



UEPB

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS IV
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE AGRÁRIAS E EXATAS
CURSO DE GRADUAÇÃO BACHARELADO EM AGRONOMIA**

FERNANDO NÓBREGA TARGINO

**SILÍCIO ATENUA O DÉFICIT HÍDRICO NO CRESCIMENTO E NA FITOMASSA
EM GENÓTIPOS DE FEIJÃO-CAUPI NO SEMIÁRIDO**

**CATOLÉ DO ROCHA
2023**

FERNANDO NÓBREGA TARGINO

**SILÍCIO ATENUA O DÉFICIT HÍDRICO NO CRESCIMENTO E NA FITOMASSA
EM GENÓTIPOS DE FEIJÃO-CAUPI NO SEMIÁRIDO**

Trabalho de Conclusão de Curso (Artigo) apresentado a/ao Coordenação /Departamento do Curso de Bacharelado em Agronomia da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Área de concentração: Agricultura e sustentabilidade.

Orientador: Prof. Dr. Evandro Franklin de Mesquita

**CATOLÉ DO ROCHA
2023**

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.

T185s Targino, Fernando Nóbrega.
Silício atenua o déficit hídrico no crescimento e na fitomassa em genótipos de feijão-caupi no semiárido [manuscrito] / Fernando Nóbrega Targino. - 2023.
29 p. : il. colorido.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências Humanas e Agrárias, 2023.

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

1. Déficit hídrico. 2. Adubação silicatada. 3. Eficiência do uso de água. 4. Feijão-caupi. I. Título

21. ed. CDD 635.632

FERNANDO NÓBREGA TARGINO

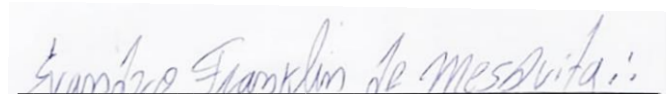
SILÍCIO ATENUA O DÉFICIT HÍDRICO NO CRESCIMENTO E NA FITOMASSA EM
GENÓTIPOS DE FEIJÃO-CAUPI NO SEMIÁRIDO

Trabalho de Conclusão de Curso (Artigo) apresentado a/ao Coordenação /Departamento do Curso de Bacharelado em Agronomia da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

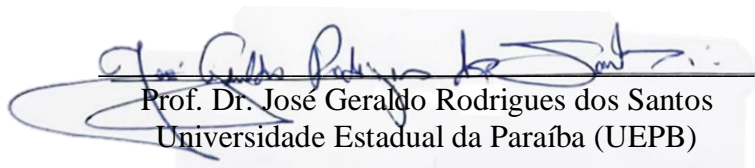
Área de concentração: Agricultura e sustentabilidade.

Aprovada em: 29/06/2023.

BANCA EXAMINADORA



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



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



Esp. Caio da Silva Sousa
Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)

A minha família, pela força, companheirismo e por nunca ter descreditado de mim, DEDICO.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 – Comprimento do ramo principal nas cultivares de feijão-caupi: BRS Novaera (G1), BRS Pujante (G2), BRS Pajeú (G3) e BRS Pingo de ouro (G4) e com (600 mg.L⁻¹) e sem (0 mg.L⁻¹) silício (Si) via foliar e a duas lâminas de irrigação (W-50 e W-100). Catolé do Rocha, PB, 2022..... 18
- Figura 2 – Área foliar nas cultivares de feijão-caupi: BRS Novaera (G1), BRS Pujante (G2), BRS Pajeú (G3) e BRS Pingo de ouro (G4) e com (600 mg.L⁻¹) e sem (0 mg.L⁻¹) silício (Si) via foliar e a duas lâminas de irrigação (W-50 e W-100). Catolé do Rocha, PB, 2022..... 18
- Figura 3 – Diâmetro caulinar nas cultivares de feijão-caupi: BRS Novaera (G1), BRS Pujante (G2), BRS Pajeú (G3) e BRS Pingo de ouro (G4) e com (600 mg.L⁻¹) e sem (0 mg.L⁻¹) silício (Si) via foliar e a duas lâminas de irrigação (W-50 e W-100). Catolé do Rocha, PB, 2022..... 19
- Figura 4 – Massa seca foliar nas cultivares de feijão-caupi: BRS Novaera (G1), BRS Pujante (G2), BRS Pajeú (G3) e BRS Pingo de ouro (G4) e com (600 mg.L⁻¹) e sem (0 mg.L⁻¹) silício (Si) via foliar e a duas lâminas de irrigação (W-50 e W-100). Catolé do Rocha, PB, 2022..... 20
- Figura 5 – Massa seca caulinar nas cultivares de feijão-caupi: BRS Novaera (G1), BRS Pujante (G2), BRS Pajeú (G3) e BRS Pingo de ouro (G4) e com (600 mg.L⁻¹) e sem (0 mg.L⁻¹) silício (Si) via foliar e a duas lâminas de irrigação (W-50 e W-100). Catolé do Rocha, PB, 2022..... 20
- Figura 6 – Massa seca radicular nas cultivares de feijão-caupi: BRS Novaera (G1), BRS Pujante (G2), BRS Pajeú (G3) e BRS Pingo de ouro (G4) e com (600 mg.L⁻¹) e sem (0 mg.L⁻¹) silício (Si) via foliar e a duas lâminas de irrigação (W-50 e W-100). Catolé do Rocha, PB, 2022..... 21
- Figura 7 – Eficiência do uso da água nas cultivares de feijão-caupi: BRS Novaera (G1), BRS Pujante (G2), BRS Pajeú (G3) e BRS Pingo de ouro (G4) e com (600 mg.L⁻¹) e sem (0 mg.L⁻¹) silício (Si) via foliar e a duas lâminas de irrigação (W-50 e W-100). Catolé do Rocha, PB, 2022..... 22

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Caracterização química, quanto à fertilidade, e física do solo da área experimental.....	12
Tabela 2 –	Caracterização química da água utilizada no experimento.....	14
Tabela 3 –	Valores da irrigação (mm fase ⁻¹) durante a condução do experimento.....	14
Tabela 4 –	Composição química do silício.....	15
Tabela 5 –	Valores médios da temperatura superficial e profundidade a 5 e 10 cm do solo.....	15
Tabela 6 –	Dados médios mensais da temperatura e umidade relativa do ar, evaporação de referência e pluviosidade, Catolé do Rocha-PB, 2022.....	16
Tabela 7 –	Resumo da análise de variância para as variáveis Comprimento do ramo principal (CRP), Área foliar (AF), Diâmetro caulinar (DC), Massa seca foliar (MSF), Massa seca caulinar (MSC), Massa seca radicular (MSR) e Eficiência do uso da água (EUA) nas cultivares de feijão-caupi: BRS Novaera, BRS Pujante, BRS Pajeú e BRS Pingo de ouro, submetidos a duas lâminas de irrigação e com e sem silício.....	17

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	08
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	09
2.1	<i>Genótipos do feijão-caupi.....</i>	09
2.1.1	<i>BRS novaera.....</i>	09
2.1.2	<i>BRS pujante.....</i>	09
2.1.3	<i>BRS pajeú.....</i>	10
2.1.4	<i>BRS pingo de ouro.....</i>	10
2.2	Fases fenológicas do feijão-caupi.....	10
2.3	Déficit hídrico na cultura de feijão-caupi.....	11
2.4	Benefícios do silício na agricultura.....	11
3	MATERIAL E MÉTODOS	12
3.1	Descrição da área de execução do experimento.....	12
3.2	Solo da área experimental.....	12
3.3	Delineamento experimental.....	13
3.4	Aplicação dos tratamentos.....	13
3.5	Dados meteorológicos.....	15
3.6	Variáveis analisadas.....	16
3.6.1	<i>Análise de crescimento e fitomassa.....</i>	16
3.7	Análises estatísticas.....	16
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	17
5	CONCLUSÕES.....	22
	REFERÊNCIAS.....	22

SILÍCIO ATENUA O DÉFICIT HÍDRICO NO CRESCIMENTO E NA FITOMASSA EM GENÓTIPOS DE FEIJÃO-CAUPI NO SEMIÁRIDO

SILICON ATTENUATES WATER DEFICIT ON GROWTH AND PHYTOMASS IN COWPEA GENOTYPES IN THE SEMIARID REGION

Fernando Nóbrega Targino*

RESUMO

O déficit hídrico na região semiárida, se configura como um dos principais problemas na atividade agrícola, provocando efeito negativo sobre diversas culturas. No tocante a problemática, são requeridas estratégias, como a utilização de agentes mitigadores, a exemplo do silício. Nesse sentido, objetivou-se avaliar os efeitos da adubação silicatada na eficiência do uso da água sobre o comportamento agrônômico dos genótipos de feijão-caupi BRS Novaera, BRS Pujante, BRS Pajeú e BRS Pingo de ouro, no Alto Sertão paraibano. O experimento foi distribuído em parcela subdividido [$2 \times (2 \times 4)$], em blocos casualizados, com quatro repetições. As parcelas constituíram os dois níveis de reposição da evapotranspiração de referência (ET_0): W-50 - 50% e W-100 - 100%, e as subparcelas e/ou tratamentos com e sem silício via foliar em três cultivares de feijão-caupi: BRS Novaera, BRS Pujante, BRS Pajeú e BRS Pingo de ouro. As variáveis analisadas foram o Comprimento do ramo principal, Diâmetro caulinar, Área foliar, Massa seca foliar, Massa seca caulinar, Massa seca radicular e Eficiência do uso de água. Maior crescimento e fitomassa foram notados nos genótipos de feijão-caupi quando cultivados com 100% da evapotranspiração de referência com aplicação de silício. O crescimento e o rendimento de grãos de plantas de feijão-caupi foram reduzidos com 50% evapotranspiração da cultura sem aplicação de silício. A aplicação do silício atenuou déficit no crescimento e na fitomassa em genótipos de feijão-caupi.

Palavras-Chave: déficit hídrico; adubação silicatada; eficiência do uso de água; feijão-caupi.

ABSTRACT

The water deficit in the semiarid region is configured as one of the main problems in agricultural activity, causing negative effects on various crops. In relation to this problem, strategies are required, such as the use of mitigating agents, as for example silicon. In this sense, the objective was to evaluate the effects of silicon fertilization on the water use efficiency and agronomic behavior of the cowpea genotypes BRS Novaera, BRS Pujante, BRS Pajeú and BRS Pingo de ouro, in the Alto Sertão of Paraíba. The experiment was distributed in a subdivided plot [$2 \times (2 \times 4)$], in randomized blocks, with four repetitions. The plots constituted the two levels of reference evapotranspiration (ET_0) replacement: W-50 - 50% and W-100 - 100%, and the subplots and/or treatments with and without foliar silicon in three cultivars of cowpea: BRS Novaera, BRS Pujante, BRS Pajeú and BRS Pingo de ouro. The variables analyzed were main branch length, stem diameter, leaf area, leaf dry mass, stem dry mass, root dry mass and water use efficiency. Higher growth and phytomass were noted in the cowpea genotypes when grown at 100% of reference evapotranspiration with silicon application. Growth and grain yield of cowpea plants were reduced with 50% crop evapotranspiration without silicon application. Silicon application attenuated growth and phytomass deficits in cowpea genotypes.

Keywords: water deficit; silicate fertilization; efficiency of water use; cowpea.

*Graduando em Bacharelado em Agronomia – Universidade Estadual da Paraíba – Campus IV – Catolé do Rocha –PB. fernando.nt20@gmail.com

1 INTRODUÇÃO

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) é uma leguminosa, cujos grãos são de considerável importância para a alimentação humana, por ser uma das principais fontes de proteína de baixo custo presente na dieta de populações carentes, principalmente na América Latina e na África (OLIVEIRA et al., 2015). De grande relevância para a população do semiárido brasileiro, possui variados nomes populares, dentre os quais, a depender da região, pode ser encontrado como: feijão-macassar ou feijão-de-corda (SILVA, 2020). No Brasil, as regiões Norte e Nordeste (1,3 milhões de hectares) são os maiores produtores dessa cultura, com destaque para os estados do Ceará, Bahia, Paraíba, Pernambuco, Rio Grande do Norte e Piauí (CONAB, 2022).

Além de ser um alimento básico de alto valor nutritivo em mais de 65 países, tal cultura apresenta plasticidade e adaptação a uma ampla gama de ambientes, em regiões tropicais e subtropicais (FREIRE FILHO, 2011; FREIRE FILHO et al., 2017). No Brasil, o seu cultivo e produção têm grande significância socioeconômica, seja para grandes e/ou pequenas famílias que ainda residem no âmbito rural e que têm sua subsistência retirada da agricultura familiar.

Por ser caracterizado como de relativa tolerância à restrição hídrica, é cultivado em regime de sequeiro no semiárido do país. Entretanto, devido a irregularidade pluviométrica, há uma baixa produtividade na região, fato confirmado nas safras de 2022 e 2023 com produtividade de 219,99 kg/ha e 218,44 kg/ha respectivamente (IBGE, 2023), valores inferiores ao potencial produtivo da cultura conforme relatado por Bastos et al. (2012). A disponibilidade de água é um dos fatores ambientais que mais influenciam na produção das culturas, inclusive na do feijão-caupi.

O estresse ocasionado às plantas, em virtude do déficit hídrico, acaba por reduzir a turgescência celular, potencial hídrico da planta e por conseguinte um fechamento estomático, para diminuir a perda de água pela transpiração, afetando assim na assimilação de CO₂, bem como na produção de carboidratos, além disso como resultado, o crescimento é interrompido e a produção de grãos, entre os genótipos de feijão-caupi (GNANKAMBARY et al., 2020), que conseqüentemente é impactada negativamente. Segundo Silva et al. (2020a), a falta de água reduz a área foliar e teor de clorofila. Sendo assim, são requeridas estratégias de manejo da água que viabilizem o cultivo do feijão-caupi no semiárido, como alternativa tem-se a irrigação, de modo a garantir bons rendimentos, de forma sustentável, disponibilizando assim alimentos para a crescente população mundial.

Aliado ao controle de água no semiárido, como atenuador do déficit hídrico, pode ser o uso do silício (Si), que por sua vez atenua efeitos adversos dos estresses bióticos e abióticos, que afetam o rendimento das plantas, causando alterações fisiológicas e bioquímicas. Yavas e Keser (2021) constataram que crescimento das plantas é afetado significativamente pelos fatores abióticos, porém a aplicação de silício atenuou esses efeitos. Torna-se assim uma alternativa para a região semiárida que tem estação de seca prolongada e pluviosidade insuficiente e/ou irregular. Silva et al. (2019a) verificaram que o silício desempenha papel fisiológico, metabólico e funcional importante para as plantas de interesse econômico e sua aplicação pode mitigar os efeitos adversos, aumentando a eficiência no uso da água.

Nesse sentido, objetivou-se avaliar os efeitos da adubação silicatada na eficiência do uso da água sobre o comportamento agrônomo dos genótipos de feijão-caupi BRS Novaera, BRS Pujante, BRS Pajeú e BRS Pingo de ouro no Alto Sertão paraibano.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Genótipos do feijão-caupi

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), procedente do continente africano e pertencente à família Fabaceae, pode ser vulgarmente conhecido como feijão-macassar, feijão-de-corda, feijão-fradinho, feijão-miúdo, feijão-de-praia ou feijão-colônia, sendo uma planta dicotiledônea de ciclo anual (FREIRE FILHO et al., 2011). Adaptado ao clima tropical, com estabilidade em regiões áridas e semiáridas, bem como a solos de baixa umidade, apresenta rápido ciclo reprodutivo (MOTTA, 2022; ARAÚJO, 2020).

Leguminosa que apresenta uma alta variabilidade genética, presente nos vários genótipos cultivados no Brasil, em sua maior parte cultivados por pequenos produtores, é comercializada na forma de grãos verdes, secos ou ainda como farinha (SILVA et al., 2018). Além disso, também pode ser utilizado como forragem verde, feno, ensilagem, para alimentação animal e, ainda, como adubação verde e cobertura do solo.

Apresenta importância social, econômica e nutricional para a região Norte e Nordeste do Brasil, onde é tido como um alimento básico para as populações de baixa renda devido as boas características para o cultivo nessas regiões, além de apresentar uma composição mineral alta: 25% em média de proteínas, 65% de carboidratos, 1,3% de gorduras e 3,9% de apresenta todos aminoácidos essenciais, vitaminas e minerais (SILVA, 2019b).

De acordo com Torres et al. (2008), o uso das cultivares disponíveis de feijão-caupi ainda é feito sem considerar as possíveis diferenças de comportamento destas nas diferentes regiões de cultivo. SILVA et al. (2018) também afirmam que para a indicação de um genótipo para um determinado local ou época de cultivo, primeiramente o mesmo deve testado nas condições específicas desse local.

Diversos parâmetros morfológicos e fisiológicos têm sido estudados visando a obtenção de resultados capazes de proporcionar um melhor entendimento sobre a eficiência de fertilizantes em genótipos de feijão-caupi, sob condições de déficit hídrico, que permitam obter diferentes respostas quanto aos mecanismos adaptativos à seca (SILVA, 2019a).

2.1.1 BRS Novaera

A cultivar BRS Novaera, originária de cruzamentos realizados na Embrapa Meio-Norte, Teresina – PI, em 2000, apresenta porte semiereto, com inserção de vagens um pouco acima do nível da folhagem, folíolo central semi lanceolado, ramos laterais curtos, ciclo de 65 a 70 dias, com floração plena por volta dos 41 dias (SANTOS, 2021). Vagens com coloração amarelo-clara com possível presença de pigmento arroxeadado nas laterais, presença de grãos brancos, grandes, reniformes de tegumento moderadamente enrugado e o anel do hilo marrom, cultivar muito adequada à agricultura empresarial e à familiar (FREIRE FILHO et al., 2008).

2.1.2 BRS Pujante

A cultivar BRS Pujante, obtida a partir de cruzamentos realizados pela Embrapa Semiárido, Petrolina – PE, em 1995, apresenta boa tolerância às altas temperaturas, tem porte semi-ramador, crescimento indeterminado, com inserção de vagens acima da folhagem, folhas globosas, ciclo de 70 dias, floração roxa e desuniforme aos 48 dias, presença de grão de forma oval inicialmente verdes e marrom para vagem seca, com hilo branco, com uma média de produtividade de 704 kg ha⁻¹ para ambiente sequeiro e 1.586 kg ha⁻¹ para ambiente irrigado

(SANTOS et al., 2007; JOAQUIM JÚNIOR, 2022).

2.1.3 BRS Pajeú

A cultivar BRS Pajeú, originária de cruzamento realizado pela Embrapa Meio-Norte em 1997, tem grande aceitação comercial. Conforme a Embrapa (2009), é um material genético com hábito de crescimento indeterminado, porte semi-prostrado, com inserção das vagens levemente acima da folhagem, tempo médio de 39 dias para a floração, comprimento médio da vagem de 21,4 cm com coloração inicial verde e amarelada ao ponto de colheita, com ciclo de 70 a 75 dias, presença de grãos com coloração marrom clara de forma rombóide, tegumento liso e com anel do hilo marrom claro.

2.1.4 BRS Pingo de Ouro

O genótipo Pingo de Ouro apresenta, geralmente, um baixo conteúdo de lipídios em comparação com outros macronutrientes (RAMÍREZ-CÁRDENAS, 2006). Apresenta um elevado conteúdo de macronutriente, com teor de entre 53,24% no feijão cru e 21,68% no feijão cozido, apresentando um valor energético total de feijão do genótipo Pingo de Ouro de 346,72 Kcal/100g (PINHEIRO et al., 2013), sendo um alimento essencial para os pequenos agricultores familiares das regiões semiáridas.

2.2 Fases fenológicas do feijão-caupi

Mafra (1979) objetivou com seus modelos teóricos explicar o desenvolvimento de cultivares de diferentes hábitos de crescimento. A partir dessas escalas, é possível relacionar a necessidade de uma prática agrônômica a uma determinada fase fenológica.

De acordo com Campos et al. (2000), o ciclo fenológico do feijão-caupi é dividido em duas fases:

- Vegetativa (subdividida em 10 fases):

V0: Semeadura;

V1: Cotilédones emergidos na superfície do solo;

V2: Folhas unifolioladas completamente abertas e margens completamente separadas;

V3: Primeira folha trifoliolada com os folíolos separados e completamente abertos;

V4: Segunda folha trifoliolada com os folíolos, separados e completamente abertos;

V5: Terceira folha trifoliolada com os folíolos separados e completamente abertos;

V6: Primórdios do ramo secundário surgem nas axilas das folhas unifolioladas, podendo também ser observados nas axilas das primeiras folhas trifolioladas;

V7: Primeira folha do ramo secundário completamente aberta;

V8: Segunda folha do ramo secundário completamente aberta;

V9: Terceira folha do ramo secundário completamente aberta.

- Reprodutiva (5 subfases):

R1: Surgem os primórdios do primeiro botão floral no ramo principal;

R2: Antese da primeira flor, oriunda do primeiro botão floral;

R3: Início da maturidade da primeira vagem, oriunda da primeira flor, com mudança de coloração das vagens devido ao início da secagem das mesmas;

R4: Maturidade de 50% das vagens da planta;

R5: Maturidade de 90% das vagens da planta.

2.3 Déficit hídrico na cultura de feijão-caupi

O déficit hídrico ocorre quando o volume de água das chuvas não supre totalmente a demanda evapotranspirométrica da cultura, interferindo desse modo na produtividade da mesma no semiárido (FERREIRA, 2023). As precipitações, nas condições climáticas do semiárido brasileiro, podem se concentrar em um único período, ocasionando déficit hídrico durante o ciclo da cultura dependendo da época de plantio escolhida pelo produtor (LINDOSO et al., 2013). Desse modo, as irregularidades têm grande influência no desenvolvimento econômico das regiões áridas e semiáridas (SANTOS et al., 2019).

No Brasil, o feijão-caupi em sua maior parte é cultivado em regiões áridas propícias a condições de déficit hídrico e em solos de baixa fertilidade (SOUZA et al., 2016), sendo considerado uma cultura de subsistência, com cultivo sob condição de sequeiro realizado principalmente pelos indivíduos mais pobres, sem o emprego de nível tecnológico na produção (CASTELLETTI; COSTA, 2013). Caracteriza-se principalmente pela rusticidade, boa adaptabilidade ao clima semiárido e pelo seu alto valor nutricional (MELO et al., 2022).

No entanto, para tal cultura a falta de água leva os produtores a reduzirem as áreas de plantio, além de interferir negativamente na produção a qual é comprometida drasticamente principalmente quando ocorre nas fases de floração e enchimento de grãos (FREIRE FILHO et al., 2011; EZIN et al., 2021). Nesse sentido, se fazem necessárias estratégias que permitam melhorar o gerenciamento da água de modo a atender as necessidades hídricas da cultura, permitindo as plantas completarem seu ciclo (CORDÃO, 2019). Segundo Ramos et al. (2012) o feijão-caupi apresenta um elevado potencial genético capaz de alcançar maiores valores de produtividade, quando submetido ao cultivo irrigado.

De acordo com Gomes Filho et al. (2019) quando sujeitas ao déficit hídrico, um dos efeitos primários desencadeados nas plantas é a desidratação celular, que por sua vez ocasiona redução no potencial de pressão (turgor) e no volume celular. Em consonância a isso, durante os estágios de crescimento e reprodutivo, podem ser observados efeitos secundários como o fechamento estomático, redução das atividades celulares e metabólicas, bem como a inibição fotossintética (TAIZ et al., 2017), que afetam de modo negativo na produção de fotoassimilados e por conseguinte na produtividade econômica.

2.4 Benefícios do silício na agricultura

O silício (Si) além de ser considerado o segundo elemento mais abundante na superfície da Terra, está entre os elementos benéficos para as plantas devido a uma série de efeitos que proporciona às culturas, tais como o aumento da capacidade fotossintética, redução da taxa transpiratória, resistência a pragas e doenças, bem como também por contribuir para uma maior absorção de outros elementos (KORNDÖRFER; SOUZA, 2018; SANTOS et al., 2021).

Pode ser encontrado principalmente na forma de óxidos (SiO_2), constituindo os minerais silicatados formadores de rochas e sedimentos como areia, argila e silte (DECHEN; NACHTIGALL, 2006). A absorção de silício da solução do solo ocorre na forma de ácido monossilícico (H_4SiO_4) (EPSTEIN, 1999), através das raízes por fluxo de massa, sendo levado pelo xilema e depositado como sílica amorfa ($\text{SiO}_2\cdot\text{H}_2\text{O}$) na parede celular, lúmen das células e nos tricomas (MALAVOLTA, 2006; MOHSENI; SABBAGH, 2014).

De acordo com Silva et al. (2020b) o uso do Si atenua os efeitos do déficit hídrico nas plantas e contribui para uma maior eficiência no uso da água, e o seu acúmulo nas plantas contribui para uma maior tolerância à seca, mantendo o potencial hídrico foliar e realizando ajuste osmótico, reduzindo por exemplo a taxa de transpiração em virtude da dupla camada sílica. Além de promover melhorias nas vias metabólicas, resultando em adaptações às

mudanças climáticas ambientais (ZHANG et al., 2017), os efeitos benéficos do Si na redução do déficit hídrico podem ser atribuídos à deposição do mesmo na parede celular nas raízes, folhas e caules (MA; YAMAJI, 2006).

Sob déficit hídrico, o efeito benéfico do Si no estado hídrico da planta foi extensivamente examinado em várias espécies de plantas, incluindo arroz (CARVALHO-PUPATTO et al., 2004), trigo (GONG et al., 2005), tomate (SHI et al., 2016), cana-de-açúcar (TEIXEIRA et al., 2020), milho (ARAÚJO et al., 2022), entre outras. Segundo Ponce et al. (2022) alguns estudos apontam que a adubação com Si proporciona benefícios relacionados à maior nodulação de bactérias *Rhizobium*, importantes nodulares relacionados a assimilação de nitrogênio em leguminosas, proporcionando assim uma maior fixação de nitrogênio melhorando o desempenho da planta (CORRÊA; MANTOAN, 2017).

O feijão-caupi apesar de ser uma cultura de subsistência, apresenta queda na produtividade em virtude do déficit hídrico, além disso para a região Nordeste do Brasil de acordo com Araújo et al. (2017) é necessário identificar genótipos mais adaptados ao déficit hídrico. Sendo assim, em concordância com Silva et al. (2020b), deve-se levar em consideração a importância de tal cultura na região semiárida da Paraíba e a necessidade de realização de mais pesquisas, que busquem respostas conclusivas, a cerca da otimização e/ou do uso eficiente da água e uso de atenuadores como o Si, de modo melhorar o potencial produtivo do feijão-caupi.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Descrição da área de execução do experimento

O experimento foi conduzido entre os meses de outubro a dezembro de 2022, nas dependências do Centro de Ciências Humanas e Agrárias, pertencente a Universidade Estadual da Paraíba, localizada na cidade de Catolé do Rocha, no estado da Paraíba, situado na Mesorregião do Alto Sertão paraibano, pelos pontos das coordenadas geográficas: latitude 6° 20' 38" Sul, longitude 37° 44' 48" a Oeste do Meridiano de *Greenwich* e a uma altitude de 275m. O clima da região de acordo com a classificação climática de Köppen (ALVARES et al., 2013) é BSh semiárido quente com chuvas de verão e, segundo a divisão do estado da Paraíba em regiões bioclimáticas, o bioclima é 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, segundo 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 do mesmo, quanto à fertilidade e aos atributos físicos (Tabela 1), empregando as metodologias contidas no manual da EMBRAPA (TEIXEIRA et al., 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)	6,40	Areia (g kg ⁻¹)	661,00

MOS (g kg ⁻¹)	11,59	Silte (g kg ⁻¹)	213,00
P (mg dm ⁻³)	25,00	Argila (g kg ⁻¹)	126,00
Si (mg dm ⁻³)	10,00	Ada (g kg ⁻¹)	42,00
K ⁺ (cmol _c dm ⁻³)	2,04	Gf (%)	66,70
Ca ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	6,01	Id (%)	33,30
Mg ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	2,10	Ds (g cm ⁻³)	1,51
Na ⁺ (cmol _c dm ⁻³)	1,07	Dp (g cm ⁻³)	2,76
Ca ²⁺ /Mg ²⁺	2,86/1	Pt (%)	45,00
SB (cmol _c dm ⁻³)	11,31	M (%)	31,90
(H ⁺ +Al ³⁺) (cmol _c dm ⁻³)	0,00	m (%)	13,10
Al ³⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,00	Uvcc (g kg ⁻¹)	131,40
CTC (cmol _c dm ⁻³)	11,31	Uvpmp (g kg ⁻¹)	49,70
V (%)	100,00	Adi (g kg ⁻¹)	81,70
Classificação	Eutrófico	Classificação textural	FAA

MOS = Matéria orgânica do solo; SB = Soma de bases trocáveis (SB = Ca²⁺+Mg²⁺+K⁺+Na⁺); CTC = Capacidade de troca catiônica [CTC = SB (Ca²⁺+Mg²⁺+K⁺+Na⁺)]; V = Saturação do solo por bases trocáveis [V = (SB/CTC) x 100]; Ada = Argila dispersa em água; Df = Grau de floculação {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 -1.500Mpa do solo; Adi = Água disponível no solo; FAA = Franco argilo arenosa.

3.3 Delineamento experimental

O experimento foi distribuído em parcela subdividido [2 × (2 × 4)], em blocos casualizados, com quatro repetições e 30 plantas por unidade experimental. A parcela principal foi referente a dois níveis de reposição da evapotranspiração de referência (ET₀): (W-50 - 50% e W-100 - 100%), e as subparcelas com e sem aplicação de ácido silícico (com 600 mg.L⁻¹ de silício e sem 0 mg.L⁻¹) e pelos genótipos de feijão-caupi (BRS Novaera (G1), BRS Pujante (G2), BRS Pajeú (G3) e BRS Pingo de ouro (G4)).

As parcelas experimentais foram compostas por um metro de largura e 15 metros de comprimento, espaçadas uma da outra por um metro. As subparcelas mediram um metro de largura e um metro de comprimento, sendo compostas por três linhas de irrigação, espaçadas de uma da outra por 0,50 metros.

O espaçamento entre plantas na parcela 0,50 metros entre linhas e de 10 cm entre plantas, resultando em 30 plantas por parcela, 480 plantas por bloco, multiplicado por quatro repetições, totalizando 1920 plantas, das quais três plantas da linha central foram consideradas parcela útil para avaliações das variáveis de crescimento e fitomassa de feijão-caupi.

3.4 Aplicação dos tratamentos

As plantas foram irrigadas diariamente com água de restrição moderada à agricultura com condutividade elétrica de 1,01 dS m⁻¹ (AYERS; WESTCOT, 1999), caracterizada conforme Richards (1954) (Tabela 2).

Tabela 2 – Caracterização química da água utilizada no experimento.

pH	CE _{ai}	SO ₄ ⁻²	Mg ⁺²	Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺²	CO ₃ ⁻²	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	RAS	Classe
.....mmolc L ⁻¹										(mmolL ⁻¹) ^{1/2}	
6,9	1,01	0,18	1,48	6,45	1,21	2,50	0,00	2,75	8,1	4,57	C ₂ S ₁

Ce_{ai} = Condutividade elétrica da água de irrigação; RAS = Razão de adsorção de sódio [RAS= Na⁺/(Ca²⁺+Mg²⁺/2)^{1/2}].

A irrigação foi realizada pelo método localizado, sistema por gotejamento, utilizando fitas gotejadoras com emissores espaçados de 0,2 m e vazão de 1,6 L h⁻¹, trabalhando na pressão de serviço de 0,1 MPA.

A evapotranspiração da cultura – ET_c foi obtida pelo produto entre a evapotranspiração de referência (ET₀, mm dia⁻¹), estimada a partir dos dados de evaporação do tanque Classe ‘A’ corrigida pelo K_t do tanque (0,75); e o coeficiente de cultura – kc nas diferentes idades das plantas (ET_c = ET₀ x K_c). A lâmina de irrigação correspondente a 100% da evapotranspiração da cultura (ET_c) foi obtida através do produto da ET₀ pelo coeficiente de cultura - K_c (ET_c = ET₀ x K_c) nos valores de 0,87 para os primeiros 20 dias após a emergência das plantas DAE; 1,52 dos 21 aos 40 dias após a DAE; 1,55 dos 41 aos 60 dias após a emergência – DAE e 1,38 dos 61 até 80 dias, conforme sugestão de Simeão et al. (2016). Os valores da irrigação (mm fase⁻¹) durante a condução do experimento, conforme dados mensais demonstrados na Tabela 3. Para obtenção do uso consuntivo das plantas (U_c), considerou-se o percentual de área molhada (P) = 100%. Dessa forma, o cálculo da lâmina de irrigação líquida diária (LLD = ET_c) para LLD = U_c x P/100 (mm d⁻¹); a partir deste valor, determinou as lâminas fornecidas, correspondentes a 50% e 100% LLD, sendo as parcelas independentes, as lâminas foram fornecidas pela diferenciação do tempo de irrigação, diferenciação esta que foi realizada 10 dias após o semeio. Inicialmente, o solo foi irrigado até a condição de capacidade de campo, posteriormente, realizou-se a semeadura adotando-se duas sementes por cova em profundidade padrão de 3 cm. Transcorridos cinco dias da emergência, realizou-se os desbastes, deixando uma planta por cova.

Tabela 3 – Valores da irrigação (mm fase⁻¹) durante a condução do experimento.

Fases	Sub fases	Lâminas (mm fase ⁻¹)	
		50%	100%
Vegetativa	V0	9,28	18,55
	V1	5,21	10,42
	V2	12,35	24,69
	V3	11,10	22,20
	V4	11,86	23,72
	V5	8,99	17,97
	V6	7,87	15,74
	V7	13,14	26,29
	V8	13,14	26,29
Reprodutiva	V9	10,80	21,60
	R1	17,86	35,71
	R2	19,81	39,61
	R3	7,78	15,57
	R4	19,38	38,76
	R5	31,41	62,82

Total	199,97	399,94
--------------	---------------	---------------

Fonte: próprio autor.

As adubações de fundação e cobertura foram feitas conforme sugestão do Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA, 2008) e o controle de insetos, doenças e de plantas invasoras feito conforme as necessidades durante a execução do experimento.

O silício foi fornecido na forma de ácido silícico sintético (910 g kg⁻¹ de SiO₂), composto de nanopartículas de SiO₂ com elevada atividade superficial devido à alta densidade do radical silanol (SiO₂.nH₂O) (Tabela 4).

Tabela 4 – Composição química do silício.

Garantias	
SiO ₂ (%)	92
Si (%)	42,9
Densidade Aparente (g/l)	80 -140
Tamanho da partícula (um)	80-12
pH	6,0 – 7,5

Fonte: Sifol, 2022.

A aplicação foi realizada via foliar, através de pulverizações realizadas nas fases fenológicas com 600 mg.L⁻¹ da solução por parcela, composto por três pulverizações: estágio V5 (terceira folha trifoliada encontra-se com os folíolos separados e completamente abertos) o estágio V9 (terceira folha do ramo secundário encontra-se completamente aberta) e estágio R2 (antese da primeira flor, geralmente oriunda do primeiro botão floral).

3.5 Dados meteorológicos

A temperatura média do solo nas lâminas de 50% e 100% da evapotranspiração de referência, com e sem a aplicação de silício, foi aferida com um termômetro digital da marca Incoterm, colocando-o sobre a superfície e profundidade a 5 e 10 cm do solo (Tabela 5).

Tabela 5 – Valores médios da temperatura superficial e profundidade a 5 e 10 cm do solo.

Temperatura	Temperatura superficial do solo (°C)			
	Lâminas de irrigação (50% da ET ₀)		Lâminas de irrigação (100% da ET ₀)	
	Com silício	Sem silício	Com silício	Sem silício
Superficial	42,76	41,22	33,32	36,22
5 cm	30,60	30,84	28,00	29,18
10 cm	29,33	29,66	27,28	28,34

Fonte: próprio autor

Foram registrados os valores diários para avaliações semanal, quinzenal e mensal da evaporação do tanque classe “A”, umidade relativa do ar, velocidade do vento, no local do experimento fornecidos pela estação meteorológica classe 'A' da UEPB, Campus IV de Catolé do Rocha, PB (Tabela 6). As temperaturas máxima, mínima e média foram avaliadas por meio da utilização do medidor do IBUTG, modelo ITWBG 2000.

Tabela 6 – Dados médios mensais da temperatura e umidade relativa do ar, evaporação de referência e pluviosidade, Catolé do Rocha-PB, 2022.

Meses	Temperatura do ar (°C)	Umidade relativa do ar (%)	Evaporação de referência (mm mês ⁻¹)	Pluviosidade (mm mês ⁻¹)
Outubro	37,16	43,88	9,48	0,00
Novembro	36,22	45,00	6,43	138,40
Dezembro	36,19	44,90	7,59	1,30

Fonte: próprio autor

3.6 Variáveis analisadas

3.6.1 Análise de crescimento e fitomassa

Aos 47 dias após a semeadura (DAP), quando as plantas encontravam-se no estágio R2 (antese da primeira flor, geralmente oriunda do primeiro botão floral), foram analisados o comprimento do ramo principal (CRP), medido do colo à base da folha mais jovem da planta com régua graduada em centímetros; diâmetro caulinar (DC), aferido com um paquímetro digital modelo Stainlees Steel, com as leituras sendo efetuadas a 1 cm de altura na região do colo de cada planta; e Área foliar (AF), obtida relacionando-se a massa seca de 8 discos foliares, com a massa seca total das folhas por planta, com base na seguinte equação: $AF = (MSF \times AFD) / MSD$. Onde AF = área foliar (cm² por planta), MSF = massa seca das folhas (g), AFD = área foliar dos discos (cm²), MSD = massa seca dos discos (g).

Posteriormente, o material vegetal colhido foi separado em folhas, caules e raízes, acondicionado em sacos de papel kraft e seco em estufa de circulação de ar a temperatura de 60°C até atingir peso constante e pesados em uma balança com precisão de 0,0001g, obtendo-se a massa seca foliar (MSF), massa seca caulinar (MSC) e a massa seca radicular (MSR). De posse desses dados, obteve-se a massa seca da parte aérea (Folhas + Caule) (MSPA) e a massa seca total (MST) se deu através da soma da massa seca da parte aérea e raiz.

A eficiência de uso da água (EUA) foi obtida pelo quociente entre a massa da matéria seca total e o volume total de água aplicado durante a condução do experimento:

$$EUA = \frac{MST (g)}{\text{Consumo de água (ml)}}$$

3.7 Análises estatísticas

Os dados foram submetidos a normalidade dos erros e homogeneidade das variâncias pelo teste de Shapiro e Wilk (1965) e Bartlett (1937), e posteriormente, atendidos os pressupostos, foram submetidos às análises de variância pelo teste F com no mínimo 95% de confiança, quando significativo, as médias dos níveis de reposição da ET₀, Silício e genótipos de feijão-caupi foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. Para a realização das análises foi utilizado o software estatístico Rbio (BHERING, 2017).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

De acordo com o resumo da análise de variância, observas-se que houve efeito significativo ($p < 0,01$ e $0,05$) para a interação lâmina x silício x genótipos de feijão-caupi, indicando que existe uma dependência entre os fatores para o comprimento do ramo principal (CRP), área foliar (AF), diâmetro caulinar (DC), massa seca radicular (MSR) e eficiência do uso da água (EUA) em genótipos de feijão-caupi sob adubação silicatada e lâminas de irrigação. Também, houve efeito significativo da interação lâminas x genótipos de feijão-caupi para a massa seca foliar (MSF), além de efeito isolado para silício. Para a Massa seca caulinar (MSC), verificou-se efeito significativo dos fatores isolados de lâminas e silício (Tabela 7).

Tabela 7 – Resumo da análise de variância para as variáveis Comprimento do ramo principal (CRP), Área foliar (AF), Diâmetro caulinar (DC), Massa seca foliar (MSF), Massa seca caulinar (MSC), Massa seca radicular (MSR) e Eficiência do uso da água (EUA) nas cultivares de feijão-caupi: BRS Novaera, BRS Pujante, BRS Pajeú e BRS Pingo de ouro, submetidos a duas lâminas de irrigação e com e sem silício.

FONTE DE VARIÇÃO	GL	QUADRADOS MÉDIOS						
		CRP (cm)	AF (cm ²)	DC (mm)	MSF (g planta ⁻¹)	MSC	MSR	EUA (g ml ⁻¹)
Bloco	3	13,72 ^{ns}	2168,25 ^{ns}	18,25 ^{ns}	8,88 ^{ns}	0,30 ^{ns}	0,03 ^{ns}	5,25 ^{ns}
Lâmina (LM)	1	5290,74 ^{**}	1599598,88 ^{**}	335,43 ^{**}	769,99 ^{**}	30,48 ^{**}	6,03 ^{**}	15,88 ^{ns}
Erro A	3	5,78	20156,54	2,45	10,49	0,02	0,05	6,34
Silício (SI)	1	2792,06 ^{**}	360825,47 ^{**}	65,89 ^{**}	121,24 ^{**}	11,99 ^{**}	2,18 ^{**}	370,65 ^{**}
Genótipo (GE)	3	587,72 ^{**}	84801,16 ^{**}	0,06 ^{ns}	2,75 ^{ns}	0,33 ^{ns}	0,14 ^{**}	17,15 ^{**}
LM x SI	1	88,54 ^{**}	879,27 ^{ns}	0,90 ^{ns}	12,52 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,23 ^{**}	169,84 ^{**}
LM x GE	3	34,21 [*]	50475,86 ^{**}	3,36 ^{ns}	52,67 ^{**}	0,16 ^{ns}	0,11 ^{**}	53,58 ^{**}
SI x GE	3	120,13 ^{**}	12022,87 ^{ns}	4,61 ^{ns}	9,01 ^{ns}	0,21 ^{ns}	0,03 ^{ns}	16,01 ^{**}
LM x SI x GE	3	80,44 ^{**}	30778,56 [*]	15,28 [*]	10,79 ^{ns}	0,17 ^{ns}	0,22 ^{**}	32,08 ^{**}
Erro B	42	8,86	7523,86	3,73	4,58	0,15	0,02	2,99
CV (A) (%)	-	4,54	23,48	12,97	25,19	4,97	20,12	20,45
CV (B) (%)	-	5,62	14,35	15,99	16,66	15,23	14,44	14,06

^{ns}= não significativo; ^{**} significativo ao nível de 1% probabilidade; ^{*} significativo ao nível de 5% probabilidade; CV= Coeficiente de Variação (%).

Para o comprimento do ramo principal, observas-se que os tratamentos sob déficit hídrico apresentaram maiores valores de 42,06; 55,98; 46,09 e 52,99 e os menores de 35,44; 45,56; 38,02 e 34,68 cm para os respectivos tratamentos: Genótipos BRS Novaera, BRS Pujante, BRS Pajeú e BRS Pingo de ouro na lâmina W-50 com adubação de Si; Genótipos BRS Novaera, BRS Pujante, BRS Pajeú e BRS Pingo de ouro na lâmina W-50 sem adubação de Si, com uma diferença de 18,67, 22,87, 21,22 e 52,79% entre o maior e o menor valor respectivamente (Figura 1). Essa superioridade se relaciona com o fato do silício proporcionando resistência as plantas a efeitos bióticos e abióticos, além de exerce efeito benéfico na melhoria do rendimento e qualidade das culturas, (ETESAMI et al., 2020).

Médias seguidas de mesma letra minúscula (Cultivares) não diferem entre si a 5% de probabilidade pela teste Tukey. Médias seguidas de mesma letra maiúscula (lâminas de irrigação) e gregas (silício) não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste F.

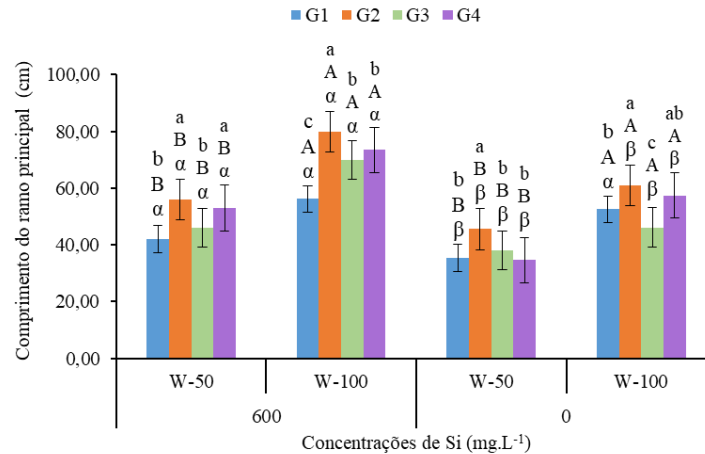


Figura 1 – Comprimento do ramo principal nas cultivares de feijão-caupi: BRS Novaera (G1), BRS Pujante (G2), BRS Pajeú (G3) e BRS Pingo de ouro (G4) e com (600 mg.L⁻¹) e sem (0 mg.L⁻¹) silício (Si) via foliar e a duas lâminas de irrigação (W-50 e W-100). Catolé do Rocha, PB, 2022.

Com relação a área foliar, é possível observar que os maiores valores (617,75; 930,59; 955,54 e 862,05 cm) e menores (371,23; 323,77; 508,61 e 296,88 cm) foram encontrados nos respectivos tratamentos: Genótipos BRS Novaera, BRS Pujante, BRS Pajeú e BRS Pingo de ouro na lâmina W-100 com adubação de Si e Genótipos BRS Novaera, BRS Pujante, BRS Pajeú e BRS Pingo de ouro na lâmina W-50 sem adubação de Si, com uma superioridade de 66,40; 187,41; 87,87 e 190,36% respectivamente (Figura 2). Resultados semelhantes foram observados por Silva et al. (2020b), ao relatar maiores valores de área foliar em genótipos de feijão-caupi com aplicação foliar de silício. Isso pode estar relacionado ao fato de o silício desempenhar uma função muito importante em relação à regulação do processo fotoquímico, promovendo a fotossíntese (ZHANG et al., 2018).

Médias seguidas de mesma letra minúscula (Cultivares) não diferem entre si a 5% de probabilidade pela teste Tukey. Médias seguidas de mesma letra maiúscula (lâminas de irrigação) e gregas (silício) não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste F.

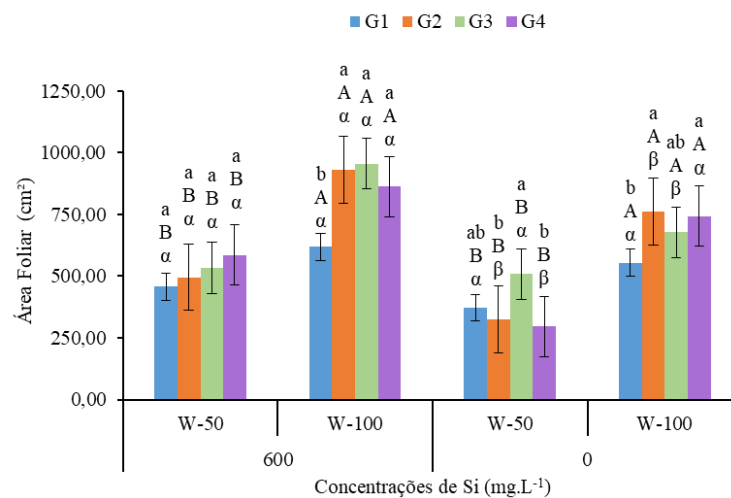


Figura 2 – Área foliar nas cultivares de feijão-caupi: BRS Novaera (G1), BRS Pujante (G2), BRS Pajeú (G3) e BRS Pingo de ouro (G4) e com (600 mg.L⁻¹) e sem (0 mg.L⁻¹) silício (Si) via foliar e a duas lâminas de irrigação (W-50 e W-100). Catolé do Rocha, PB, 2022.

Para o diâmetro caulinar aos 45 dias após o semeio (DAS), observou-se os menores valores nos tratamentos com a lâmina de 50% da evaporação de referência ($-ET_0$) sem aplicação de silício nos genótipos BRS Novaera, BRS Pujante, e BRS Pingo de ouro. Já os maiores valores foram obtidos nos genótipos BRS Pujante, BRS Pajeú e BRS Pingo de ouro cultivados sem déficit hídrico e com aplicação silícico (Figura 3). Isso demonstra a importância do silício como agente mitigador de fatores abióticos, proporcionando grande impacto tanto no desenvolvimento quanto na produtividade das culturas (ARAÚJO et al., 2022). Nesse sentido, Silva et al. (2019a) destacam que o silício desempenha um importante papel sobre os aspectos funcionais, fisiológicos e metabólicos em plantas sob condições de déficit.

Médias seguidas de mesma letra minúscula (Cultivares) não diferem entre si a 5% de probabilidade pela teste Tukey. Médias seguidas de mesma letra maiúscula (lâminas de irrigação) e gregas (silício) não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste F.

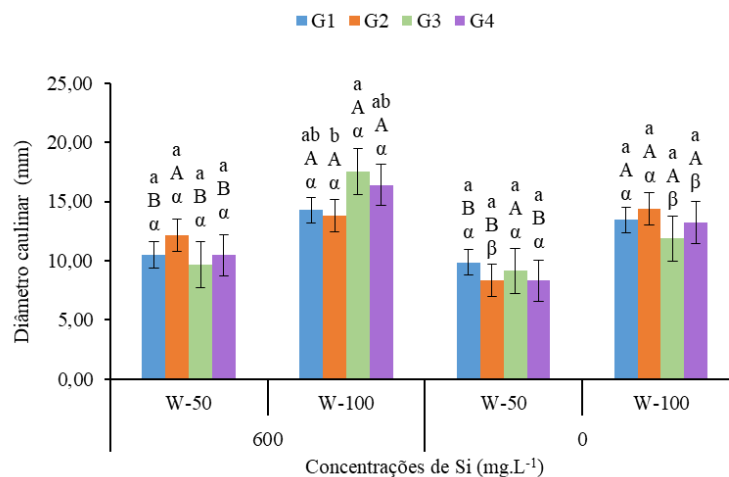


Figura 3 – Diâmetro caulinar nas cultivares de feijão-caupi: BRS Novaera (G1), BRS Pujante (G2), BRS Pajeú (G3) e BRS Pingo de ouro (G4) e com (600 mg.L⁻¹) e sem (0 mg.L⁻¹) silício (Si) via foliar e a duas lâminas de irrigação (W-50 e W-100). Catolé do Rocha, PB, 2022.

Com relação a massa seca foliar, os genótipos de feijão-caupi que receberam aplicação foliar de silício apresentaram maior acúmulo de massa seca em comparação aos mesmos genótipos que não receberam o elemento, cujos valores foram de 14,23 e 11,48 g por planta, respectivamente, equivalente a uma superioridade de 23,95% (Figura 4A). Para o desdobramento de lâmina x genótipos (figura 4B), observa-se efeito significativo dos genótipos dentro de cada lâmina pelo teste Tukey ($p < 0,05$), assim como para as lâminas dentro de cada genótipo, houve efeito significativo pelo teste F (0,01). Os maiores valores de massa seca foliar, independentemente do genótipo, foram para as plantas irrigadas com W-100 em comparação as plantas irrigadas com W-50. O silício além de formar uma dupla camada de sílica-cutícula de modo a diminuir a transpiração, promove uma maior absorção de CO₂, alimentando a eficiência fotossintética, acarretando em uma maior produção de biomassa (DEMARTELARE et al., 2021).

Médias seguidas de mesma letra minúscula (Cultivares) não diferem entre si a 5% de probabilidade pela teste Tukey. Médias seguidas de mesma letra maiúscula (lâminas de irrigação) e gregas (silício) não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste F.

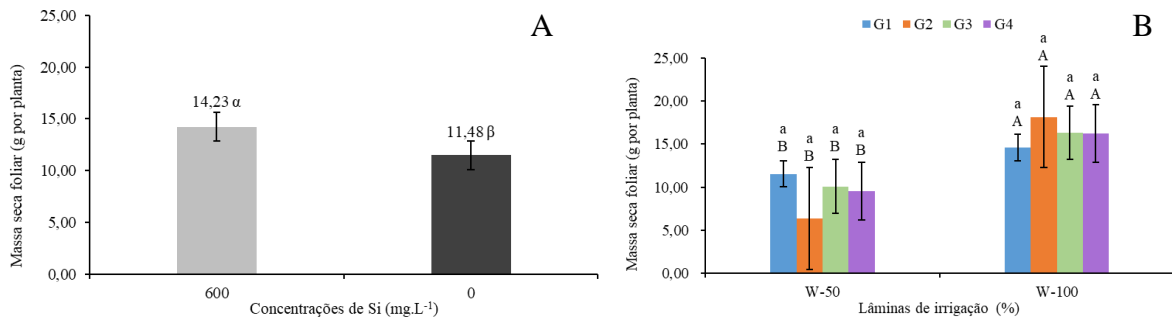


Figura 4 – Massa seca foliar nas cultivares de feijão-caupi: BRS Novaera (G1), BRS Pujante (G2), BRS Pajeú (G3) e BRS Pingo de ouro (G4) e com (600 mg.L⁻¹) e sem (0 mg.L⁻¹) silício (Si) via foliar e a duas lâminas de irrigação (W-50 e W-100). Catolé do Rocha, PB, 2022.

Com relação a massa seca caulinar, as plantas que receberam aplicação silícico foram superiores àquelas que não receberam aplicação do silício, cujos valores foram de 3,02 e 2,16 g por planta com uma superioridade de 39,81% (Figura 5A). Esses resultados podem estar relacionados com o fato do silício promover um melhor desempenho na condutância estomática, além de ajustamentos morfofisiológicos que restabelecem a fisiologia vegetal através da regulação da expressão de muitos genes fotossintéticos e proteínas (MUKARRAN et al., 2022). Ao comparar a massa seca caulinar, os genótipos de feijão-caupi irrigados com W-100% apresentaram maiores valores em comparação àqueles mesmos genótipos, irrigados com W-50% cujos valores foram de 3,28 e 1,90 g por planta, equivalente à superioridade de 72,63%, respectivamente (Figura 5B). Isso pode ser explicado em razão das plantas, em condições de déficit hídrico reduzirem a perda de água, promovendo o fechamento dos estômatos, afetando assim, o crescimento e o desenvolvimento da cultura (TETTEH et al., 2020).

Médias seguidas de mesma letra maiúscula (lâminas de irrigação) e gregas (silício) não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste F.

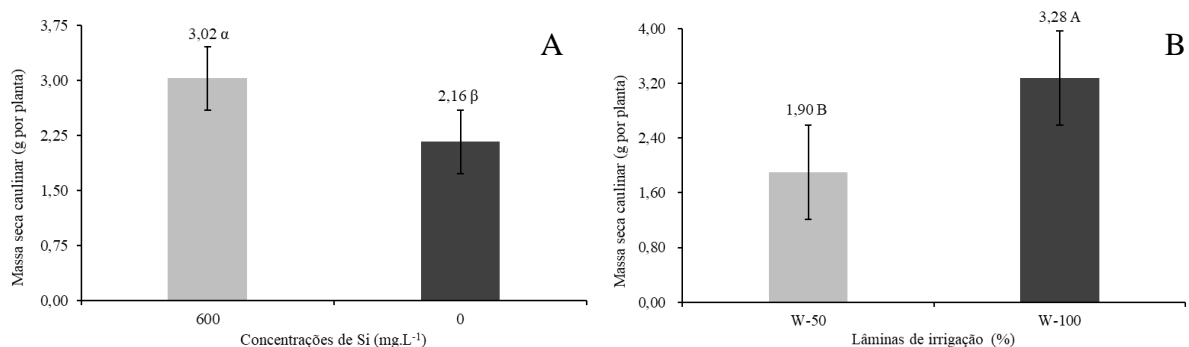


Figura 5 – Massa seca caulinar nas cultivares de feijão-caupi: BRS Novaera (G1), BRS Pujante (G2), BRS Pajeú (G3) e BRS Pingo de ouro (G4) e com (600 mg.L⁻¹) e sem (0 mg.L⁻¹) silício (Si) via foliar e a duas lâminas de irrigação (W-50 e W-100). Catolé do Rocha, PB, 2022.

No desdobramento da interação silício x lâminas x genótipos, as maiores massas secas radiculares no estágio R2 (floração) foram alcançadas nos genótipos BRS Novaera, BRS Pujante, BRS Pajeú e BRS Pingo de ouro irrigados com W-100% com aplicação silícico, com

valores de 1,34; 1,77; 1,90 e 1,72 g por planta, em contra partida, as menores foram alcançadas quando irrigados com W-50% sem aplicação silícico, com valores de 0,69; 0,74; 0,87 e 0,50 g por planta, observando uma superioridade de 94,20; 139,18; 118,39 e 244% respectivamente (Figura 6). Estes resultados podem ser explicados pelo fato de o silício atuar na melhoria dos processos fisiológicos em plantas sob déficit hídrico, além de maior assimilação de compostos orgânicos, favorecendo o fornecimento de material para a parede celular e a atividade radicular (HELENE, 2021).

Médias seguidas de mesma letra minúscula (Cultivares) não diferem entre si a 5% de probabilidade pela teste Tukey. Médias seguidas de mesma letra maiúscula (lâminas de irrigação) e gregas (silício) não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste F.

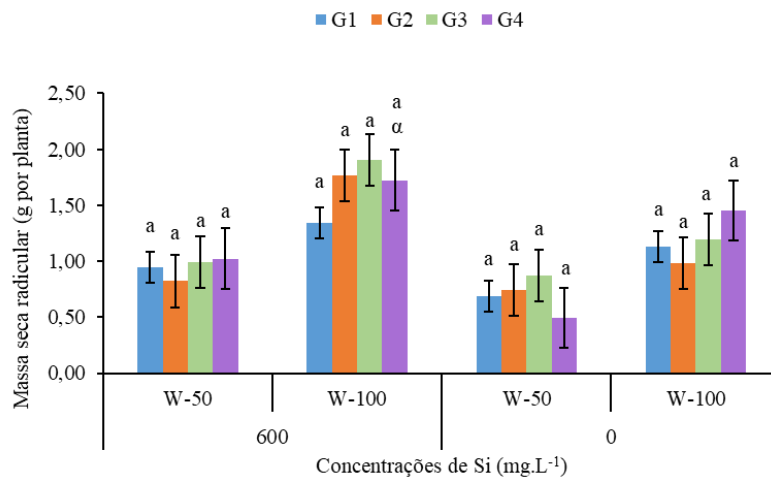


Figura 6 – Massa seca radicular nas cultivares de feijão-caupi: BRS Novaera (G1), BRS Pujante (G2), BRS Pajeú (G3) e BRS Pingo de ouro (G4) e com (600 mg.L⁻¹) e sem (0 mg.L⁻¹) silício (Si) via foliar e a duas lâminas de irrigação (W-50 e W-100). Catolé do Rocha, PB, 2022.

Verificou-se que os maiores valores com relação a eficiência do uso da água foram de 18,75; 16,76 e 18,68 (g ml⁻¹) proporcionados pelas Cultivar BRS Novaera, BRS Pajeú e BRS Pingo de ouro na lâmina na lâmina W-50 com adubação de Si e os menores valores de 7,91; 7,18 e 4,80 (g ml⁻¹) nas Cultivar BRS Pujante, BRS Pajeú e BRS Pingo de ouro na lâmina W-50 sem adubação de Si (Figura 7). Isso pode estar relacionada com a utilização da adubação alternativa de silício, uma vez que a microrregião de Catolé do Rocha está inserida na região semiárida com temperatura do ar e do solo em média de 35,78°C e 31°C, respectivamente. A eficiência do uso da água pelas plantas é aumentada em razão da diminuição da transpiração, ocasionada pela formação de uma dupla camada lignificada próximo da cutícula, com relação as plantas adubadas com silício (FÁTIMA et al., 2019).

Médias seguidas de mesma letra minúscula (Cultivares) não diferem entre si a 5% de probabilidade pela teste Tukey. Médias seguidas de mesma letra maiúscula (lâminas de irrigação) e gregas (silício) não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste F.

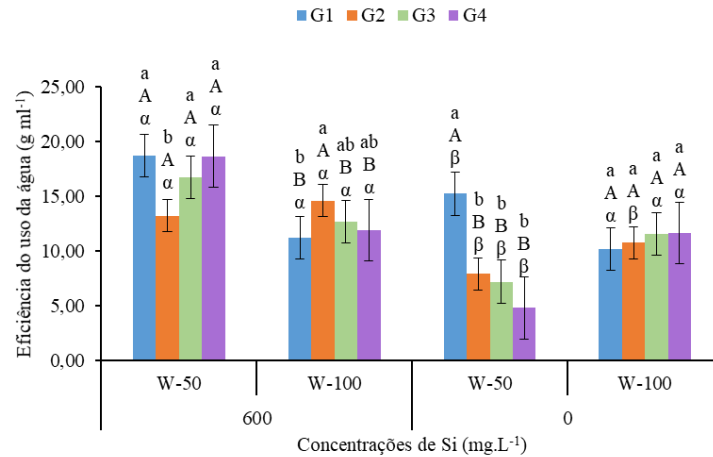


Figura 7 – Eficiência do uso da água nas cultivares de feijão-caupi: BRS Novaera (G1), BRS Pujante (G2), BRS Pajeú (G3) e BRS Pingo de ouro (G4) e com (600 mg.L⁻¹) e sem (0 mg.L⁻¹) silício (Si) via foliar e a duas lâminas de irrigação (W-50 e W-100). Catolé do Rocha, PB, 2022.

5 CONCLUSÕES

Os genótipos de feijão-caupi proporcionaram maior crescimento e fitomassa quando foram cultivados sem déficit hídrico com aplicação de silício via foliar;

O crescimento e a fitomassa de feijão-caupi foram reduzidos sob déficit hídrico sem aplicação de silício;

A aplicação do silício atenuou o déficit hídrico no crescimento e na fitomassa em genótipos de feijão-caupi submetidos a 50% da evapotranspiração da cultura (ETc).

REFERÊNCIAS

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.

ARAÚJO, E. D. D.; MELO, A. S. D.; ROCHA, M.; SOCORRO, D.; CARNEIRO, R. F.; ROCHA, M. D. M. GENOTYPIC VARIATION ON THE ANTIOXIDATIVE RESPONSE OF COWPEACULTIVARS EXPOSED TO OSMOTIC STRESS. *Revista Caatinga*, v. 30, n. 4, p. 928-937, 2017.

ARAÚJO, Maurício dos Santos. **Seleção simultânea para múltiplos caracteres, adaptabilidade e estabilidade de linhagens de feijão-caupi no semiárido piauiense**. 2020. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Piauí. 2020.

ARAÚJO, V. S.; SOUSA, T. K. R.; NOBRE, R. S.; SANTOS, C. M.; NEGREIROS, K. K. S.; CARVALHO, A. C. C.; VELOSO, F. S.; VELOSO, R. C.; REZENDE, J. S. Influência da aplicação foliar de silício no desenvolvimento e produtividade do milho sob déficit hídrico no semiárido piauiense. *Research, Society and Development*, v. 11, n. 5, p. e25711528051-e25711528051, 2022.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. A qualidade da água na agricultura. Estudos FAO: **Irrigação e Drenagem**, Campina Grande, v. 29, n. 2, p. 153, 1999.

BARTLETT, M. S. Propriedades de suficiência e testes estatísticos. **Anais da Royal Society of London. Série A-Ciências Matemáticas e Físicas**, v. 160, n. 901, pág. 268-282, 1937.

BASTOS, E. A.; RAMOS, H. M. M.; ANDRADE-JUNIOR, A. S.; NASCIMENTO, F. N.; CARDOSO, M. J. Parâmetros fisiológicos e produtividade de grãos verdes do feijão-caupi sob déficit hídrico. **Water Resources and Irrigation Management**, v. 1, n. 1, p. 31-37, 2012.

BHERING, L. L. Rbio: A tool for biometric and statistical analysis using the R platform. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 17, n. 1, p. 187-190, 2017.

CAMPOS, F. L.; FREIRE FILHO, F. R.; LOPES, A. C. A.; RIBEIRO, V. Q.; SILVA, R. Q. B; ROCHA, M. M. Ciclo fenológico em caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp): Uma proposta de escala de desenvolvimento. **Revista Científica Rural**, v. 5, n. 2, p. 110-116, 2000.

CARVALHO-PUPATTO, J. G.; BÜLL, L. T.; CRUSCIOL, C. A. C. Atributos químicos do solo, crescimento radicular e produtividade do arroz de acordo com a aplicação de escórias. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, p. 1213-1218, 2004.

CASTELLETTI, C. H. M.; COSTA, A. F. Feijão-caupi: alternativa sustentável para os sistemas produtivos. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, v. 18, n. 1, p. 1-2, 2013.

CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra de grãos: Décimo Segundo levantamento, março 2021 - safra 2021/22**. Brasília: Companhia Nacional de Abastecimento. 2022.

CORDÃO, Mailson Araújo. **Cultivo do maracujazeiro amarelo sob lâminas de irrigação e consórcio com feijão-caupi**. 2019. 57 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, Brasil, 2019.

CORRÊA, C. V.; MANTOAN, L. P. B. Silício aumenta a formação de nódulos na soja. **Campo & Negócios: Grãos**, v. 11, p. 28-29, 2017.

DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. Elementos requeridos à nutrição de plantas. **Fertilidade do Solo**, cap. 3, p. 91-133, 2006.

DEMARTELAERE, A. C. F.; PRESTON, H. A. F.; PRESTON, W.; COSTA, W. P. L. B.; MATA, T. C.; NICOLINI, C.; SILVA, S. I. S. Métodos biológico e alternativo no controle da mancha aquosa no meloeiro. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 1, p. 4979-5003, 2021.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. BRS Pajeú: Cultivar de feijão-caupi com grão mulato-claro. Teresina, PI: **Embrapa Meio-Norte**, não paginado. 1 folder. 2009.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília, DF: **Embrapa Solos**. v. 3, p. 353, 2018.

EPSTEIN, E. Silicon. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v. 50, p. 641-649, 1999.

ETESAMI, H.; JEONG, B. R. **Importance of silicon in fruit nutrition**: Agronomic and physiological implications. In: Srivastava, A.K.; Hu, C. (eds). *Fruit Crops*, p. 255-277, 2020.

EZIN, V.; TOSSE, A. G. C.; CHABI, I. B.; AHANCHEDE, A. Adaptation of Cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) to Water Deficit during Vegetative and Reproductive Phases Using Physiological and Agronomic Characters. **International Journal of Agronomy**, 2021.

FATIMA, R. T.; JESUS, E. G.; GUERRERO, A. C.; ROCHA, J. L. A.; BRITO, M. E. B. Adubação silicatada como atenuante do estresse hídrico no crescimento e trocas gasosas do alface. **Revista Engenharia na Agricultura**, v. 27, n. 2, p. 170-178, 2019.

FERREIRA, Francisco Edson Paulo. **Rendimento do feijão-caupi submetido ao estresse hídrico em diferentes cenários produtivos**. 2023. 96 f. Tese (Doutorado em Meteorologia) – Programa de Pós-Graduação em Meteorologia, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, Brasil, 2023.

FREIRE FILHO, F. R.; CRAVO, M. S.; VILARINHO, A. A.; CAVALCANTE, E. S.; FERNANDES, J. B.; SAGRILO, E.; RIBEIRO, V. Q.; ROCHA, M. M.; SOUZA, F. F.; LOPES, A. M.; GONÇALVES, J. R. P.; CARVALHO, H. L.; RAPOSO, J. A. A.; SAMPAIO, L. S. **BRS Novaera: Cultivar de Feijão Caupi de Porte Semi-Ereto**. Belém: Embrapa, (Comunicado técnico, 215), p. 4, 2008.

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; ROCHA, M. M.; SILVA, K. J. D.; NOGUEIRA, M. S. R.; RODRIGUES, E. V. (Ed.) *Feijão-caupi no Brasil: produção, melhoramento genético, avanços e desafios*. Teresina: **EMBRAPA Meio-Norte**, p. 84, 2011.

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; RODRIGUES, J. E. L. F.; VIEIRA, P. F. M. J. **Feijão-Caupi do plantio à colheita**. Minas Gerais: UFV, 2017.

GNANKAMBARY, K.; SAWADOGO, N.; DIÉNI, Z.; BATIENO, T. B. J.; TIGNEGRÉ, J. B. D. S.; SAWADOGO, M.; OUÉDRAOGO, T. J. Assessment of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) mutant lines for drought tolerance. **International Journal of Agronomy**, v. 2020, p. 1-9, 2020.

GOMES FILHO, A.; RODRIGUES, E. N.; RODRIGUES, T. C.; SANTOS, V. J. N.; ALCÂNTARA, S. F.; SOUZA, F. N. Estresse hídrico e salino na germinação de sementes de feijão-caupi cv. BRS Pajeú. In: **Colloquium Agrariae**. ISSN: 1809-8215. p. 60-73, 2019.

GONG, H. J.; ZHU, X. Y.; CHEN, K. M.; WANG, S. M.; ZHANG, C. C. Silicon alleviates oxidative damage of wheat plants in pots under drought. **Plant Science**, v. 169, n. 2, p. 313-321, Aug. 2005.

HELENE, C. P. I. **Bactérias promotoras de crescimento de plantas em solos esterilizados com ozônio na cultura do milho**. Trabalho de Conclusão de Curso (Agronomia) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP, São Paulo, 2021.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Levantamento sistemático da produção agrícola**. 2023.

IPA – Instituto Agrônomo de Pernambuco. **Recomendações de adubação para o estado de Pernambuco**. Recife, v. 3, n. 3, p. 212, 2008.

JOAQUIM JÚNIOR, Carlos Zacarias. **Propriedades da calda e seletividade de tratamentos com herbicidas para feijão-caupi “BRS Pujante”**. 2022. 45 p. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2022.

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

LINDOSO, D.; EIRÓ, F.; ROCHA, J. D. Desenvolvimento sustentável, adaptação e vulnerabilidade à mudança climática no Semiárido nordestino: Um estudo de caso no Sertão do São Francisco. **Revista Econômica do Nordeste**, v. 44, p. 301-332, 2013.

MA, J. F.; YAMAJI, N. Silicon uptake and accumulation in higher plants. **Trends Plant Sci**, v. 11. n. 8. p. 392-397, 2006

MAFRA, R. C. **Contribuição ao estudo da cultura do "feijão-de-corda", fisiologia, ecologia e tecnologia da produção**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAF, p. 39, 1979.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. Piracicaba: Editora Ceres, p.631, 2006.

MELO, A. S; MELO, Y. L.; LACERDA, C. F. D.; VIÉGAS, P. R.; FERRAZ, R. L. D. S.; GHEYI, H. R. Water restriction in cowpea plants [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.]: Metabolic changes and tolerance induction. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 26, p. 190-197, 2022.

MOHSENI, V. G.; SABBAGH, S. K. The ameliorative effects of silicone elemento on improvement of plants tolerance to diseases. **Scientia Agriculturae**, v. 8, n. 2, p. 80-85, 2014.

MOTTA, N. L. **Ecofisiologia e produtividade de cultivares de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) sob diferentes turnos de rega**. 2022. 109 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2022.

MUKARRAM, M.; PETRIK, P.; MUSHTAQ, Z.; KHAN, M. M. A.; GULFISHAN, M.; LUX, A. Silicon nanoparticles in higher plants: Uptake, action, stress tolerance, and crosstalk with phytohormones, antioxidants, and other signalling molecules. **Environmental Pollution**, p. 119855, 2022.

OLIVEIRA, R. L. L.; MOREIRA, A. R.; COSTA, A. V. A.; SOUZA, L. C. S.; LIMA, L. G. S.; SILVA, T. L. Modelos de determinação não destrutiva de área foliar de feijão caupi *Vigna unguiculata* (L.). **Global Science Snd Technology**, v. 8, n. 2, p. 17-27, 2015.

PINHEIRO, É. M.; CUNHA, E. M. F.; ARAÚJO, M. A. M.; MOREIRA-ARAÚJO, R. S. R.; ROCHA, M. M. Composição centesimal e efeito do cozimento no genótipo de feijão-caupi pingo de ouro-1-2. **Journal of Chemical Information and Modeling**, v. 53, p. 1689-1699, 2013.

PONCE, F. S., MACHADO, D. C. L.; DIPPLE, F. L.; DALLACORT, R.; JÚNIOR, S. S. Adubação silicatada na produtividade e respostas fisiológicas das plantas. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 16, p. e164111637926-e164111637926, 2022.

RAMÍREZ-CÁRDENAS, L. **Biodisponibilidade de zinco e ferro, valor nutricional e funcional de diferentes cultivares de feijão comum submetidos a tratamentos domésticos**. 2006. 171 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

RAMOS, H. M. M.; BASTOS, E. A.; ANDRADE JÚNIOR, A. S.; MAROUELLI, W. A.; Estratégias ótimas de irrigação do feijão-caupi para produção de grãos verdes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 4, p. 576-583, 2012.

RICHARDS, Lorenzo Adolfo. **Diagnóstico e melhoramento de solos salinos e alcalinos**. LWW, 1954.

SANTOS, C. A. F.; SILVA NETO, M. F.; BEZERRA, J. C. **Feijão-Caupi BRS Pujante: Cultivar para Áreas Irrigada e de Sequeiro do Vale do São Francisco**. Embrapa Semi-Árido, 2007.

SANTOS, Karen Ferreira dos. **Tamanho de amostra de caracteres de Feijão Caupi**. 2021. 32 f. TCC (Graduação) - Curso de Agronomia, Universidade Federal do Tocantins, Gurupi, 2021.

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

SANTOS, S. R. Q.; AMARAL CUNHA, A. P. M.; RIBEIRO-NETO, G. G. Avaliação de dados de precipitação para o monitoramento do padrão espaço-temporal da seca no nordeste do Brasil. **Revista brasileira de climatologia**, v. 25, 2019.

SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. An analysis of variance test for normality (complete samples). **Biometrika**, v. 52, n. 3/4, p. 591-611, 1965.

SHI, Y.; ZHANG, Y.; HAN, W.; FENG, R.; HU, Y.; GUO, J. Silicon enhances water stress tolerance by improving root hydraulic conductance in *Solanum lycopersicum* L. **Front. Plant Sci.** 7: 196, 2016.

SILVA, A. L.; BATISTA, P. S. C.; OLIVEIRA, K. J. O.; CRUZ, C. A.; SOUZA CANGUSSÚ, L. V.; SANTIAGO, W. E. DESEMPENHO AGRONÔMICO DE FEIJÃO-CAUPI DE PORTE SEMIERETO E SEMIPROSTRADO EM DIFERENTES POPULAÇÕES. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 10, n. 1, p. 193-198, 2020a.

SILVA, D. C. D.; MELO, A. S. D.; MELO, Y. L.; ANDRADE, W. L. D.; LIMA, L. M. D.; SANTOS, A. R. Aplicação foliar de silício atenua os efeitos da supressão hídrica em cultivares de feijão-caupi. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 43, 2020b.

SILVA, Idelvan José da. Morfofisiologia e produtividade de genótipos de feijão vigna sob estresse salino variando as fases fenológicas. 2020. 32 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) - Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, Paraíba, Brasil, 2020.

SILVA, Johny de Souza. **Estresse hídrico em variedades tradicionais de feijão-caupi: estratégias fisiológicas e bioquímicas para tolerância ao déficit hídrico**. 2019. 64 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) -Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019a.

SILVA, M. B. O.; CARVALHO, A. J.; BATISTA, P. S. C.; JÚNIOR, P. V. S.; OLIVEIRA, S. M. Desempenho agronômico de genótipos de feijão-caupi. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 41, n. 4, p. 1059-1066, 2018.

SILVA, Nathalia Gomes. **Níveis de compactação do solo e produção do feijão-caupi**. 2019. 29 f. Monografia (graduação) – Universidade Federal Rural do Semi-árido, Curso de Agronomia, 2019b.

SIMEÃO, M.; OLIVEIRA, A. E. 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.

SOUZA, T. M. A.; SOUZA, T. A.; SOLTO, L. S.; SÁ, F. V. S.; PAIVA, E. P.; BRITO, M. E. B.; MESQUITA, E. F. Crescimento e trocas gasosas do feijão caupi cv. BRS pujante sob níveis de água disponível no solo e cobertura morta. **Irriga**, Botucatu, v.21, n.4, p. 796-805, 2016.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

TEIXEIRA, G. C. M.; ROCHA, A. M. S.; OLIVEIRA, K. S.; SARAH, M. M. S.; OLIVEIRA FILHO, A. S. B.; PRADO, R. M.; PALARETTI, L. F. Silício na mitigação dos estresses por deficiência de manganês e pelo déficit hídrico em mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar. **Científica**, v. 48, n. 2, p. 170-187, 2020.

TEIXEIRA, P. C., DONAGEMMA, G. K., FONTANA, A., & TEIXEIRA, W. G. **Manual de métodos de análise de solo**, 2017.

TETTEH, R.; BOATENG, S.K.; ASAMOAH, K. Preliminary Evaluation of Growth Response of Two Cowpea Accessions to Water Stress. **Agricultural Science Digest**, v. 40, n.1, p. 44-48, 2020.

TORRES, S. B.; OLIVEIRA, F. N.; OLIVEIRA, R. C.; FERNANDES, J. B. Produtividade e morfologia de acessos de caupi, em Mossoró, RN. **Horticultura Brasileira**, v. 26, p. 537-539, 2018.

YAVAS, I.; KESER, B. The Effect of Silicon and The Status of Phenolic Compounds On The Germination of Cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.) Under Temperature Stress. **ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi**, v.5, n. 4, p. 870-880, 2021.

ZHANG, W.; XIE, Z.; LANG, D.; CUI, J.; ZHANG, X. Beneficial effects of silicon on abiotic stress tolerance in legumes. **Journal of Plant Nutrition**, v. 40, n. 15, p. 2224-2236, 2017.

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, n. 10, p. 2151-2159, 2018.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por me guiar e me dar forças para passar por essa longa trajetória.

Agradeço em especial a minha Vó, Vitoria Nóbrega e a minha mãe Francisca Julia Nóbrega, por serem exemplos de dedicação, coragem e dignidade, por nunca medirem esforços para que eu chegasse a conclusão desta etapa em minha vida, e ao meu pai João Batista Targino, por sempre acreditar em mim e na transformação advinda dos estudos, e por estar sempre a disposição para me ajudar quando preciso fosse. Palavras são poucas para descrever o amor que eu sinto por vocês.

A minha querida e amada esposa Rita de Cássia Serafim Campos pelo seu apoio, atenção, carinho e amor, e por nunca ter desacreditado de nós nos momentos difíceis. Te amo muito!

À Universidade Estadual da Paraíba Catolé do Rocha-PB por todo o suporte e por me proporcionar obter conhecimentos em quase todos os setores. Aos funcionários com quem fiz amizade, principalmente os vigilantes, e em especial meu amigo (Deca) do setor de olericultura por quem tenho muito apreço e carinho, agradeço cada café, cada conselho e os momentos bons na sombra do “pé de mangueira”. Foi um pai para mim, durante o curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) - Brasil, pelo programa PIBIC/CNPq-UEPB, pelo apoio para realização do presente trabalho.

A meu orientador, professor e amigo Evandro Franklin de Mesquita pela orientação e dedicação durante esses cinco anos de curso e pelos valiosos ensinamentos, conselhos que foram essenciais para meu amadurecimento profissional e pessoal.

Aos professores do Campus com quem tive contato, pela troca de conhecimento seja em sala de aula ou em campo, e a alguns com os quais construí amizade. Obrigado pelo apoio e instrução dada, não apenas no momento de avaliação, mas no decorrer desses anos.

A equipe (SOLAPLANT) e Laboratório de Solos por toda ajuda e pela concessão do espaço para que esse trabalho pudesse ser realizado, sem vocês nossas pesquisas seriam muito mais difíceis.

Aos meus amigos e colegas de turma que deixaram essa jornada mais descontraída e feliz, por onde fiz bons amigos e aprendi muito com eles.

A todos da Diretoria, Coordenação, Secretaria, Serviços Gerais, enfim a todos que fazem a UEPB Catolé do Rocha ser esse mundo de conhecimento e diversidade.

Muito obrigado!