text{SiO}_2$ ) na natureza ou como minerais silicatados (NACHTIGALL, 2006). Considerado como um elemento benéfico para as plantas, atuando no melhoramento do seu desenvolvimento e desempenho quando relacionado aos estresses bióticos e abióticos (TEMIZ et al., 2017).

Ne sentido, alguns materiais podem ser utilizados como fonte de Si para as plantas, dentre eles estão aqueles aplicados via solo em pó ou granulado, na forma de silicatos de Ca e de Mg, ou na forma líquida com a aplicação via foliar, como é o caso do silicato de K (KORNDÖRFER; SOUZA, 2018). A aplicação de substâncias mitigantes com a finalidade de atenuar os efeitos do déficit hídrico, associado com os mecanismos endógenos das plantas, mostra-se como uma alternativa promissora (ALMEIDA NETO, 2020).

O silício possui uma relevante função nas relações planta-ambiente, proporcionando às culturas determinadas condições para suportar as questões climáticas, edáficas e biológicas (LIMA FILHO, 2006). Tal elemento é considerado benéfico por estar relacionado com os variados efeitos positivos nas plantas como, por exemplo, através das células epidérmicas, permitindo que as folhas fiquem mais eretas, induzindo maior absorção de  $\text{CO}_2$  e aumentando a eficiência fotossintética, além do teor de clorofilas (FERRAZ et al., 2014).

Por cumprir o segundo critério de essencialidade, o Si pode ser considerado como elemento “semi” essencial, onde as plantas podem apresentar em seu crescimento e desenvolvimento ou reprodução, anormalidades, quando comparadas com plantas não privadas do elemento, permitindo então considerá-lo como de grande importância e relevância para o desenvolvimento de diversas culturas (EPSTEIN; BLOOM, 2004; SANTOS et al., 2021).

Segundo Pilon (2011), a aplicação de Si favorece o crescimento das plantas em condição de disponibilidade hídrica adequada. Cotado como elemento essencial para o crescimento e desenvolvimento das plantas, o silício proporciona inúmeros benefícios, como maior tolerância aos estresses bióticos e abióticos, por atuar diretamente na fisiologia vegetal e em processos químicos importantes no solo (SANTOS et al., 2021).

Além do silício proporcionar um bom desenvolvimento da arquitetura foliar das plantas (MENEGALE et al., 2015), propicia resistência ao ataque de microrganismos fitopatogênicos, indução de reações metabólicas que formam compostos como fitoalexinas e lignina que beneficiam as plantas na tolerância à seca (POZZA et al., 2004).

De acordo com Araújo et al. (2012), desde o estágio inicial até a colheita, o fornecimento adequado de nutrientes é fundamental para a produção de hortaliças. A carência ou excessividade de nutrientes pode causar estresse as plantas devido ao desequilíbrio nutricional, interferindo intrinsecamente na produtividade (OLIVEIRA, 2020).

Dessa forma, a utilização do silício na agricultura, no desenvolvimento e produção de cultura, fornecido de forma adequada e em quantidades corretas, apresenta uma serie de vantagens, principalmente na cultura da batata doce, relacionado ao incremento do crescimento e produtividade.

### **2.3 Manejo da Irrigação**

Devido ao acelerado crescimento populacional no mundo, há a necessidade por uma maior produção alimentícia, com expansão de áreas agricultáveis em todo o mundo, com o uso da irrigação para suprimento da carência hídrica em regiões semiáridas (MEDEIROS et al., 2012). Para Cavalcante et al. (2012) a irrigação é de extrema importância para agricultura, contribuindo com mais de 40% da produção de alimentos consumidos mundialmente, no entanto, são adicionados sais no solo independente da qualidade da água utilizada.

Considerada na agricultura, ao complementar a precipitação natural, a irrigação é uma das principais alternativas para contornar os problemas da deficiência hídrica, uma vez que tem como objetivo suprir as necessidades hídricas necessárias para um crescimento e desenvolvimento adequado das culturas (BASTOS et al., 2017).

Normalmente, o produtor irriga sua cultura em excesso para driblar o déficit hídrico da cultura, sem que haja uma estratégia ou método apropriado para a utilização da água de forma eficiente (TURCO et al., 2009). A qualidade da água, dado básico que deve ser conhecido para se planejar e praticar um manejo adequado de qualquer projeto de irrigação, é de suma importância para o desenvolvimento das culturas (SOARES et al., 2001; SILVA et al., 2017). Sendo assim, Freitas et al., (2010) afirmam que o manejo hídrico mais adequado possibilita ao produtor maiores produtividades, com menores custos e de forma sustentável.

Para se analisar e saber qual método deve ser empregado, é necessário compreender primeiramente a necessidade hídrica da cultura, utilizando a estimativa da evapotranspiração (ETc), calculada pela evapotranspiração de referência (ETo) multiplicada pelo coeficiente da cultura (kc) (CASTRO et al., 2016), sendo este método o mais utilizado devido a sua maior funcionalidade e menor obrigatoriedade de mão-de-obra (OLIVEIRA et al., 2008).

A evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) pode ser definida de duas maneiras: direta ou indireta. A determinação direta é medida através de equipamentos conhecidos como lisímetros ou evapotranspirômetros, enquanto a indireta pode ser determinada por meio de equações empíricas, as quais têm sido propostas para estimar a evapotranspiração de referência ET<sub>o</sub> (SIMEÃO et al., 2016).

No manejo de irrigação citado, os instrumentos aplicados constantemente são: o tanque Classe A e a estação meteorológica automática; no qual o tanque Classe A baseia-se na medição da evaporação da água, sendo esse valor convertido em evapotranspiração de referência, através de coeficientes intrínsecos que dependem do tipo de tanque, clima e da bordadura circundante (ALLEN et al., 1998), ou seja, o operador mede a lâmina de água evaporada e a lâmina precipitada, com uso de pluviômetro, e em seguida, desenvolve os cálculos necessários de quando e quanto irrigar (OLIVEIRA et al., 2008).

Segundo Andrade Júnior et al. (2002), alguns estudos estão sendo aplicados com o objetivo de viabilizar essa técnica econômica no cultivo de área irrigada. Dessa forma, é de suma importância o estudo dessa técnica e de estratégias do manejo de irrigação como alternativas para suprir a necessidade hídrica de culturas, de forma a proporcionar condições adequadas para o seu crescimento e conseqüentemente produtividade.

### **3 METODOLGIA**

#### **3.1 Caracterização da Área**

O trabalho foi desenvolvido entre 10 de julho de 2019 a 16 de janeiro de 2020, nas dependências do Centro de Ciências Humanas e Agrárias, pertencente a Universidade Estadual da Paraíba, localizada na cidade de Catolé do Rocha, situado na Mesorregião do Alto Sertão paraibano, Microrregião de Catolé do Rocha-PB. O município está inserido na região semiárida do Alto Sertão paraibano, situado pelos pontos das coordenadas geográficas: latitude 6° 20'38" Sul, longitude 37° 44' 48" a Oeste do Meridiano de Greenwich, a uma altitude de 275 m.

O clima da região conforme Köopen (ALVARES et al., 2013), é BSh semiárido, quente com chuvas de verão e, segundo a divisão do Estado da Paraíba em regiões bioclimáticas, possui bioclima 4bTh com período sem chuvas de 5 a 7 meses. A estação chuvosa dura de janeiro a julho com maior frequência e intensidade nos meses de fevereiro, março e maio.

### 3.2 Solo da Área Experimental

O solo da área experimental, de acordo com os critérios do Sistema Brasileiro de Classificação - SiBCS, foi classificado como NEOSSOLO FLÚVICO Eutrófico (EMBRAPA, 2018). Antes da instalação do experimento, amostras de solo foram coletadas na camada de 0-20 cm para caracterização química, quanto à fertilidade e dos atributos físicos (Tabela 1) empregando as metodologias contidas no manual da EMBRAPA (2017).

**Tabela 1.** Caracterização química, quanto à fertilidade, e física do solo da área experimental.

Atributos químicos		Atributos físicos	
pH em água (1,0:2,5)	6,7	Areia (g kg <sup>-1</sup> )	661
MOS (g kg <sup>-1</sup> )	11,59	Silte (g kg <sup>-1</sup> )	213
P (mg dm <sup>-3</sup> )	16,19	Argila (g kg <sup>-1</sup> )	126
Si (mg dm <sup>-3</sup> )	10,00	Ada (g kg <sup>-1</sup> )	42
K <sup>+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	1,17	Gf (%)	66,7
Ca <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	1,49	Id (%)	33,3
Mg <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,54	Ds (g cm <sup>-3</sup> )	1,51
Na <sup>+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,10	Dp (g cm <sup>-3</sup> )	2,76
Ca <sup>2+</sup> /Mg <sup>2+</sup>	2,8:1	Pt (%)	45,00
SB (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	4,20	M (%)	31,9
(H <sup>+</sup> +Al <sup>3+</sup> ) (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,00	m (%)	13,1
Al <sup>3+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,00	Uvcc (g kg <sup>-1</sup> )	131,4
CTC (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	4,20	Uvpmp (g kg <sup>-1</sup> )	49,7
V (%)	100	Adi (g kg <sup>-1</sup> )	81,7
Classificação	Eutrófico	Classificação textural	FAA

MOS = Matéria orgânica do solo; SB = Soma de bases trocáveis (SB = Ca<sup>2+</sup>+Mg<sup>2+</sup>+K<sup>+</sup>); CTC = Capacidade de troca catiônica [CTC = SB (Ca<sup>2+</sup>+Mg<sup>2+</sup>+K<sup>+</sup>)]; V= Saturação do solo por bases trocáveis [V = (SB/CTC) x 100; Ada = Argila dispersa em água; Df = Grau de flocculação {Gf = [(Argila-Ada)/Argila] x 100}; Ds e Dp = respectivamente densidade do solo e de partículas; Pt, M e m = Respectivamente, porosidade total, macro e microporosidade do solo; Uvcc, Uvpmp = Respectivamente, umidade volumétrica ao nível de capacidade de campo e do ponto de murchamento permanente nas tensões de -0,033 e -1,500 MPa do solo; Adi = Água disponível no solo; FAA = Francoargiloarenosa.

### 3.3 Design Experimental

Os tratamentos foram dispostos em parcelas subdivididas distribuídas em blocos casualizados, com três repetições, em esquema fatorial 2x5, totalizando 30 unidades

experimentais. As parcelas correspondiam as lâminas de irrigação equivalentes a 100 e 50% da evapotranspiração da cultura – ETc, e as subparcelas corresponderam às doses de silício nos níveis de 0,0; 0,5; 1,0; 1,5 e 2,0 g planta<sup>-1</sup>, estabelecido de acordo com Pilão (2011).

O preparo do solo consistiu de uma aração e uma gradagem, e cada tratamento ou subparcela, distanciado de 1,0 m nas leiras, foi constituído por três leiras preparadas manualmente; cada uma com 4,0 m de comprimento, 0,40 m de largura e 0,35 m de altura, com volume de 0,56 m<sup>3</sup>. Nas leiras, as ramas (sementes) foram plantadas na distância de 0,30 m e utilizadas as 11 plantas centrais da leira central para as avaliações. Em cada subparcela, foram incorporados 1,5 kg de esterco bovino (Tabela, 2) com umidade de 5%, caracterizado conforme EMBRAPA (2009) para elevar o teor de matéria orgânica do solo de 1,1 para 2,5%, usando a expressão de Bertino et al. (2015), abaixo descrita:

$$QEB (g) = (25 \text{ g kg}^{-1} - TMOSP) \times VL \times ds \times EU/TMOEB$$

Em que:

QEB = Massa de esterco bovino descontada a umidade (g);

TMOSP = Teor de matéria orgânica que o solo possui (g kg<sup>-1</sup>);

VL = Volume do leirão (dm<sup>3</sup>);

ds = Densidade do solo (kg dm<sup>-3</sup>);

UE = Umidade em massa do esterco bovino (%);

TMOEB = Teor de matéria orgânica do esterco bovino (g kg<sup>-1</sup>).

**Tabela 2.** Caracterização química do esterco bovino utilizado como fonte de matéria orgânica.

N	P	K	Ca	Mg	Na	Zn	Cu	Fe	Mn	MO	CO	C/N
.....g kg <sup>-1</sup> .....					.....mg kg <sup>-1</sup> .....			.....g. kg <sup>-1</sup> .....				
14,29	2,57	16,79	15,55	4,02	5,59	60	22	8550	325	396,0	229,7	16:1

MO = Matéria orgânica; CO = Carbono orgânico.

As ramas de bata doce, casca roxa, variedade Campina, foram padronizadas com tamanho de 0,35 m, 10 entrenós e diâmetro de 3,8 mm, objetivando maior homogeneidade de plantio.

### 3.4 Formas de Aplicação do Silício

O silício foi fornecido na forma de dióxido de silício amorfo sintético (910 g kg<sup>-1</sup> de SiO<sub>2</sub>), composto de nanopartículas de SiO<sub>2</sub> com elevada atividade superficial devido à alta densidade radical silanol (SiO<sub>2</sub>.nH<sub>2</sub>O), em três aplicações iguais, uma no preparo dos leirões, aos 30 e 60 dias após o plantio das ramas sementes de batata doce (*Ipomea batatas* L.), variedade Campina, de casca roxa. A adubação mineral com NPK foi comum a todos os tratamentos: o nitrogênio oriundo de ureia (45%), fósforo de superfosfato simples (21% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 18% Ca<sup>2+</sup>, 12% S) e potássio na forma de sulfato de potássio (53% K<sub>2</sub>O), 40-60-40 de kg ha<sup>-1</sup> de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O, sendo aplicado respectivamente 20-30-20 kg ha<sup>-1</sup> no plantio e os restantes 20-30-20 kg ha<sup>-1</sup> em duas aplicações iguais aos 30 e 45 dias após o plantio, conforme sugestão do Instituto Agrônomo de Pernambuco (CAVALCANTI, 2008). As plantas foram irrigadas diariamente com água de restrição moderada à agricultura (AYERS et al., 1999), caracterizada de acordo com Richards (1954) (Tabela 3).

**Tabela 3.** Caracterização química da água utilizada no experimento.

pH	CEai	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>+2</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sup>-3</sup>	Cl <sup>-</sup>	RAS	classe
.....mmolc L <sup>-1</sup> .....										(mmol L <sup>-1</sup> ) <sup>1/2</sup>	
6,9	1,01	0,18	1,48	6,45	1,21	2,50	0,00	2,75	8,11	4,57	C <sub>2</sub> S <sub>1</sub>

CEai = Condutividade elétrica da água de irrigação; RAS = Razão de adsorção de sódio [RAS= Na<sup>+</sup>/(Ca<sup>2+</sup>+Mg<sup>2+</sup>/2)<sup>1/2</sup>];

A irrigação e sua aplicação foram realizadas com fitas gotejadoras com emissores espaçados de 0,3 m, com vazão de 1,6 L h<sup>-1</sup>, trabalhando na pressão de serviço de 0,1 MPA. A evapotranspiração da cultura – ET<sub>c</sub> foi obtida pelo produto entre a evapotranspiração de referência (ET<sub>0</sub>, mm dia<sup>-1</sup>), estimada a partir dos dados de evaporação do tanque Classe A corrigida pelo K<sub>t</sub> do tanque (0,75), e coeficiente de cultura – k<sub>c</sub> nas diferentes idades das plantas (ET<sub>c</sub> = ET<sub>0</sub> x k<sub>c</sub>). Para obtenção do uso consultivo das plantas (U<sub>c</sub>), considerou-se o percentual de área molhada (P) = 100%. Dessa forma, o cálculo da lâmina de irrigação líquida diária (LLD), incluiu a fração 6/7 de irrigação referente ao domingo, para LLD = U<sub>c</sub> x P/100 (mm d<sup>-1</sup>); a partir deste valor, determinaram-se as lâminas fornecidas correspondentes a 50 e 100% LLD.

### 3.5 Distribuição de Lâminas

Nas parcelas relativas à lâmina de 100% ETc, foram distribuídas duas fitas gotejadoras, e na lâmina 50% ETc foi uma fita por leira. As variáveis atribuídas no experimento foram: Coeficiente do tanque classe A ( $k_p$ ) = 0,75; Coeficientes de cultivo ( $k_c$ ) foram 0,4; 0,8 e 1,0 e 1,4 nos primeiros 30 dias após o plantio (DAP), dos 30 aos 60 DAP, dos 60 aos 90 DAP e dos 90 até 130 DAP (DOORENBOS et al., 1994; DOORENBOS & PRUIT, 1997). As lâminas referentes às porcentagens de 100 e 50% da ETc foram equivalentes a 940 e 470 mm/ciclo, respectivamente. A lâmina de irrigação referente ao domingo foi distribuída na semana.

### 3.6 Dados Meteorológicos

No local do experimento, foram registrados os dados de pluviosidade, valores diários de evaporação do tanque classe A, temperatura e umidade relativa do ar. As variáveis hidrotérmicas foram obtidas em intervalos de 60 minutos, através do Logger termo higrômetro (Tabela 4).

**Tabela 4.** Dados médios mensais da temperatura e umidade relativa do ar, evaporação de referência e pluviosidade, Catolé do Rocha-PB, 2019.

Meses	Temperatura do ar ( $^{\circ}\text{C}$ )		Umidade relativa do ar (%)		Evaporação de referência ( $\text{mm m\textsuperscript{-1}}$ )	Pluviosidade ( $\text{mm m\textsuperscript{-1}}$ )
	Diurna	Noturna	Diurna	Noturna		
Julho	29,33	23,86	56,00	77,50	4,67	1,09
Agosto	30,94	23,60	46,50	71,00	6,87	0,60
Setembro	37,40	24,41	31,00	68,00	8,60	0,00
Outubro	35,75	25,00	36,50	62,50	9,08	0,00
Novembro	36,00	26,00	33,00	62,00	8,36	0,00
Dezembro	35,50	23,60	30,00	54,50	8,82	0,00
Janeiro	33,50	27,70	33,00	48,59	5,61	4,46

Fonte: Próprio autor

Na colheita, que foi realizada aos 141 DAP, foram avaliados nas 11 plantas centrais da leira central de cada subparcela ou tratamento: o diâmetro do caule na base do colo com paquímetro digital; contagem dos ramos por planta; obtenção da matéria fresca das ramas por

planta por área; massa média de raízes comerciais, isto é, com massa superior a 80 g (EMBRAPA, 1995); e a produtividade. A decisão em avaliar a produção de massa fresca da parte aérea é que tradicionalmente os produtores de batata doce utilizam essa parte das plantas para complemento da dieta dos rebanhos da propriedade.

A eficiência agrônômica de uso da água (EAUA) foi obtida pela relação entre a produção (P) e o volume de água aplicado (L), conforme Mantovani et al. (2013), utilizando a seguinte equação:

$$EAUA = \frac{P}{mm}$$

Em que: EAUA = Eficiência agrônômica de uso da água (kg mm<sup>-1</sup>); P = Produção (kg);  
Lâmina de irrigação, em mm.

### 3.7 Análise Estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F (p>0,01 e p>0,05). As médias referentes às lâminas de irrigação foram comparadas pelo teste F, que é conclusivo para o grau de liberdade unitário, e os valores relativos as doses de silício foram analisadas por regressão, usando o *software* – SISVAR (FERREIRA, 2011) para processamento dos dados.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A interação entre lâminas de irrigação e doses de silício exerceu efeitos significativos nas demais variáveis avaliadas, exceto sobre a massa de raízes comerciais (MRC) e a eficiência agrônômica do uso de água pelas plantas (EAUA), que responderam, respectivamente, aos efeitos isolados das lâminas de irrigação (p>0,05) e doses de silício (p>0,05) - MRC e às doses de silício - EAUA (p>0,01), da Tabela 5.

O comportamento estatístico dos dados, em função do silício, está em acordo com Alves et al. (2020) ao concluírem que a combinação silício e nitrogênio, aplicados via solo, exerceu efeitos significativos no crescimento e trocas gasosas de abobrinha (*Cucurbita pepo* L.).

O aumento de silício, de 0,0 para as doses máximas estimadas de 1,4 e 1,2 g planta<sup>-1</sup>, estimulou o crescimento das plantas pelo diâmetro caulinar, de 14,68 e 13,26 mm para até 23,75 e 23,25 mm com ganhos de 61,8 e 75,3% entre as plantas do solo sem e com cada dose máxima estimada sob irrigação com lâmina de água correspondente a 100 e 50% evapotranspiração da

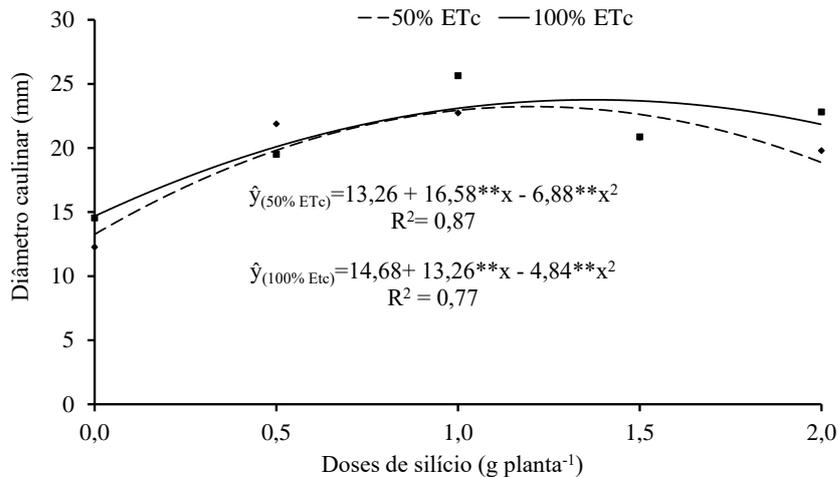
cultura - ETc, entretanto houve um baixo declínio de 2,1% entre as plantas irrigadas com a menor e maior lâmina de irrigação (Figura 1).

**Tabela 5.** Resumo das análises de variância para diâmetro caulinar (DC), número de ramos (NR), massa verde da parte aérea (MVPA), massa de raízes comerciais (MRC) e produtividade raízes comercial (Prod.) e eficiência agrônômica do uso de água pelas plantas (EAUA) de batata doce, sob lâminas de irrigação e adubação silicatada. Catolé do Rocha-PB, 2019.

Fontes de variação	GL	Significâncias dos quadrados médios					
		DC	NR	MVPA	MRC	Prod.	EAUA
Bloco	3	Ns	ns	ns	ns	Ns	ns
Lâminas (L)	1	Ns	ns	ns	*	**	ns
Erro A	3	23,94	16,17	0,017	1574,86	15134113,51	30,58
Silício (Si)	4	**	**	**	*	**	**
Interação L x Si	4	**	*	**	ns	*	ns
Erro B	36	40,72	5,23	0,04	1890,12	11705487,49	34,22
CV (A) (%)	-	14,06	15,16	10,82	14,80	26,72	26,08
CV (B) (%)	-	6,48	9,09	5,55	16,21	23,50	27,60

ns: não significativo; \*\*, \* Significativo ao nível de 0,01 e 0,05 de probabilidade pelo teste F. CV (coeficiente de variação).

**Figura 1.** Diâmetro caulinar de plantas de batata doce sob doses de silício e lâminas de irrigação, Catolé do Rocha-PB, 2019. \*\*: Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

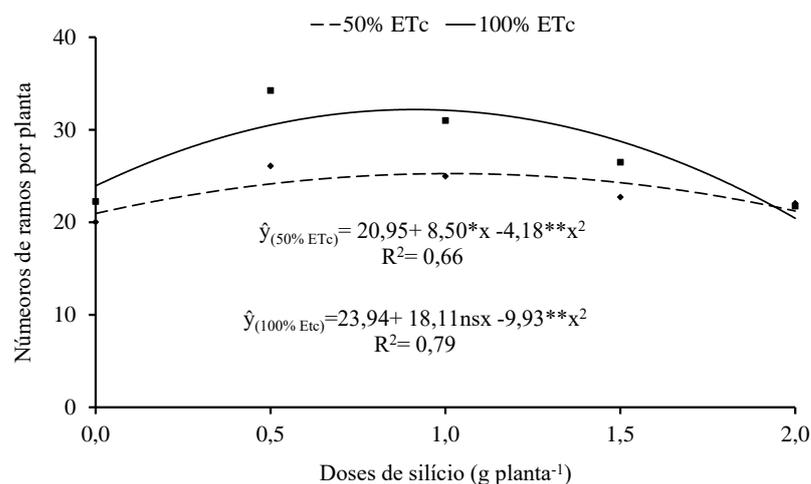


Doses de silício acima 1,4 e 1,2 g planta<sup>-1</sup>, independentemente da lâmina de irrigação, inibiram o desenvolvimento das plantas pelo diâmetro do caule. A similaridade entre os diâmetros caulinares de batata doce submetidas a 50% e 100% ETc nas doses máximas

estimadas de Si. A superioridade percentual das plantas irrigadas com a menor lâmina (50% ETC) pode ser resposta da ação benéfica do Si às plantas em reduzir a taxa de transpiração devido atuar no controle do fechamento e abertura dos estômatos (GAO et al., 2006; YOUYONGWECH et al., 2016; GUO-CHAO et al., 2018). Situação semelhante foi constatada por Sonobe et al. (2010) ao concluírem que o silício diminuiu o potencial hídrico das raízes, contribuindo para o ajuste osmótico e promover a absorção de água pelas plantas de sorgo (*Sorghum bicolor*).

De forma similar ao diâmetro do caule, o aumento de Si elevou a emissão e formação de ramos de 23,94 e 20,95 para 32,12 e 25,27 ramos planta<sup>-1</sup> com incrementos de 34,2 e 20,6% entre as plantas, do solo sem e com as doses máximas estimadas de 0,9 e 1,0 g planta<sup>-1</sup> de silício, irrigadas com lâminas de 100 e 50% ETc (Figura 2). Ao relacionar os valores 25,27 com 32,12 constata-se que a redução da lâmina de irrigação de 100 para 50% da ETc provocou uma perda de 21,3% na formação de ramos pelas plantas de batata doce. Apesar do estresse hídrico (50% da ETc), o número de ramos de batata doce não foi tão expressivamente reduzido, como inclusive comentado por (MANTOVANI et al. 2013) sob irrigação por gotejamento, em Minas Gerais.

**Figura 2.** Número de ramos por planta de batata doce sob doses de silício e lâminas de irrigação, Catolé do Rocha-PB, 2019. \*\*: Significativo ao nível de 1 e 5% de probabilidade pelo teste F.



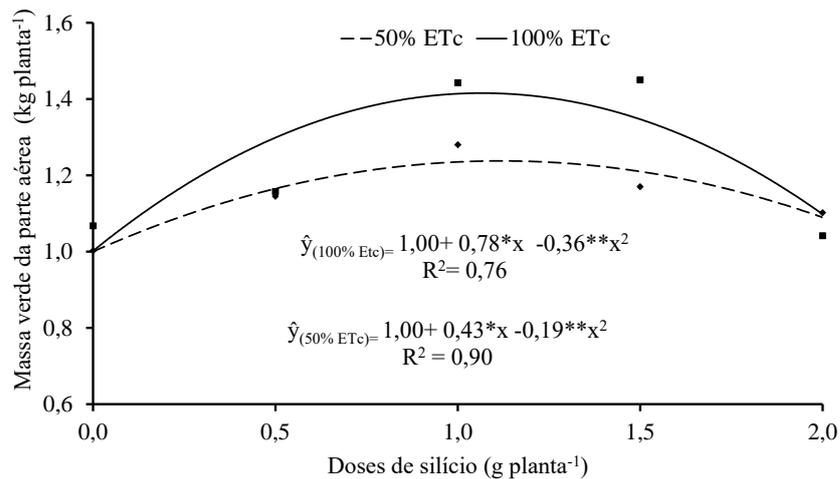
Para Zhang et al. (2018), essa situação evidencia o efeito positivo do silício sobre as plantas, modulando alguns genes relacionados à fotossíntese e regulando o processo fotoquímico. Analogicamente, Ahmed et al. (2013) afirmam que a ação do silício está associada ao ajustamento do potencial hídrico, com a manutenção do teor de água adequado nas plantas, ocorrendo a melhoria da eficiência fotossintética mesmo quando as plantas são submetidas ao estresse hídrico. Na mesma linha, Camargo (2016) afirma que a absorção de silício pelas

plantas reduz o efeito do estresse hídrico devido o elemento evitar a compressão dos vasos sob elevadas taxas de transpiração.

A superioridade da massa verde da parte aérea expressa a resposta do maior conteúdo de água no solo e, com efeito, ao maior estado da energia da água nas folhas e de turgor das células guardas com reflexo positivo na produção de biomassa pelas plantas, em geral (TAIZ et al., 2017), inclusive batata doce (DELZARI et al., 2017).

O aumento de silício elevou a produção da massa verde de 1,0 para 1,42 e 1,24 g planta<sup>-1</sup>, na dose máxima de silício estimada do elemento, de 1,1 g planta<sup>-1</sup>, resultando em ganhos de 42 e 24%, entre as plantas do solo com e sem a maior dose estimada de Si, sob irrigação com lâmina de 100 e 50% ETc (Figura 3). Constatou-se também que a diminuição de 100 para 50% na lâmina de irrigação, que representa estresse hídrico significativo, reduziu em 12,7% a produção de massa verde da parte aérea pelas plantas, com produtividades 47,3 e 41,3 kg ha<sup>-1</sup> no espaçamento de 1,0 m x 0,3 m e 50% da evapotranspiração da cultura. Ao considerar o espaçamento de plantio de 1,0 x 0,3 m, os valores de 1,42 e 1,24 g planta<sup>-1</sup> representam produtividades de 47,3 e 41,3 kg ha<sup>-1</sup> da massa verde de batata doce.

**Figura 3.** Massa verde da parte aérea das plantas de batata doce sob doses de silício e lâminas de irrigação, Catolé do Rocha-PB, 2019. Significativo ao nível de 1 e 5% de probabilidade pelo teste F.



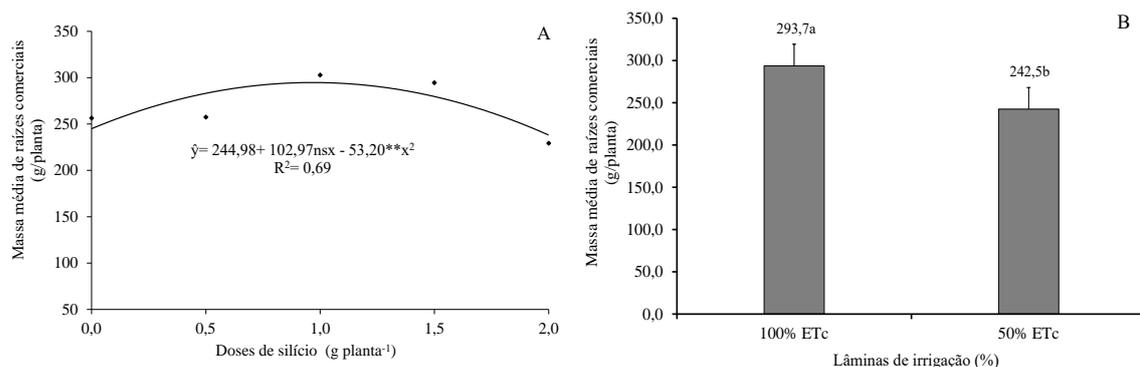
A maior produção de massa verde da parte aérea das plantas de 1,24 kg planta<sup>-1</sup> submetidas ao estresse hídrico de 50% da ETc supera a média de 590 g planta<sup>-1</sup> de clones de batata doce, obtidos por Andrade Júnior et al. (2012). Os resultados mostram a ação benéfica do silício em atenuar os efeitos deletérios da deficiência de água do solo às plantas mantendo a capacidade produtiva.

Apesar da interação silício x irrigação não interferir significativamente na massa de raízes comerciais, a variável respondeu isoladamente aos efeitos de cada fonte de variação (Figura 4A). A massa média de raízes comerciais de batata doce, sob irrigação com lâminas de 100 e 50% ETc, foi elevada de 244,98 para 294,75 g planta<sup>-1</sup> provendo um ganho de 20,3% entre as plantas quando foi aplicada a dose de máxima eficiência de 1,0 g planta<sup>-1</sup> de silício. Doses do elemento acima desse valor inibiu a formação de massa das raízes comerciais para o menor valor de 238,12 g planta<sup>-1</sup>, resultando numa perda de 19,2% entre as plantas do solo sem (0,0) e com 1,0 g planta<sup>-1</sup> do elemento e de 2,8% entre as plantas do solo sem (0,0) e com 2,0 g planta<sup>-1</sup> de silício.

Conforme Marschner (2012) e Taiz et al. (2017), o aumento da disponibilidade de determinado elemento no solo e quando a absorção adequada às exigências das plantas é atingida, adições posteriores não são mais necessárias e até comprometem o crescimento e a capacidade produtiva das culturas, em geral e, pelos resultados do presente estudo, também na cultura da batata doce.

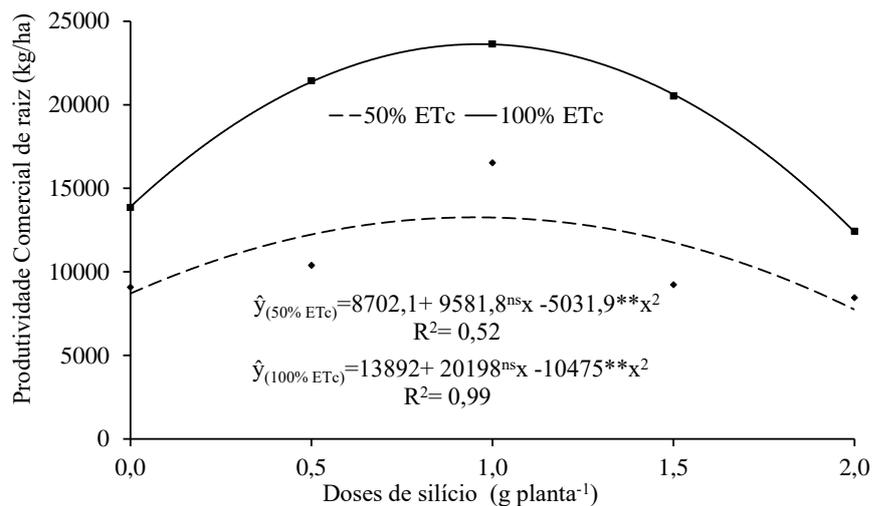
Para Zi-chuan et al. (2018), as informações relativas à interação entre silício e nutrientes essenciais na disponibilidade às plantas, em geral, ainda são escassas na literatura, mas, para os respectivos autores já há confirmações de que o silício pode estimular a absorção de nutrientes essenciais às plantas. A redução da lâmina de irrigação de 100 para 50% da evapotranspiração da cultura inibiu em 17,4% a massa média das raízes comerciais de batata doce (Figura 4B). Apesar dessa perda os valores, independentemente da lâmina de irrigação, superam em 267,1 e 203,1%, os 80 g considerados adequado para raiz para mercado consumidor de raízes comerciais de batata doce.

**Figura 4.** Massa média de raízes comerciais de batata doce sob adubação silicatada (A) e lâminas irrigação (B), Catolé do Rocha-PB, 2019. Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.



As produtividades de raízes comerciais de batata doce foram elevadas de 13.982 e 8.702 kg ha<sup>-1</sup> para os maiores valores de 23.615 e 13.252 kg ha<sup>-1</sup>. Apesar do incremento de 68,9 e 52,2% entre as plantas do solo sem (0,0) e a mesma dose de máxima eficiência física de 1,0 g planta<sup>-1</sup> de Si irrigadas com 100 e 50% da evapotranspiração da cultura, a redução de 50% na lâmina de irrigação provocou uma expressiva perda de 43,9% entre as maiores produtividades das plantas (Figura 5). Essa perda foi a maior dentre todas as avaliadas nesse trabalho e indica que o estresse hídrico compromete mais a produtividade que o desenvolvimento das plantas pelo diâmetro e emissão de ramos, formação de massa verde da parte aérea e de raízes comerciais.

**Figura 5.** Produtividade de raízes comerciais (kg/ha) de batata doce sob adubação silicatada e lâminas irrigação, Catolé do Rocha-PB, 2019. Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.



Como verificado nas raízes comerciais (Figura 5), doses acima de 1 g planta<sup>-1</sup> de silício comprometeram as produtividades até os menores valores de 12.300 e 7.738 kg ha<sup>-1</sup> com perdas, respectivamente de 47,9 e 41,6% devido ao aumento das doses de 1,0 e 2,0 g planta<sup>-1</sup> de silício nas plantas irrigadas com lâminas de água de 100 e 50% ETc. Apesar das elevadas perdas, com a redução da lâmina de irrigação de 100 para 50% da evapotranspiração da cultura-ETc, as produtividades referentes à dose de máxima eficiência física de 1g planta<sup>-1</sup>, superaram expressivamente os 7.800 e 14.800 kg ha<sup>-1</sup> referentes aos rendimentos médios, respectivamente do Estado da Paraíba e do Brasil (IBGE, 2015).

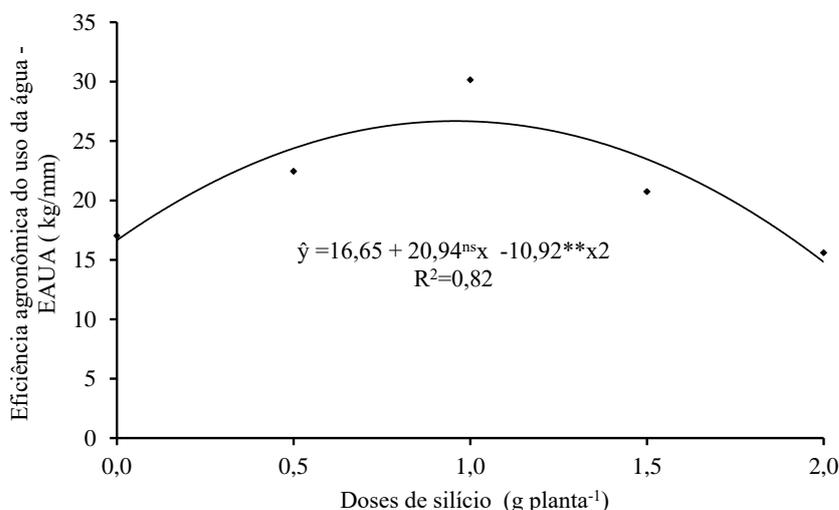
A produtividade das plantas irrigadas com a lâmina de irrigação correspondente a 100% ETc superou também os 20.590 kg ha<sup>-1</sup> colhidos por Soratto et al. (2012) em batata doce cultivada sem e com aplicação foliar na dose de 2 L ha<sup>-1</sup> comercial com 0,8% de Si solúvel,

como concentrado estabilizado de ácido silícico, que forma os ácidos ortossilícico  $[\text{Si}(\text{OH})_4]$  e dissilícico quando diluídos em água.

Quanto às plantas sob estresse hídrico, isto é, irrigadas com a lâmina de água de 50% da evapotranspiração da cultura, as produtividades de 9.078,46 e 13,252,00  $\text{kg ha}^{-1}$  entre as plantas do solo sem (0,0) e 1,0  $\text{g planta}^{-1}$  de silício superam a média paraibana de 7.800  $\text{kg ha}^{-1}$ . Esses resultados estão em consonância com Shi et al. (2016), ao constatarem que o Si atenuou a agressividade do estresse hídrico em plantas de tomateiro (*Solanum lycopersicum*) devido a melhoria que exerce na condutância hidráulica das raízes para absorção de água e nutrientes.

O aumento de silício estimulou a eficiência média agrônômica no uso de água, entre as plantas sob irrigação com lâminas de 100 e 50% ETc, de 16,65 para até 26,68  $\text{kg mm}^{-1}$ , com isso, promoveu ganho absoluto de 60,2% entre as plantas do solo sem (0,0) e 1,0  $\text{g planta}^{-1}$  do elemento (Figura 6). Como nos demais componentes de produção, doses de silício acima de 1,0  $\text{g planta}^{-1}$  também prejudicaram a eficiência do uso da água pelas plantas de 26,68 para 14,85  $\text{kg mm}^{-1}$ . Esses resultados demonstraram uma perda de 44,3% em função do aumento de Si de 1,0 para 2,0  $\text{g planta}^{-1}$  no aumento da eficiência do uso da água, até atingir um valor máximo de 26,68  $\text{kg mm}^{-1}$ , com a aplicação de 0,96 grama por planta, e decréscimo acima da dose estimada devido ao excesso do nutriente na zona radicular ou à ação de outro fator limitante, como a desequilíbrio nutricional.

**Figura 6.** Eficiência agrônômica de uso da água (EAUA) pela batata doce, em função de doses de silício aplicado no solo, Catolé do Rocha-PB, 2019. Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.



A eficiência no uso da água (EUA) é frequentemente considerada um importante determinante da produção sob estresse, e isto indica que a produção de plantas pode ser

aumentada por unidade de água utilizada pelas plantas para a transpiração, o que também envolve transpiração não estomática reduzida e perda mínima de água por evaporação do solo (BLUM, 2009). O maior valor de  $26,68 \text{ kg mm}^{-1}$  que equivale a  $2,668 \text{ kg m}^{-3}$ , supera os valores  $16,1$  e  $20,0 \text{ kg mm}^{-1}$  de eficiência de uso da pelas cultivares Amanda e Duda de batata doce, com valores de  $1,61$  e  $2,0 \text{ kg m}^{-3}$  (MANTOVANI et al., 2013).

## 5 CONCLUSÕES

A dose eficiente de silício no solo, independentemente das lâminas de irrigação, na emissão de ramos, formação de biomassa fresca da parte aérea, massa e produtividade de raízes comerciais e eficiência agrônômica de uso da água pelas plantas de batata doce, var. Campineira, variou entre  $0,9$  e dos  $1,0 \text{ g planta}^{-1}$ .

A redução de  $100\%$  para  $50\%$  da lâmina de irrigação promoveu perdas de  $2,1$ ;  $21,3$ ;  $12,7$  e  $43,9\%$ , respectivamente no diâmetro do caule, número de ramos emitidos, produção de biomassa verde da parte aérea, massa e produtividade de raízes comerciais.

A batata doce var. Campina revelou ser mais sensível ao estresse hídrico na produtividade que sobre qualquer variável de crescimento e formação de biomassa.

## REFERÊNCIAS

- AHMED, M.; KAMARAN, A.; ASIF, M.; QADEER, U.; AHMED, Z.I.;GOYAL, A. Silicon priming: a potential source to impart abiotic stress tolerance in wheat. **Australian journal of crop Science**.v. 4, p. 484-491, 2013.
- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. Guidelines for computing crop water requirements. **Rome: FAO**, v. 56, n. 2, p. 310, 1998.
- ALMEIDA NETO, V. E. de; OLIVEIRA, A. P. da S.; CAVALCANTE, I. E.; MELO, Y. L.; MELO, A. S. de. Ácido salicílico e metionina promovem a manutenção do status hídrico pelo ajustamento osmótico em feijão-caupi “BRS-Novaera”. **Perspectivas das Ciências Agrárias na Sociedade 5.0: Educação, Ciência, Tecnologia e Amor**. Recife. Editoria IIDV, p. 7, 2020.
- ALMEIDA, D. J.; CAVALCANTE, L. F.; SILVA, R. A. R.; ARAÚJO, R. C.; SILVA, V. B.; MALTA, A. O. Irrigação de salvação e cobertura do solo no rendimento de gravioleira ‘morada’ em safras consecutivas. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, v. 20, n. 1, p. 11-16, 2015.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C. GONÇALVES, J. L. M.; G. SPAROVEK. Köppen’s climate classification map for Brasil. **Meteorologisch**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ALVES, J. M.; LIMA, A. S.; FIGUEIREDO, F. R. A.; SILVA, T. I.; CAVALCANTE, L. F.; MESQUITA, F. O.; MESQUITA, E. F.; SUASSUNA, C. F.; Chlorophyll a fluorescence and development of zucchini plants under nitrogen and silicon fertilization. **Agronomía Colombiana** v. 38, n. 1, p. 57-65. 2020.
- ANDRADE JÚNIOR, V.C.; VIANA, D.J.S.; PINTO, N. A.; RIBEIRO, K.G.; PEREIRA, R.C.; NEIVA, I.P.; AZEVEDO, A.M.; ANDRADE, P.C.R. Características produtivas e qualitativas de ramas e raízes de batata-doce. **Horticultura brasileira**, v. 30, n. 4., 2012
- ANDRADE JÚNIOR; A. S. de; RODRIGUES, B. H. N.; FRIZZONE, J. A.; CARDOSO, M. J.; BASTOS, E. A.; MELO, F. de B. Níveis de irrigação na cultura do feijão caupi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**. Campina Grande, v. 6, n. 1, p. 17-20, 2002.
- ARAÚJO, H. S.; QUADROS, B. R. DE; CARDOSO, A. I. I.; CORRÊA, C. V. Doses de potássio em cobertura na cultura da abóbora. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.42, p.469-475, 2012.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande: UFPB. 1999. 153p. Tradução por Gheyi, H. R.; Medeiros, J. F.; Damasceno, F. A. V. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29. Revisado).

BARBOSA, M.A.; FERREIRA, N.M.; BERTINO, A.M.P.; MESQUITA, E. F.; CHAVES, L.H.G.; CAVALCANTE, L.F.; RIGOBELLO, E.C. Effect of organic matter, irrigation and soil mulching on the nutritional status and productivity of okra (*Abelmoschus esculentus* L.) in the semiarid region of Brazil. **African Journal of Biotechnology**, v. 15, p. 2720 - 2728, 2016.

BASTOS, E. A.; ANDRADE JÚNIOR, A. S.; CARDOSO, M. J. Manejo da irrigação. In: do VALE, J. C.; BERTINI, C.; BORÉM, A. (Ed.) **Feijão-caupi: do plantio à colheita**. Viçosa, MG: UFV, cap. 10, n. 5, p. 224-243, 2017.

BERTINO, A. M. P.; MESQUITA, E. F.; SÁ, F. V. S.; CAVALCANTE, L. F.; FERREIRA, N. M.; PAIVA, E. P.; BRITO, M. E. B.; BERTINO, A. M. P. Growth and gas Exchange of okra under irrigation, organic fertilization and cover of soil. **African Journal of Agricultural Research**. v. 10 (40). PP. 3832-3839, 1, 2015.

BESHARAT, S.B.; BARÃO, L.; CRUZ, C. New strategies to overcome water limitation in cultivated maize: Results from sub-surface irrigation and silicon fertilization. **Journal of Environmental Management**, v. 263, p. 1-9, 2020.

BLUM, A. Effective use of water (EUW) and not water-use efficiency (WUE) is the target of crop yield improvement under drought stress. **Field Crops Research**, v. 112, n. 26, p. 119–123, 2009.

CAETANO, J. V. L. **O Agronegócio da cultura da catata-doce no Brasil**. 2020. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Agronomia) - Centro Universitário DE Anápolis – UniEVANGÉLICA, ANÁPOLIS, 2020.

CAMARGO, D.C.; MONTOYA, F.; ORTEGA, J. F.; CÓRCOLES, J.I. O rendimento da batata e a eficiência no uso da água respondem à irrigação em condições semiáridas. **Agronomy Journal**, p. 2120-2131, 2015.

CAMARGO, M.S. Efeito do silício na tolerância das plantas aos estresses bióticos e abióticos. Piracicaba: IPNI, **Informações agronômicas**, n. 155, p. 1-15, 2016.

CASTRO, A. A. S.; DAMÁSIO, A. O. C.; MENEZES, F. S.; SOUZA, J. A.; SANTANA, F. S.; MENDONÇA, D.; FACCIOLI, G. G. Análise do impacto do uso de efluentes nas características do solo da cultura do feijão-caupi BRS Novaera (*Vigna unguiculata* L.walp.). **Agroforestalis News**, Aracaju, v. 1, n. 1, p. 41-47, 2016.

CAVALCANTE, L. F.; OLIVEIRA, F. A.; GHEYI, H. R.; CAVALCANTE, I. H. L.; SANTOS, P. D. Água para agricultura: irrigação com água de boa qualidade e água salina. In: Cavalcante, L. F (ed). **O maracujazeiro amarelo e a salinidade da água**. 1 ed. João Pessoa: Sal da Terra. Cap. 1, p. 17-65, 2012.

CAVALCANTI, J.A. **Recomendações de adubação para o estado de Pernambuco: 2o aproximação**. 3. ed. Recife: IPA, p. 212, 2008.

CUI, J.; SHAO, G.; LU, J.; KEABETSWE, L.; HOOGENBOOM, G. Yield, quality and drought sensitivity of tomato to water deficit during different growth stages. **Scientia Agricola**. v. 77, n. 2, p. 1-9, 2020. <https://doi.org/10.1590/1678-992x-2018-0390>.

DELZARI, F.T.; FERREIRA, M.G.; SILVA, G.H.; DARIVA, F.D.D.; FREITAS, D.S.; NICK, C. Eficiência no uso da água e acúmulo de matéria na batata-doce em função de lâminas de irrigação. **Irriga**, v. 22, n. 1, p. 115-128, 2017.

DONAGEMA G.K.; CAMPOS, D.V.B.; CALDERANO, S.B.; TEIXEIRA, W.G.; VIANA J.H.M. **Manual de Métodos de Análise de Solos**, 2. Ed, Embrapa Solos, 230p. (Embrapa Solos. Documentos, 132). 2011.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Campina Grande: UFPB, (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 33). 306p. 1994.

DOORENBOS, J.; PRUITT, J. **Necessidades hídricas das culturas**. Tradução de GHEYI, H. R.; METRI, J. E. C.; DAMASCENO, F. A. V. Campina Grande: UFPB. 1997. 204 p (Estudos FAO - Irrigação e Drenagem, 24).

EL-FOTOH, M.A.; EL- KADER, A.S.; MANSSUR, F.Y.O. Effect of irrigation intervals, antitranspirants, compost and humic acid on growth and yield of sweet potato. **Zagazig journal of agricultural research**, v. 46, n.3, p.640- 660, 2019.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Embrapa Solos: Embrapa Informação Tecnológica, p, 627, 2009.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5ª ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2018. 573p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças. **Cultivo da batata-doce** (*Ipomoea batatas* (L.) Lam). 3 ed. Brasília: Ministério da Agricultura, do Abastecimento e Reforma Agrária, 1995. (Embrapa-CNPQ. Instruções Técnicas, 7).

EMBRAPA-EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de Métodos de Análise de Solos**. 3ª ed. Brasília: Embrapa Solos, 2017. 573p.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. Mineral nutrition of plants: principles and perspectives. **Sunderland: Sinauer Associates**, p. 418, 2004.

ETESAMI, H.; JEONG, R. Silicon (Si): Review and future prospects on the action mechanisms in alleviating biotic and abiotic stresses in plant. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 147, p, 881-896, 2018.

FERRAZ, R. L. S.; BELTRÃO, N. E. M.; MELO, A. S. de; MAGALHÃES, I. D.; FERNANDES, P. D.; ROCHA, M. S. Trocas gasosas e eficiência fotoquímica de cultivares de Algodoeiro herbáceo sob aplicação de silício foliar. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 2, p. 735-748, 2014.

FERREIRA, D. F. **Sisvar: a computer statistical analysis system**. *Ciência & Agrotecnologia*, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3ed. Viçosa: UFV, 421p. 2008.

GAO, X.; ZOU, C.; WANG, L.; ZHANG. Silicon Improves Water Use Efficiency in Maize Plants. **Journal of plant nutrition**. v.27, p. 1457-1470, 2006.

GOUVEIA, C.S.S.; GANANÇA, F.T.; SLASKI, J.; LEBOT, V.; CARVALHO, A.A.P. Variation of carbon and isotope natural abundances ( $\delta^{15}\text{N}$  and  $\delta^{13}\text{C}$ ) of whole-plant sweet

potato (*Ipomoea batatas* L.) subjected to prolonged water stress. **Journal of Plant Physiology**. v. 243, p. 1-13, 2019.

GUNTZER, F.; KELLER, C.; MEUNIER, J.D. Benefits of plant silicon for crops: a review. *Agronomy for Sustainable Development*, v. 32, p. 201–213, 2012.

GUO-CHAO, Y.; NIKOLIC, M.; UM-JUN, Y.; ZHUO-XI, X.; YONG-CHAO, L. Silicon acquisition and accumulation in plant and its significance for agriculture. **Journal of Integrative Agriculture**, v.17, n.10, p. 2138–2150, 2018.

HELALY, M.N.; EL-HOSEINY, H.; EL-SHEERY, N.I. RASTOGI, A.; KALAJI, H.M. Regulation and physiological role of silicon in alleviating drought stress of mango. **Plant Physiology and Biochemistry**. v. 118, p.31-44, 2017.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. 2018. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/economicas/agricultura-epecuaria/9117-producao-agricola-municipal-culturas-temporarias-epermanentes>. Acesso em 04 de outubro de 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Produção Agrícola Municipal 2015. Rio de Janeiro: IBGE 2015. Disponível em: [www.ibge.gov.br/estadosattemas.php?sigla=pb&tema=lavoutemporaria2014](http://www.ibge.gov.br/estadosattemas.php?sigla=pb&tema=lavoutemporaria2014). Acesso em: 07 de junho de 2022.

KORNDÖRFER, G.; SOUZA, S. R. Elementos benéficos. In: FERNANDES, M. S.; SOUZA, S. R. de; SANTOS, L. A. **Nutrição Mineral de Plantas**, cap. 15, p. 563-599, 2018.

LIMA FILHO, O. F. de. O silício em sistemas intensivos de produção agropecuária. **Embrapa Agropecuária Oeste-Documentos (INFOTECA-E)**, p. 9, 2006.

MAHMOUD, L.M.; DUTT, M.; SHALAN, A.M.; EL-KADY, M.E.; EL-BORAY, M.S.; SHABANA, Y.M.; GROSSER, J.W. Silicon nanoparticles mitigate oxidative stress of in vitro-derived banana (*Musa acuminata* ‘Grand Nain’) under simulated water deficit or salinity stress. **South African Journal of Botany**, v.132, p. 155-163, 2020.

MANTOVANI, E.C.; DELAZARI, F.T.; DIAS, L.E.; ASSIS, I.R.; VIEIRA, G.H.S.; LANDIM FM. Eficiência no uso da água de duas cultivares de batata-doce em resposta a diferentes lâminas de irrigação. **Horticultura Brasileira**. v. 31, p. 602-606, 2013.

MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. 6th edition. London, **Academic Press**, 2012. 939 p.

MEDEIROS, J. F.; GHEYI, H. R.; NASCIMENTO, I. B. Salinidade de solo e da água e seus efeitos na produção agrícola. In: Recursos hídricos em regiões semiáridas. **Instituto nacional do semiárido (INSA)**, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), p. 190-222, 2012.

MENEGALE, M. L. C.; CASTRO, G. S. A.; MANCUSO, M. A. C. Silício: interação com o sistema solo-planta. **Journal of Agronomic Sciences**, v. 4, n. 1, p. 435-454, 2015.

MONTES, R. M.; MONTES, S. M. N. M.; RAGA, A. **O uso do silício no manejo de pragas**. 2015.

MOTA, J.; RESENDE, G. M.; YURI, J.; SOUZA, R. J. **Nutrição e adubação da cultura da batata-doce**. 2016.

MULOVHEDZI, N.E.; ARAYA, N.A.; MENGISTU, M.G.; FESSEHAZION, M.K.; POOY, C.P.; ARAYA, H.T.; LAAN, M,V. Estimating evapotranspiration and determining crop coefficients of irrigated sweet potato (*Ipomoea batatas*) grown in a semi-arid climate. **Agricultural Water Management**, v. 233, p. 1-9, 2020.

NACHTIGALL, G. R.; DECHEN, A. R. Seasonality of nutrients in leaves and fruits of apple trees. **Scientia Agricola**, v. 63, n. 8, p. 493-501, 2006.

NASCIMENTO, S. M. C. **Nutrição mineral e produtividade da batata-doce biofortificada em função de doses de fósforo e potássio**. Tese (Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal, São Paulo, v, 37 p., 2013.

NUNES, A. S. **Produção e qualidade de batata doce em função de fontes e doses de potássio**. Trabalho de Conclusão de Curso (Agronomia) - Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2017.

OLIVEIRA, G. B. S. **Nutrição potássica como estratégia mitigadora do estresse salino no cultivo de meloeiro em ambiente protegido**. Dissertação (Manejo de Solo e Água) - Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró, 2020.

OLIVEIRA, R. A.; TAGLIAFERRE, C.; SEDIYAMA, G. C.; MATERAM, F. J. V.; CECON, P. R. Desempenho do Irrigâmetro na estimativa da evapotranspiração de referência. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v. 12, n. 2, p. 166–173, 2008.

PILON, C. **Aplicação de silício solúvel via solo e foliar na cultura da batata (*Solanum tuberosum* L.) sob deficiência hídrica**. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Agricultura). Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”. Botucatu, São Paulo, 2011.

PILON, C. **Aplicação de silício solúvel via solo e foliar na cultura da batata (*Solanum tuberosum* L.) sob deficiência hídrica**. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Agricultura). Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”. Botucatu, São Paulo, 2011.

POZZA, A. A. A.; ALVES, E.; POZZA, E. A.; CARVALHO, J. G.; MONTANARI, M.; GUIMARÃES, P. T. G.; SANTOS, D. M. Efeito do silício no controle da cercosporiose em três variedades de cafeeiro. **Fitopatologia Brasileira**, 29, 185-188. 2004.

RICHARDS, L.A. Diagnostico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos. México: Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América, **Manual de Agricultura**, 60. 174p. 1954.

SANTOS, L. C.; SILVA, G. A. M.; ABRANCHES, M. O.; ROCHA, J. L. A.; SILVA, S. T.A.; RIBEIRO, M. D. S.; GOMES, V.R.; SEVERO, P.J. S.; BRILHANTE, C.L.; SOUSA, F. Q. O papel do silício nas plantas. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 7, p. e3810716247-e3810716247, 2021.

SANTOS, L. L.; SEABRA JÚNIOR, S.; NUNES, M. C. M. Luminosidade, temperatura do ar e do solo em ambientes de cultivo protegido. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, Alta Floresta, v.8, n.1, p.83- 93, 2010.

SARMENTO, D. H. A. **Produção e qualidade da batata doce em respostas a doses de nitrogênio e potássio e lâminas de irrigação**. Tese (Manejo de Solo e Água) - Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró, 2019.

SAVVAS, D.; NTATSI. Biostimulant activity of silicon in horticulture. **Scientia Horticulturae**, v. 196, p. 66-81, 2015.

SHI, Y.; ZHANG, Y.; HAN, W.; FENG, R.; YANHONG, H.; GOA, J.G.; GONG, H. Silicon Enhances Water Stress Tolerance by Improving Root Hydraulic Conductance in *Solanum lycopersicum* L. **Original research article**, v. 7, n.193, p. 01-15, 2016.

SILVA, D. M. R.; SANTOS, J. D.; COSTA, R. N., ROCHA, A. O.; LIMA, A. D. S.; SANTOS, S. A.; SANTOS SILVA, L. D. S. Resposta do feijoeiro a lâminas de água aplicada em relação à evapotranspiração da cultura. **Revista Agropecuária Técnica**, v. 38, n. 2, p. 71-77, 2017.

SILVA, G. O.; SUINAGA, F. A.; PONIJALEKI, R.; AMARO, G. B. **Desempenho de cultivares de batata-doce para caracteres relacionados com o rendimento de raiz**. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 62, n.4. p.379-383, 2015.

SILVA, J. B. C.; LOPES, C. A.; MAGALHÃES, J. S. Cultura da batata-doce. In: CEREDA MP; **Agricultura: Tuberosas amiláceas latino americanas**, São Paulo: Cargill, v. 2, p. 449-503, 2002.

SIMEÃO, M.; OLIVEIRA, A. E. de S.; SANTOS, A. R. B.; MOUSINHO, F. E. P.; RIBEIRO, A. A. Determinação da ETc e Kc para o feijão – fava (*Phaseolus lunatus* L.) na região de Teresina, Piauí. **Revista Verde**, v. 8, n. 2, p. 291 - 296, 2016.

SINGELS, A.; DONALDSON, R.A.; SMIT, M.A. Improving biomass production and partitioning in sugarcane: theory and practice. **Field Crops Research**, v.92, p. 291-303, 2005.

SONOBE, K.; HATTORI, T.; WATARU, P.A.; ENEJI, A.E.; KOBAYASHI, S. Effect of silicon application on sorghum root responses to water stress. **Journal of plant nutrition**, v. 34, p. 71-82, 2010.

SORATTO, R.P.; FERNANDES, A.M.; CRUSCIOL, C.A.C.; SCHLICK, G.D.S. Produtividade, qualidade de tubérculos e incidência de doenças em batata, influenciados pela aplicação foliar de silício. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.47, n.7, p.1000-1006, 2012.

SOUZA, S.F.; RIBEIRO, V.G. Yellow passion-fruit irrigated in different cropping systems. **Revista Brasileira Fruticultura**, v. 38, n. 3 :p. 1-11, 2016.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6ª Ed. Porto Alegre. Artmed. 2017.

TEMIZ, C. C.; TÉLLEZ, L. I.; TREJO, V. J.; MERINO, F. C. G. Efecto de los elementos benéficos Al, Co, Se y Si en la nutrición de heliconias (*Heliconia sp.*). **Agro Productividad**, v. 10, n. 3, p. 62-68, 2017.

TURCO, J. E. P., RIZZATTI, G. S.; PAVANI, L. C. Custo de energia elétrica em cultura do feijoeiro irrigado por pivô central, afetado pelo manejo da irrigação e sistemas de cultivo. **Engenharia Agrícola**, v. 29, n. 2, p. 311-320, 2009.

YOUYONGWECH, C. T.; THEERAWITAVA, C.; SAMPHUPHUANG, T.; CHA-UM, S. Water-deficit tolerant identification in sweet potato genotypes (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) in vegetative developmental stage using multivariate physiological índices. **Scientia Horticulturae**, v. 162, p. 242-251, 2013.

YOUYONGWENCH, S.; SAMPHUMPHUANG, T.; TISARUM, R.; , T.; WITAYA, C.T.; CHA-UM, S. Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) improved water deficit tolerance in two different sweet potato genotypes involves osmotic adjustments via soluble sugar and free proline. **Scientia Horticulturae**, v. 198, p. 107-117, 2016.

ZHANG, Y.; SHI, Y.; GONG, H.; ZHAO, H.; HU, Y.; WANG, Y. Beneficial effects of silicon on photosynthesis of tomato seedlings under water stress. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 17, p. 2151-2159, 2018.

ZI-CHUAN, L.; SONG, Z.; YANG A.; YU, C.; VSONG, Y.; WANG, T.; XIA, S.; LIANG, C. Impacts of silicon on biogeochemical cycles of carbon and nutrients in croplands. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 17, p. 2182-2195, 2018.