



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA**

IRLAN VICTOR DE SOUSA PALMEIRA

**ESTRATÉGIAS DE MANEJO DA IRRIGAÇÃO EM FASES
FENOLÓGICAS DO FEIJÃO VIGNA SOB ADUBAÇÃO POTÁSSICA**

POMBAL-PB

2023

IRLAN VICTOR DE SOUSA PALMEIRA

**ESTRATÉGIAS DE MANEJO DA IRRIGAÇÃO EM FASES FENOLÓGICAS DO
FEIJÃO VIGNA SOB ADUBAÇÃO POTÁSSICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Universidade Federal de Campina Grande no Centro de Ciência e Tecnologia Agroalimentar como requisito obrigatório para obtenção do título de bacharel em Agronomia.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Lauriane Almeida dos Anjos Soares

Co-orientador: Prof. Dr. Geovani Soares de Lima

POMBAL-PB

2023

P172e Palmeira, Irlan Victor de Sousa.

Estratégias de manejo da irrigação em fases fenológicas do feijão vigna sob adubação potássica / Irlan Victor de Sousa Palmeira. – Pombal, 2023. 38 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, 2023.

“Orientação: Profa. Dra. Lauriane Almeida dos Anjos Soares, Prof. Dr. Geovani Soares de Lima”.

Referências.

1. Feijão-caupi. 2. Tolerância à seca. 3. Nutrição mineral. 4. *Vigna unguiculata* L. I. Soares, Lauriane Almeida dos A. II. Lima, Geovani Soares de. III. Título.

CDU 633.35 (043)

IRLAN VICTOR DE SOUSA PALMEIRA

**ESTRATÉGIAS DE MANEJO DA IRRIGAÇÃO EM FASES FENOLÓGICAS DO
FEIJÃO VIGNA SOB ADUBAÇÃO POTÁSSICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Universidade Federal de Campina Grande no Centro de Ciência e Tecnologia Agroalimentar como requisito obrigatório para obtenção do título de bacharel em Agronomia.

Aprovado em: 09/02/2023

BANCA EXAMINADORA:

COMISSÃO EXAMINADORA:

Lauriane Almeida dos Anjos Soares

Orientadora – Profa. Dra. Lauriane Almeida dos Anjos Soares
(Universidade Federal de Campina Grande – CCTA – UAGRA)

Geovani Soares de Lima

Co-orientador – Prof. Dr. Geovani Soares de Lima
(Universidade Federal de Campina Grande – CCTA – UAGRA)

Jackson Silva Nóbrega

Membro – Dr. Jackson Silva Nóbrega
(Universidade Federal de Campina Grande – PDJ/CNPq – PPGEA)

Iara Almeida Roque

Membro – M.Sc. Iara Almeida Roque
(Universidade Federal de Campina Grande – CTRN – PPGEA)

POMBAL-PB

2023

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer primeiramente a Deus por esta me dando discernimento em todos os momentos que preciso.

Aos meus familiares que não mediram esforços para fazer com que eu pudesse concluir meu curso principalmente meus pais. Meus irmãos que sempre me apoiaram nessa caminhada.

Minha namorada que sempre esteve comigo.

Aos meus amigos e colegas (Ulisses Pedreira, Cassiano, Iuri Carvalho...) que estiveram comigo em momentos bons e adversos. Posso citar como a pessoa que sempre me incentivou a não desistir e agradecer por toda contribuição compartilhada durante a graduação e fora dela, Michael Marcos.

A minha orientadora Lauriane que me acolheu desde 2018, teve e tem bastante paciência e atenção com seus alunos.

E a todos que contribuíram direta e indiretamente, obrigado por fazerem parte dessa minha caminhada.

Não importa o quão lento você vá desde que não pare!

PALMEIRA, I. V. S. **Estratégias de manejo da irrigação em fases fenológicas do feijão Vigna sob adubação potássica.** 2023. 38p. Monografia (Graduação em Agronomia). Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, Pombal-PB.

RESUMO

Em regiões subtropicais e tropicais, o feijão *Vigna* é considerado uma das principais fontes alimentares mais importantes e estratégicas. Na região Nordeste, por apresentar mudanças temporais das chuvas, com alterações na disponibilidade de água no solo, nesta região o manejo adequado dos recursos é imprescindível a fim de garantir a sustentabilidade do sistema de produção. Assim, objetivou-se com o presente trabalho avaliar as trocas gasosas e os componentes de produção do feijão *Vigna* cv. BRS Marataoã cultivado sob estratégias de manejo do déficit hídrico e adubação potássica. Utilizou-se o delineamento estatístico em bloco ao acaso, em esquema fatorial 5×5 , com três repetições, sendo os tratamentos definidos em função das cinco doses de adubação potássica (50, 75, 100, 125 e 150% de K_2O) associadas a cinco estratégias de manejo do déficit hídrico nos diferentes estádios fenológicos da cultura. A dose de 150% de K_2O , em plantas de feijão *Vigna*, intensifica os efeitos negativos do estresse hídrico, reduzindo a condutância estomática, comprimento e peso de vagens, peso de vagem e no número total de grãos em todas as fases fenológicas. O manejo da irrigação de plantas de feijão *Vigna*, com 50% da E_{Tr} , não ocasionou diferença significativa para a eficiência instantânea no uso da água entre as fases fenológicas estudadas. O feijão *Vigna* adubado com 50% da dose recomendada de K_2O teve as menores taxas de assimilação de CO_2 quando submetidas a estresse hídrico nas fases fenológicas.

Palavras-Chave: *Vigna unguiculata* L., tolerância à seca, nutrição mineral

PALMEIRA, I. V. S. **Irrigation management strategies in phenological phases of cowpea under potassium fertilization.** 2023. 38p. Monograph (Graduation in Agronomy). Federal University of Campina Grande, Center for Science and Agri-food Technology. Pombal, PB.

ABSTRACT

In subtropical and tropical regions, *Vigna* beans are considered one of the most important and strategic food sources. In the Northeast region, due to seasonal changes in rainfall, with changes in the availability of water in the soil, in this region the proper management of resources is essential in order to guarantee the sustainability of the production system. Thus, the objective of the present work was to evaluate the gas exchanges and production components of *Vigna* cv. BRS Marataoã cultivated under water deficit management strategies and potassium fertilization. A randomized block statistical design was used, in a 5×5 factorial scheme, with three replications, with the treatments being defined according to the five potassium fertilization doses (50, 75, 100, 125 and 150% of K_2O) associated with five water deficit management strategies in the different phenological stages of the crop. The dose of 150% K_2O , in *Vigna* bean plants, intensifies the negative effects of water stress, reducing stomatal conductance, pod length, pod weight and total number of beans in all phenological stages. The irrigation management of *Vigna* bean plants, with 50% of the E_{Tr} , did not cause significant difference for the instantaneous efficiency in the use of the water between the studied phenological phases. *Vigna* beans fertilized with 50% of the recommended dose of K_2O had the lowest CO_2 assimilation rates when subjected to water stress in the phenological stages.

Keywords: *Vigna unguiculata* L., drought tolerance, mineral nutrition

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Características físicas e químicas do solo utilizado no experimento.....	20
---	----

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Dados climáticos de temperatura máxima e mínima (°C) e umidade relativa do ar (%) durante a condução do experimento	19
Figura 2. Desdobramento da interação entre as estratégias de manejo do déficit hídrico e doses de adubação potássica para condutância estomática - g_s (A) e concentração interna de CO_2 - C_i (B) do feijão Vigna, aos 65 dias após a semeadura	25
Figura 3. Desdobramento da interação entre as estratégias de manejo do déficit hídrico e doses de adubação potássica para transpiração (E) e assimilação de CO_2 - A (B) do feijão Vigna, aos 65 dias após a semeadura	26
Figura 4. Desdobramento da interação entre as estratégias de manejo do déficit hídrico e doses de adubação potássica para Eficiência instantânea de carboxilação – $EiCi$ (A) e eficiência no uso da água - EUA (B) do feijão Vigna, aos 65 dias após a semeadura	28
Figura 5. Desdobramento da interação entre as estratégias de manejo do déficit hídrico e doses de adubação potássica para comprimento de vagem - CRV (A) e peso da vagem - PV(B) do feijão Vigna, aos 93 dias após a semeadura	29
Figura 6. Desdobramento da interação entre as estratégias de manejo do déficit hídrico e doses de adubação potássica para número de vagem - NV (A) e peso de grãos – PG (B) do feijão Vigna, aos 93 dias após a semeadura.....	30
Figura 7. Desdobramento da interação entre as estratégias de manejo do déficit hídrico e doses de adubação potássica para número total de grãos - NTG (A) e peso de 100 grãos – P100G (B) do feijão Vigna, aos 93 dias após a semeadura.....	31

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
2. OBJETIVOS.....	14
2.1 Geral.....	14
2.2 Específicos.....	14
3. REFERENCIAL TEÓRICO.....	15
3.1 Aspectos gerais do feijão-caupi.....	15
3.2 Efeitos do déficit hídrico sobre as plantas.....	15
3.2.1 Efeitos do déficit hídrico na cultura do feijão-caupi.....	16
3.3 Adubação potássica na atenuação do estresse hídrico.....	17
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	19
4.1 Localização e caracterização da área experimental.....	19
4.2 Fatores estudados e delineamento estatístico.....	19
4.3 Condições de cultivo.....	20
4.4 Semeadura.....	21
4.5. Manejo de Irrigação.....	21
4.6 Tratos culturais.....	22
4.7 Variáveis analisadas.....	22
4.8 Análise estatística.....	23
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	24
6. CONCLUSÕES.....	33
7. REFERÊNCIAS.....	34

1. INTRODUÇÃO

O feijão *Vigna* é considerado uma das principais fontes alimentares e estratégicas para as regiões tropicais e subtropicais do planeta. De acordo com o censo do IBGE, em 2017, o Brasil ocupou a terceira maior produção mundial de feijão *Vigna*, sendo cultivado, sobretudo, nas regiões Norte e Nordeste, onde se constitui no prato básico das classes de menor poder aquisitivo (IBGE, 2017).

No Brasil, a área plantada de feijão *Vigna* foi de aproximadamente 1,5 milhões de hectares e, deste total 80% é cultivado na região Nordeste, com produtividade de 500 kg ha⁻¹ em 2018, equivalente a 1/3 da produtividade em relação aos demais feijões cultivados no país. Entretanto, apesar da grande produção brasileira, existe um déficit permanente de oferta nestas regiões, uma vez que a produtividade média brasileira é extremamente baixa em torno de 300 kg ha⁻¹ (SILVA et al., 2018).

Por apresentar intensa variabilidade temporal e espacial das chuvas, o Nordeste brasileiro possui alterações na disponibilidade de água no solo, principalmente por estar relacionada ao comportamento do ciclo hidrológico em se tratando de uma região bastante sensível a qualquer alteração climática (SCHMIDT, 2018).

Com isso, deve-se dar atenção a prática da irrigação, pois se sabe que esta é a mais demandante dentre todas as práticas agrícolas e a região semiárida é escassa em recursos hídricos (RODRIGUES et al, 2019). Para que as funções celulares das plantas sejam preservadas os mecanismos de tolerância devem estar aptos para sustentar as funções e atividades metabólicas sob condições de déficit hídrico. O déficit hídrico causa modificações bioquímicas, como estresse oxidativo e danos celulares. Simultaneamente, provoca o fechamento dos estômatos, interferências nas trocas gasosas, com baixa taxa fotossintética e respiração (MELO et al., 2018).

Contudo, o requerimento hídrico do feijão *Vigna* é variável com o seu estágio de desenvolvimento e genótipos (NASCIMENTO et al., 2011; COELHO et al., 2013). Além disso, diversas práticas de manejo podem melhorar a acessibilidade da umidade armazenada no solo minimizando condições de escassez hídrica (MOSTAFAZADEH-FARD et al., 2009). Destaca-se o manejo nutricional como método mais viável e econômico para indução da tolerância a seca no feijoeiro, uma vez que nutrientes livres ou estruturalmente ligados a complexos essenciais podem regular seu potencial osmótico (TAIZ; ZEIGER, 2017).

O potássio tem um papel fundamental no mecanismo de osmose e abertura estomática que são importantes para apoio às relações hídricas das plantas e expansão das células

(PETTIGREW, 2008). Benefícios do fornecimento de potássio em plantas sob estresse hídrico são relacionados em diversos estudos, como incrementos na matéria seca, potencial hídrico, taxa fotossintética, teor de clorofila, área foliar e diâmetro de caule (FAROOQ et al., 2009).

2. OBJETIVOS

2.1 Geral

Avaliar as trocas gasosas e os componentes de produção do feijão Vigna cv. BRS Marataoã cultivado sob estratégias de manejo do déficit hídrico e adubação potássica.

2.2 Específicos

Analisar as alterações fisiológicas em genótipos de feijão Vigna em função da irrigação com déficit hídrico variando as fases fenológicas e adubação potássica;

Identificar a fase de desenvolvimento em que os genótipos de feijão Vigna são mais tolerantes e/ou sensíveis ao estresse hídrico;

Determinar a produção do feijão Vigna cv. BRS Marataoã sob estratégias de manejo do déficit hídrico e adubação potássica;

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Aspectos gerais do feijão-caupi

O feijão *Vigna* (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) é uma leguminosa de grande importância para alimentação humana sendo uma das principais fontes de proteína, carboidratos, alto teor de fibras e uma baixa quantidade de lipídeos na dieta de populações pobres, especialmente na América Latina e África (BATISTA, 2021).

A região Nordeste é uma das principais regiões produtoras de feijão *Vigna*, destacando-se os estados do Ceará, Piauí e Rio Grande do Norte, sendo os dois primeiros os maiores produtores nacionais. Por tratar-se de um cultivo de ciclo curto, com baixa exigência hídrica e rusticidade para se desenvolver em solos de fertilidade baixa o feijão é cultivado basicamente na região semiárida. O sistema de produção predominante é composto de práticas tradicionais de cultivo, com reduzido número de tecnologias e, conseqüentemente, baixas produtividades de grãos (ARAUJO, 2017).

De acordo com o SENAR/CNA 2021 o Brasil exportou 43 mil toneladas que foram destinadas para 40 países da Europa, Ásia, África, América do Norte e oriente médio. Historicamente, a produção de feijão-caupi concentra-se nas regiões Nordeste (1,2 milhão de hectares) e Norte (55,8 mil hectares) do país, no entanto, a cultura está conquistando espaço na região Centro-Oeste, em razão do desenvolvimento de cultivares com características que favorecem o cultivo mecanizado (SOUZA et al., 2021).

Apresentando pouca exigência às condições edafoclimáticas, o feijão *Vigna* sobrevive em diversos tipos de solo, tanto em áreas de terrenos argilosos com umidade elevada como em terrenos arenosos. Apresenta uma baixa necessidade de solo fértil, em virtude do elevado comprimento de suas raízes e de sua alta capacidade de fixação de nitrogênio proveniente da atmosfera. (MEDEIROS et al., 2021). A cultivar BRS Marataoã apresenta porte semi-prostrado, moderada resistência ao acamamento, possui vagens acima do nível da folhagem e ciclo variando de 72 a 77 dias. Possuindo grãos esverdeados antes do processo de secagem e quando secas, são amarelo-claros. Apresentando resistência moderada às principais doenças da cultura (EMBRAPA. 2014).

3.2 Efeitos do déficit hídrico sobre as plantas

Sabe-se que a disponibilidade da água é um fator de grande importância para o melhor desenvolvimento das culturas. A água é essencial para os processos fisiológicos, moleculares,

bioquímicos e morfológicos das plantas. Quando a planta é exposta a condições de baixa disponibilidade hídrica, algumas de suas funções vitais podem ser afetadas, comprometendo vários processos fisiológicos, aumentando a resistência dos estômatos à difusão do vapor de água, dessa forma reduzindo a transpiração e conseqüentemente o suprimento de CO₂ para a fotossíntese (FRANÇA et al., 2017).

O estresse, do ponto de vista botânico, define-se como um grave desvio das condições normais para a vida da planta, que resulta em mudanças e respostas aos níveis do organismo, sendo a disponibilidade hídrica um dos principais fatores causadores de estresse nas plantas, onde tem sido um dos limitantes para evolução das espécies. A escassez hídrica causa mudanças na anatomia e fisiologia das plantas, onde a intensidade depende do tipo de planta e do grau de duração as quais foram submetidas ao estresse, sendo capaz de afetar todos os seus estágios de desenvolvimento, iniciando da germinação das sementes e, conseqüente estabilização do estande, até o desenvolvimento e produtividade. Sendo assim, saber lidar com o déficit hídrico é uma habilidade importante e determinante de seleção natural das plantas e produtividade das culturas agrícolas (ARAÚJO JÚNIOR et al., 2018).

O estresse hídrico é um fator limitante na produtividade agrícola em todo o mundo, apresentando-se como a principal ameaça para a agricultura, ocasionando uma defasagem entre os processos de absorção, transpiração e disponibilidade de água no solo e com isso, tem-se alteração significativa das condições ótimas, induzindo mudanças e respostas em todos os níveis funcionais do organismo, os quais são reversíveis a princípio, mas podem se tornar permanente caso deixe para resolver a necessidade hídrica com a planta em seu estado de desenvolvimento avançado. As plantas, a fim de evitar o dessecamento excessivo, realizam o fechamento estomático, mesmo antes de ocorrer a diminuição do conteúdo da água da folha, o que é considerada a primeira linha de defesa das plantas (FRANÇA et al., 2017).

3.2.1 Efeitos do déficit hídrico na cultura do feijão-caupi

O estresse hídrico é um dos fatores abióticos que mais influência no processo germinativo, interferindo diretamente nas atividades enzimáticas da planta, minimizando o rendimento das cultivares e causando prejuízo ao produtor. Essa perda de produtividade acontece devido a intensidade do déficit hídrico e do estágio do ciclo vegetativo em que ocorrer o déficit, pois apesar de ser considerada uma cultura tolerante à seca, o déficit hídrico no feijão-caupi pode causar severas perdas da produtividade de grãos, principalmente se ocorrer nas fases de florescimento e enchimento de grãos, podendo afetar vários processos

fisiológicos relacionados com a assimilação de nitrato, fixação simbiótica de nitrogênio, taxas de fotossíntese, condutância estomática e transpiração (BASTOS et al., 2017).

O estresse hídrico limita a produtividade do feijão-caupi, pois causa alterações nas condições fisiológicas, aumentando tanto a temperatura foliar quanto a relação temperatura foliar/temperatura ambiente e reduzindo o potencial hídrico foliar, a condutância estomática e a produtividade de grãos. A deficiência de água é um dos fatores mais limitantes para a obtenção de elevadas produtividades de grãos de feijão-caupi, podendo causar modificações morfofisiológicas e bioquímicas, onde as alterações morfofisiológicas mais comuns são a redução da área foliar, o fechamento estomático, e o crescimento do sistema radicular (ARAÚJO, 2017). Entretanto, o requerimento hídrico do feijão-caupi é variável com o seu estágio de desenvolvimento e genótipos, além de tudo, várias práticas de manejo podem melhorar a acessibilidade da umidade armazenada no solo diminuindo condições de escassez hídrica (SOARES et al., 2021).

3.3 Adubação potássica na atenuação do estresse hídrico

Embora o potássio não participe diretamente da estrutura de moléculas constituintes do metabolismo do feijão-caupi, o potássio está presente em diversas funções na mesma, entre essas, a ativação de vários sistemas enzimáticos, principalmente os relacionados aos processos fotossintético e respiratório, é possível que o feijão-caupi possa absorver quantidades significativas de potássio, desde que em existam condições favoráveis (GUERRA et al., 2020).

Em sua deficiência, as plantas apresentam diminuição do crescimento, pouco desenvolvimento radicular, flexibilidade e pouca resistência dos caules e maior suscetibilidade ao ataque de patógenos, além de formação de sementes e frutos de menor tamanho e de coloração menos intensa. A deficiência de potássio no feijão *Vigna* causa crescimento lento, raízes subdesenvolvidas, caules fracos e flexíveis e plantas muito suscetíveis a ataques de doenças, também prejudicam a formação das sementes e frutos, gerando menores frutos e com menor intensidade em sua coloração (SILVA, 2020).

A aplicação de quantidades adequadas de fertilizante potássico pode ter um papel essencial no crescimento e na melhoria da tolerância das plantas quando expostas as condições de restrição hídrica. O potássio tem um papel fundamental no mecanismo de osmose e abertura estomática que são importantes para apoio às relações hídricas das plantas e expansão das células. Vários benefícios do fornecimento de potássio em plantas sob estresse hídrico são relacionados em diversos estudos, como incrementos na matéria seca, potencial

hídrico, taxa fotossintética, teor de clorofila, área foliar e diâmetro de caule (SOARES et al., 2021).

Paulino et al. (2021) ao estudar a adubação potássica para amenizar os efeitos adversos da deficiência hídrica nas culturas do feijão caupi e feijão mungo verde resultou que a aplicação de potássico pode amenizar os efeitos adversos da restrição hídrica, mantém o status hídrico das plantas e o crescimento da parte aérea das plantas de feijão-caupi e feijão mungo verde, assim, o adequado manejo da adubação potássica confere maior tolerância à seca quando aplicado em dose adequada. Soares et al. (2021) observou que nas fases iniciais do desenvolvimento do feijão-caupi, pode ser aplicada irrigação com déficit hídrico sem que haja perdas significativas nos componentes de produção. As doses de potássio interligados ao déficit hídrico favoreceu o crescimento e o acúmulo de fitomassa na fase de floração. Já as doses elevadas de potássio quando correlacionada ao déficit hídrico nas fases de floração e frutificação comprometeram o comprimento e número vargem.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Localização e caracterização da área experimental

O experimento foi desenvolvido em casa de vegetação, na área experimental do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar (CCTA), da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), localizado no município de Pombal, Paraíba, nas coordenadas geográficas 06°46'20" S e 37°48'01" O com altitude de 194 m. Na Figura 1, observam-se os dados meteorológicos durante a condução do experimento.

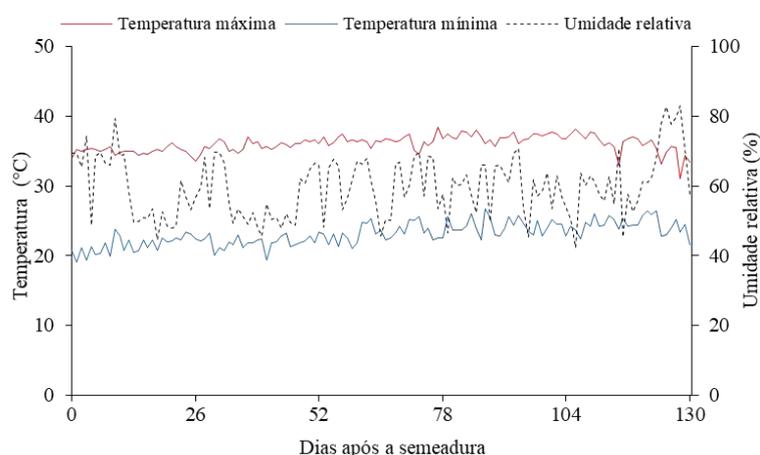


Figura 1. Dados climáticos de temperatura máxima e mínima (°C) e umidade relativa do ar (%) durante a condução do experimento.

4.2 Fatores estudados e delineamento estatístico

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com os tratamentos arranjos em esquema fatorial 5×5 , referente a cinco doses de adubação potássica (50, 75, 100, 125 e 150% de K) sendo a dose de 100% correspondente a $150 \text{ mg K}_2\text{O kg}^{-1}$ de solo conforme descreve Novais et al. (1991) para ensaios em vasos, associadas a cinco estratégias de manejo definidas em função da época de indução do déficit hídrico nos diferentes estádios fenológicos do feijão-caupi: vegetativa - período entre surgimento da primeira folha trifoliolada com os folíolos separados e completamente abertos e abertura da 1ª flor; floração - abertura da 1ª flor até o início da maturidade da primeira vagem; formação da produção - a partir da maturação da 1ª vagem, até a colheita final, com três repetições e uma planta por parcela, totalizando 75 plantas.

O feijão Vigna cv. BRS Marataoã foi irrigado com 100% da Evapotranspiração Real – ETr e 50% da ETr, sendo estas aplicadas em quatro estratégias de manejo: SE – plantas

irrigadas com 100% da ETr durante todo o ciclo; VE – plantas sob déficit (50% da ETr) na fase vegetativa; FL – plantas submetidas ao déficit hídrico (50% da ETr) na fase de floração, FR – irrigação com 50% da ETr na fase de formação da produção e FL/FR – irrigação com 100% da ETr na fase vegetativa e irrigação com 50% da ETr nas fases de floração e formação da produção.

4.3 Condições de cultivo

As plantas foram cultivadas em recipientes plásticos adaptados como lisímetros com 20 L de capacidade, os quais receberam na base uma camada de 3 cm de brita e uma manta geotêxtil para evitar a obstrução do sistema de drenagem pelo material de solo. Cobrindo a superfície da base do recipiente em cada vaso foi instalada uma mangueira transparente de 4 mm de diâmetro conectada à sua base, de modo a facilitar a drenagem, sendo acoplada a um recipiente plástico para a coleta da água a ser drenada. Em seguida, foram acondicionados 24 kg de um Neossolo flúvico de textura franco-arenosa, proveniente da zona rural do município de São Domingos, PB, As características do solo foram determinadas antes da semeadura e estão descritas na Tabela 1. Os vasos foram dispostos em fileiras simples espaçadas de 1,5 e 1,0 m entre plantas na fileira.

Tabela 1. Características físicas e químicas do solo utilizado no experimento.

Características químicas								
pH (H ₂ O) (1:2,5)	M.O. g kg ⁻¹	P mg kg ⁻¹	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H ⁺
		cmol _c kg ⁻¹					
5,58	2,93	39,2	0,23	1,64	9,07	2,78	0,0	8,61
.....Características químicas.....			Características físicas.....				
CEes	CTC	RAS	PST	Fração granulométrica g kg ⁻¹			Umidade dag kg ⁻¹	
dS m ⁻¹	cmol _c kg ⁻¹	(mmol L ⁻¹) ^{0,5}	%	Areia	Silte	Argila	33,42 kPa ¹	1519,5 kPa
2,15	22,33	0,67	7,34	572,7	100,7	326,6	25,91	12,96

pH – Potencial hidrogeniônico, M.O – Matéria orgânica: Digestão Úmida Walkley-Black; Ca²⁺ e Mg²⁺ extraídos com KCl 1 M pH 7,0; Na⁺ e K⁺ extraídos utilizando-se NH₄OAc 1 M pH 7,0; Al³⁺+H⁺ extraídos utilizando-se CaOAc 0,5 M pH 7,0; CEes - Condutividade elétrica do extrato de saturação; CTC - Capacidade de troca catiônica; RAS - Relação de adsorção de sódio do extrato de saturação; PST - Percentagem de sódio trocável; ^{1,2} referindo à capacidade de campo e ponto de murchamento permanente.

A adubação com nitrogênio e fósforo foi realizada em cobertura conforme recomendação de adubação para ensaios em vasos, contida em Novais et al. (1991), colocando-se as quantidades de 100 e 300 mg kg⁻¹ de solo de nitrogênio e fósforo, respectivamente, nas formas de ureia e fosfato monoamônico (MAP); aplicados via água de

irrigação, aos 20, 30 e 40 DAS. O fator adubação potássica foi parcelado em três aplicações via fertirrigação, em intervalos de dez dias a partir dos 20 DAS, utilizando cloreto de potássio, a quantidade de adubo nos demais tratamentos foi calculada conforme a dose K3 – 100% de K₂O.

4.4 Semeadura

A semeadura ocorreu após ser elevada a umidade do solo ao nível de retenção máxima, em todas as unidades experimentais com 100% da ETr, colocando-se cinco sementes por vaso, a 2,5 cm de profundidade. Foi mantida a umidade do solo no nível equivalente ao da capacidade de campo, em todas as unidades experimentais, até a emissão da primeira folha definitiva, quando se iniciou a aplicação dos tratamentos, aos 30 DAS foi realizado o desbaste mantendo-se apenas uma planta por vaso.

4.5. Manejo de Irrigação

Após a semeadura, a irrigação foi realizada diariamente, às 17 horas, aplicando-se, em cada lisímetro, a água conforme tratamento, que compreendeu na fase vegetativa de 30 a 47 DAS, na fase de floração de 48 a 55 DAS, na fase frutificação de 56 a 90 DAS e nas fases sucessivas de floração/frutificação que foi de 48 a 90 DAS, sendo a quantidade aplicada de acordo com a necessidade hídrica das plantas, determinada pelo balanço hídrico; mensurado pelo método dos lisímetros de drenagem, ou seja, aplicando-se um volume de água conhecido nestas plantas (Va) no dia anterior a irrigação, pela manhã do outro dia era observado o volume de água drenado (Vd) e, a partir da diferença, obteve-se o consumo destas plantas (CH). A cada sete dias, um volume de água adicional foi disponibilizado às plantas para se obter uma fração de lixiviação correspondente a 15%, visando o reestabelecimento do cálculo referente à lâmina de 100% da ETr, conforme a Equação 1.

$$CH = \frac{Va - Vd}{1 - FL} \quad (1)$$

Em que: CH = consumo hídrico (ml);

Va = Volume da água aplicado às plantas no dia anterior (ml);

Vd = Volume drenado (ml);

FL = Fração de lixiviação, estimada em 15%.

4.6 Tratos culturais

No controle de plantas invasoras nos lisímetros, foram efetuadas capinas manuais durante o período de condução do experimento com o objetivo de evitar a competição interespecífica por água e nutrientes, favorecendo o desenvolvimento pleno da cultura. O controle de pragas e doenças foi realizado com defensivos químicos, conforme a necessidade. A aplicação foi realizada utilizando-se de pulverizador manual de compressão prévia, com tanque em polietileno, com capacidade volumétrica de 15 L.

4.7 Variáveis analisadas

4.7.1 Trocas gasosas

Aos 65 dias após a semeadura, foram determinadas as trocas gasosas por meio da mensuração das seguintes variáveis: condutância estomática (gs) ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), transpiração (E) ($\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$), e taxa assimilação de CO_2 (A) ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), concentração interna de CO_2 (Ci) ($\mu\text{mol mol}^{-1}$). De posse desses dados foi estimada a e a eficiência instantânea da carboxilação (EiCi) (A/Ci) [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) (\mu\text{mol mol}^{-1})^{-1}$]. Essas análises foram feitas com um determinador de trocas gasosas em plantas, contendo um analisador de gás infravermelho - IRGA (Infra Red Gás Analyser, modelo LCpro – SD, da ADC Bioscientific, UK). As leituras foram às 7:00 horas da manhã, realizadas na terceira folha totalmente expandida contada a partir da gema apical, conduzidas sob condições naturais de temperatura do ar, concentração de CO_2 e utilizando uma fonte artificial de radiação de $1200 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

4.7.2. Componentes de produção

Ao final do ciclo, aos 93 dias após a semeadura, foram avaliados os seguintes componentes de produção:

- Comprimento de vagens (CV): comprimento médio de vagens por planta (cm);
- Peso de vagem (PV): após a colheita das vagens por planta estas foram pesadas em balança analítica (g por planta);
- Número de vagens (NV): obtidos por contagem do número de vagens obtidos por planta;
- Produção de grãos (PG): foi realizada a colheita das vagens secas e em seguida postas para secar ao sol. Após a debulha manual das vagens, os grãos foram pesados em balança analítica (g por planta);

- Número total de grãos (NTG): obtidos por contagem do número de grãos obtidos por planta;
- Massa de 100 grãos (M100G): obtido pela média da massa de cem grãos colhidos aleatoriamente das parcelas, utilizando balança de precisão (g por planta).

4.8 Análise estatística

Os dados obtidos foram avaliados mediante análise de variância pelo teste 'F'. Nos casos de significância, fez-se teste de médias por Tukey ($p \leq 0,05$) para as estratégias de manejo do déficit hídrico e regressões lineares e quadráticas ($p \leq 0,05$) para as doses de potássio utilizando-se o software Sisvar (FERREIRA, 2019).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os desdobramentos da interação entre estratégias de manejo do déficit hídrico e doses de adubação potássica observa-se que plantas de feijão *Vigna* apresentaram um comportamento quadrático para condutância estomática (g_s), onde os maiores valores foram apresentados quando estas receberam adubação com 114 ($0,101 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$); 60 ($0,093 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$); 50 ($0,077 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$); 50 ($0,089 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) e 50% ($0,089 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) da dose recomendada de K_2O e manejadas sem déficit hídrico (SE), com déficit hídrico nas nas fases vegetativa (VE), floração (FL), frutificação (FR) e floração/frutificação (FL/FR), respectivamente (Figura 1A). Este é um indicativo que doses mais elevadas de K_2O , além de não mitigar os efeitos negativos do estresse hídricos nas plantas de feijão *Vigna* em todas as fases fenológicas, podem intensificar o fechamento estomático pois, nessas condições, as plantas reduzem a g_s para evitar perda excessiva de água para atmosfera, pois produzem maior quantidade de ácido abscísico (ABA), hormônio responsável pela redução da pressão de turgor das células guardas, que quando ficam flácidas fecham seus estômatos (COSTA et al., 2019). Este é um mecanismo de defesa da planta para garantir sua sobrevivência em condições de estresses abióticos (VIÇOSI et al., 2017). Carvalho et al. (2022), também encontraram reduções da g_s em feijão *Vigna* quando submetidos a diferentes níveis de irrigação (100, 50, 25 e 0% da ETc) em três estádios fenológicos reprodutivos (R7, R8 e R9), com decréscimos de 58,82 (R7), 83,57 (R8) e 84,87% (R9). A intensificação dos efeitos do estresse hídrico na g_s em função do aumento das doses de K_2O pode ter provocado devido ao efeito antagônico com outros nutrientes como NH_4^+ , B, Mo e Mn, que são necessários na produção de substâncias osmorreguladoras como prolina e glicina betaína, causando diversos distúrbios fisiológicos que impedem o ajustamento osmótico das plantas (FRANÇA et al., 2022).

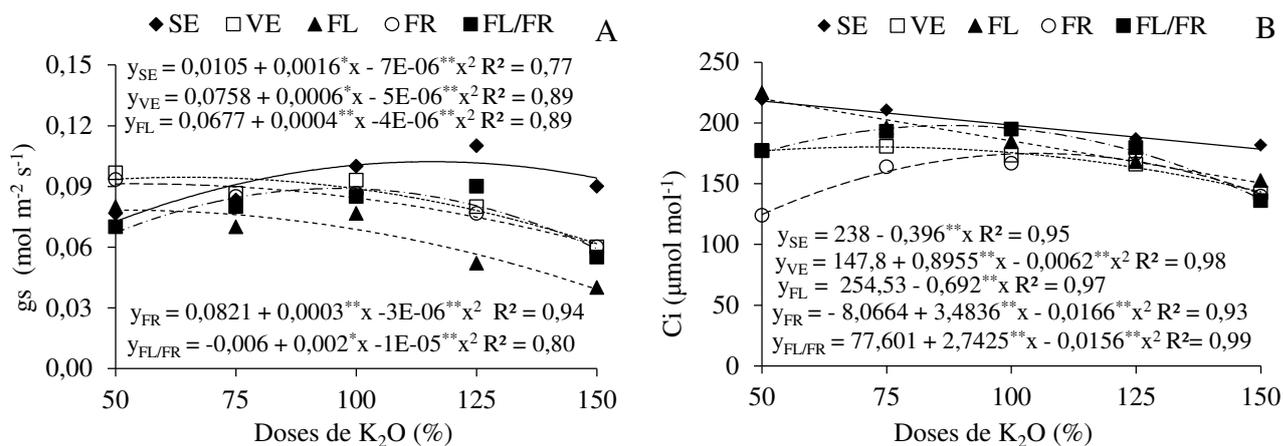


Figura 2. Desdobramento da interação entre as estratégias de manejo do déficit hídrico e doses de adubação potássica para condutância estomática - g_s (A) e concentração interna de CO_2 - C_i (B) do feijão Vigna, aos 65 dias após a semeadura.

Seguindo as mesmas tendências das respostas das plantas de feijão Vigna ao estresse hídrico nas diferentes fases fenológicas em função de doses de K_2O para g_s , os dados para concentração interna de CO_2 (C_i) ajustaram-se ao modelo quadrático para estresse hídrico nas fases vegetativa (VE), frutificação (FR) e floração/frutificação (FR/FL), com maiores valores constatados para as doses de adubações de 72 ($180,13 \mu mol mol^{-1}$); 105 ($174,69 \mu mol mol^{-1}$); 88% da recomendação de K_2O ($198,13 \mu mol mol^{-1}$). Já os menores valores de C_i foram observados em plantas adubadas com 150 ($142,62 \mu mol mol^{-1}$); 50 ($124,61 \mu mol mol^{-1}$) e 150% da doses de K_2O recomendada ($137,97 \mu mol CO_2 mol^{-1}$) quando submetidas a estresse hídricos em VE, FR e FR/FL, respectivamente. As plantas receberam 100% da Evapotranspiração Real durante todas as fases fenológicas (SE) e estresse hídrico na fase de floração (FL), tiveram sua C_i reduzidas em 4,15 e 6,79% em função do aumento de 25% de K_2O , respectivamente (Figura 2B). As reduções da C_i causadas em plantas de feijão Vigna pelas doses elevadas de K_2O associadas ao estresse hídrico nas diferentes fases fenológicas, assim também como em SE é um reflexo do fechamento estomático observado nessas condições (Figura 2A), que resultou em menor captação de CO_2 pelas células subestomáticas. Em feijão carioca observou-se, segundo estudos realizados por Santos (2021), que o estresse hídrico na fase de floração apresentou maior média de C_i estimada ($717,57$), seguida pelo déficit hídrico na fase de enchimento de grãos ($430,55$); sem déficit hídrico nas plantas ($306,37$) e déficit hídrico na fase vegetativa ($185,44 \mu mol CO_2 mol^{-1}$).

O fechamento estomático observado nas plantas de feijão *Vigna* sob doses mais altas de K_2O e estresse hídrico nas fases fenológicas (Figura 2A) também ocasionaram reduções na transpiração (E), onde constatou-se que os maiores valores de E em plantas de feijão *Vigna* adubadas com 72 (1,70884); 98 (2,5644); 100 (2,4741); 80 (2,094) e 107% de K_2O (1,8179 $mmol$ de H_2O $m^{-2} s^{-1}$) e irrigadas com 100% da ETr (SE), irrigadas com 50% da ETr nas fases vegetativa (VE), de floração (FL), de frutificação (FR) e na relação fase floração/frutificação (FL/FR), respectivamente. Esses valores correspondem a um acréscimo de 85,88; 67,58; 59,10; 52,63; 82,32% em relação aos menores valores encontrados, que foram em plantas que receberam adubação com a dose recomendada de 150 (1,46) 150 (1,73); 50 (1,46); 150 (1,10) e 50% de K_2O (1,49 $mmol$ de H_2O $m^{-2} s^{-1}$) nas estratégias de manejo SE, VE, FL, FR, FL/FR, respectivamente (Figura 2A). Vale salientar que as plantas de feijão *Vigna* submetidas ao estresse hídrico na fase vegetativa apresentaram maiores médias para E, semelhantemente ao comportamento apresentado pela *gs* (Figura 2A). Uma baixa transpiração ocasiona decréscimos na absorção de água e nutrientes, pois a transpiração gera uma pressão positiva nas raízes que absorvem estes solutos e os transporta-os pelo xilema, além de controlar a temperatura foliar, portanto, taxas menores de E podem causar estresse hídrico, nutricional e térmico (JACINTO JUNIOR; LUCENA, 2022).

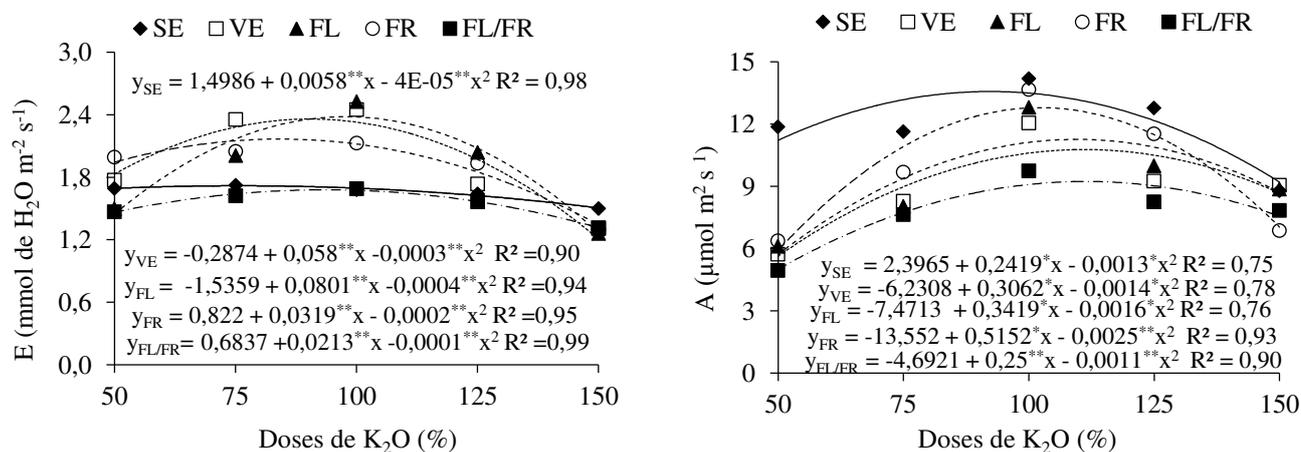


Figura 3. Desdobramento da interação entre as estratégias de manejo do déficit hídrico e doses de adubação potássica para transpiração (E) e assimilação de CO₂ - A (B) do feijão *Vigna*, aos 65 dias após a semeadura.

Constata-se na Figura 3B, que os dados para assimilação de CO₂ (A) mostraram comportamento quadrático, onde as plantas que cultivadas sem estresse hídrico (SE), com estresse hídrico nas fases: vegetativa (VE), floração (FL), frutificação (FR) e

floração/frutificação (FL/FR) com adubações de 93 (13,64); 109 (10,51); 107 (10,79); 103 (12,99) e 114% da dose de K_2O ($9,51 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), respectivamente, apresentaram maiores valores médios estimados. As plantas de feijão *Vigna* adubadas com 150 (9,43); 50 (5,57); 50 (5,62); 50 (5,95) 50% da dose de K_2O ($5,05 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) apresentaram os valores mais inferiores, correspondente a reduções de 69,13; 52,99; 52,08; 45,80 e 53,10% para as estratégias SE, VE, FL, FR e FL/FR, respectivamente, quando comparado o maior e menor valor estimado. A adubação que apresentou melhor desempenho para A mostrou-se em torno de 100% em todas as fases fenológicas das plantas de feijão submetidas a estresse hídrico, esse comportamento assemelha-se ao encontrado na gs e Ci, fato que pode ser explicado pela maior abertura estomática e captação de CO_2 em plantas de feijão nessas condições, refletindo em uma maior assimilação de carbono, tendo em vista que esta é uma planta de metabolismo C3, que necessita ficar mais tempo com os seus estômatos abertos para que haja a fixação de CO_2 pela Rubisco no ciclo de Calvin (SOUZA et al., 2020). Todavia, as plantas que receberam estresse hídrico nas fases VE, FR, FL e FL/FR assimilaram menos carbono quando submetidas a adubação com 50% de K_2O (Figura 3B), o que não ocorreu para VE, provavelmente por que o K participa da ativação de enzimas envolvidas no processo de assimilação de CO_2 , como a Rubisco, necessária nas reações de assimilação de CO_2 (PEREIRA FILHO et al., 2018).

Conforme Figura 4A, a eficiência instantânea de carboxilação (EiCi) apresentou melhor desempenho em plantas adubadas com 125% (0,086); 92 (0,049), 68 (0,063) e 86% da dose recomendada de K_2O (0,054) quando irrigadas com 100% da ETr, 50% da ETr nas fases vegetativas (VE), de floração (FL), frutificação (FR) e na relação floração / frutificação (FL/FR), respectivamente. Também foi observado, redução linear de 9,09% de EiCi por aumento de 25% das doses de K_2O em plantas de feijão *Vigna* que foram irrigadas com 100% da ETr. De acordo com Dultra et al. (2015), a EiCi possui estreita relação com a Ci e A, portanto, tais resultados são reflexo do comportamento apresentado por essas variáveis, onde observa-se no presente trabalho que doses maiores de K_2O podem ter intensificado os efeitos negativos do estresse hídrico nas trocas gasosas foliares (SOUZA et al., 2020).

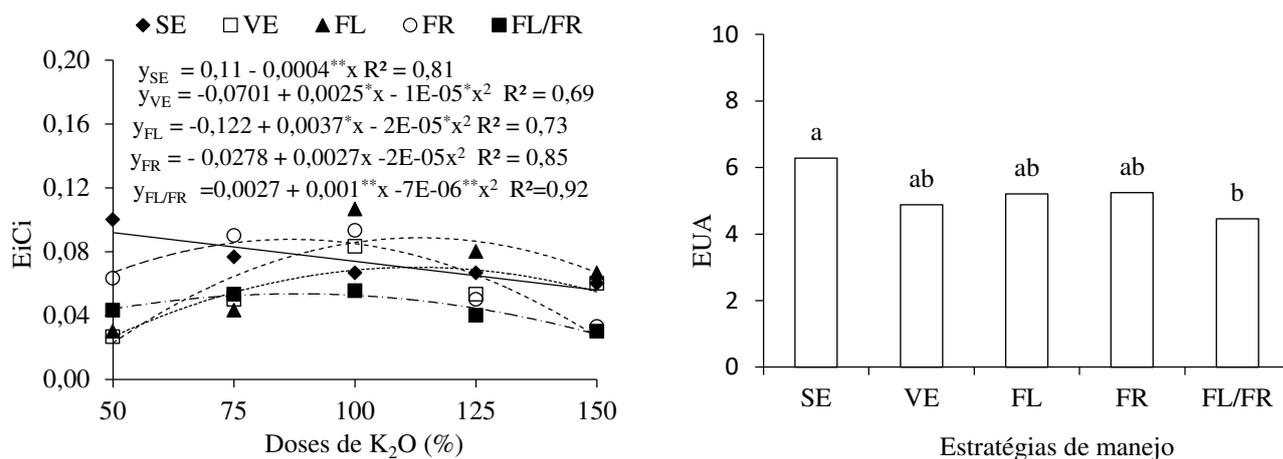


Figura 4. Desdobramento da interação entre as estratégias de manejo do déficit hídrico e doses de adubação potássica para Eficiência instantânea de carboxilação – EiCi (A) e eficiência no uso da água - EUA (B) do feijão Vigna, aos 65 dias após a semeadura.

Com relação a variável eficiência instantânea no uso da água (EUA), maiores valores ocorreram em plantas que não passaram por estresse hídrico, ou seja, irrigadas com 100% da ETr (SE) com média estimada de $6,27 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Tal valor não diferiu estatisticamente dos que foram apresentados pelas plantas de feijão Vigna que foram manejadas com estresse hídrico nas fases vegetativa (4,82), floração (5,20) e frutificação ($5,24 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$). A menor média encontrada para EUA foram para a variável relação estresse hídrico na fase floração / frutificação ($4,45 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), o que corresponde a um decréscimo de $1,82 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, quando comparado a maior média encontrada em SE, mas não diferiu estatisticamente dos valores apresentados em VE, FL e FR (Figura 3B). Estudo que avaliou efeito da aplicação de diferentes lâminas de irrigação com água salobra e diferentes doses de potássio em sorgo, observou-se que as maiores doses de potássio (30 e 40 kg ha^{-1} de K₂O; 150 e 200% da dose recomendada para a cultura, respectivamente), proporcionou o aumento da eficiência intrínseca no uso da água e a lâmina de irrigação com 886 mm aplicada (correspondente a reposição de 160% da ETr), proporcionou acréscimo substancial na eficiência momentânea no uso da água, em relação as demais lâminas aplicadas (FEITOSA, 2019).

Ocorreu efeito quadrático para comprimento de vagem (CRV), onde os maiores valores apresentados foram em plantas de feijão Vigna adubadas com as doses estimadas de 108 (14,16); 98 (14,24); 91 (14,99); 84 (14,54) e 63% de K₂O (14,02 cm) e irrigadas com 100 da ETr (SE) e 50% da ETr nas fases vegetativa (VE), de floração (FL), de frutificação (FR) e na relação floração/frutificação (FL/FR), respectivamente. Os menores CRV foram obtidos

nas plantas cujas doses e manejo de irrigação foram: 50 (SE); 150 (VE); 150 (FL); 150 (FR) e 150% de K₂O (FL/FR), com médias de 12,49; 13,17; 12,19; 12,39 e 10,26 cm, respectivamente. Esses valores equivalem a um decréscimo de 1,67 (SE); 1,07 (VE); 2,8 (FL); 2,15 (FR) e 3,76 cm (FL/FR), quando comparados o maior e o menor valor encontrados para cada manejo da irrigação estudados (Figura 4A). Avaliando diferentes lâminas de irrigação (25, 50, 75, 100, 125%) em feijão Vigna. Silva et al. (2017) constataram que, o comprimento da vagem apresentou eficiência máxima quando as plantas do feijão Vigna receberam a aplicação de 121% de água e a largura da vagem respondeu satisfatoriamente até a lâmina de 100% da ETc, todavia a lâmina de 125% da ETc houve uma redução da largura.

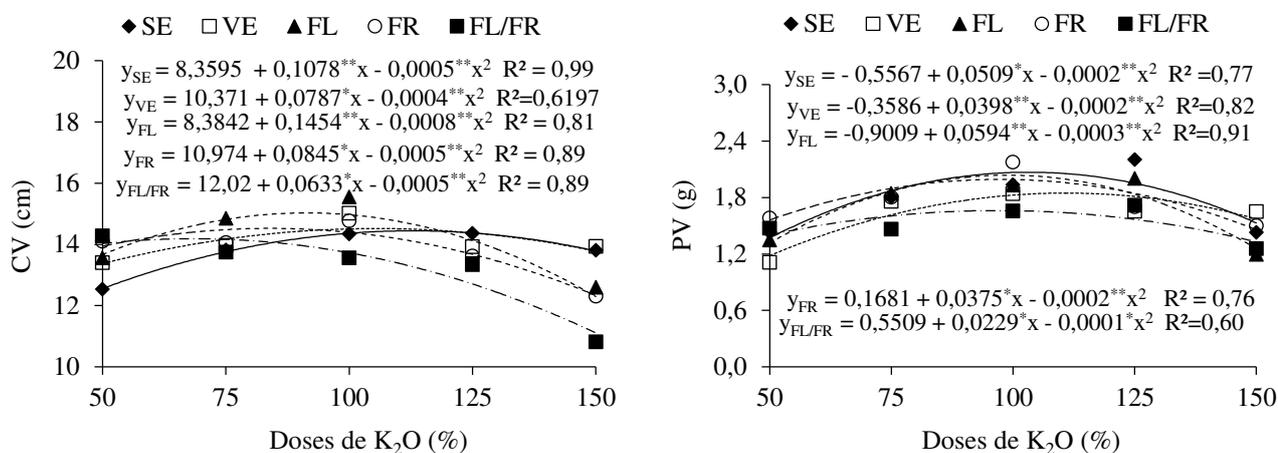


Figura 5. Desdobramento da interação entre as estratégias de manejo do déficit hídrico e doses de adubação potássica para comprimento de vagem - CRV (A) e peso da vagem - PV(B) do feijão Vigna, aos 93 dias após a semeadura.

Conforme Figura 5B, o peso de vagem (PV) das plantas de feijão Vigna foi acrescido até as doses estimadas 127 (2,68); 100 (1,62); 99 (2,03), 94 (1,92 g) e 115% de K₂O (1,86 g) associadas ao manejo da irrigação sem estresse hídrico (SE), com estresse hídrico nas fases vegetativa (VE), floração (FL) e floração/frutificação (FL/FR), respectivamente, onde a partir deste valor, observa-se um decréscimo. Os valores das doses estimadas em 50 (1,48); 150 (1,11); 150 (1,25); 150 (1,29) e 50% da recomendação de K₂O (1,44 g) ocasionaram menor PV, com reduções de 55,22; 68,51; 61,07; 67,18 e 77,41% em relação ao maior valor estimados para SE; VE; FL; FR e (FL/FR), respectivamente. Ressalta-se que as plantas submetidas ao estresse hídrico nas fases vegetativas, floração e frutificação também tiveram sua gs (Figura 1A) afetadas negativamente pela adubação com 150% da dose recomendada de

K₂O, competindo com a absorção dos nutrientes necessários para a formação das vargens (GUERRA et al., 2020).

Conforme figura 5A, ocorreu efeito quadrático para os dados de número de vargens (NV) com maiores valores encontrados para as doses estimadas 91 (14,52); 97 (7,87); 103 (10,72); 92 (8,15) e 98% de K₂O (8,98) para irrigação sem estresse hídrico (SE) e com estresse hídrico nas fases vegetativa (VE), de floração (FL), frutificação (FR) e na relação floração / frutificação (FR/FL). Já os menores valores estimados para NV foram obtidos em plantas adubadas com 150 (11,41); 150 (3,10); 50 (5,62); 150 (3,42) e 150% de K₂O (5,96) associados a irrigação com SE; VE; FL; FR e FL/FR; respectivamente. É importante salientar que as plantas com tratamento SE foram superiores aquelas sob condições de estresse hídrico nas fases fenológicas, como por exemplo, em relação as plantas estressadas na fase de frutificação, observa-se um decréscimo de 6,37 g quando comparadas as maiores médias encontradas nessas fases, pois as plantas de feijão Vigna em condições de estresse abióticos podem reduzir emissão de vargens em consequência da menor absorção de água e nutrientes, como forma de estratégia, para garantir alocação de nutrientes necessários para o enchimento de grãos (POHLMANN et al., 2022).

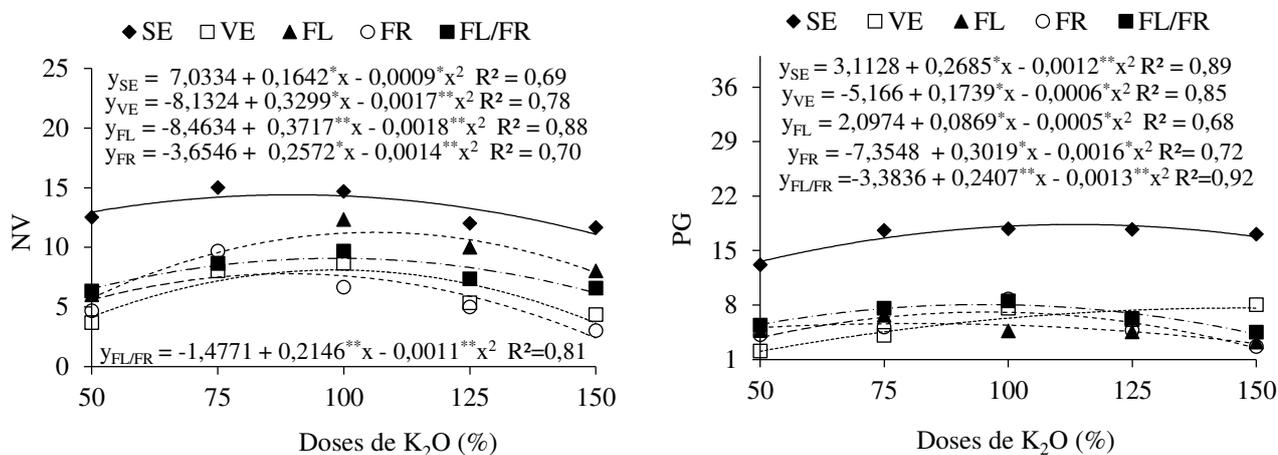


Figura 6. Desdobramento da interação entre as estratégias de manejo do déficit hídrico e doses de adubação potássica para número de vagem - NV (A) e peso de grãos – PG (B) do feijão Vigna, aos 93 dias após a semeadura.

Constata-se na Figura 6B, que os dados para peso de grãos (PG) mostrou um comportamento quadrático, atingindo os maiores peso de grãos (18,13; 7,43; 5,87; 6,88 e 7,75 g) com adubação potássica de 112; 145; 87; 94 e 93% de K₂O em cada estratégia de manejo, respectivamente. Esses resultados corroboram com as variáveis NV e CRV que foram

afetadas negativamente pela baixa disponibilidade hídrica nas fases fenológicas, que causa diversas alterações nos processos fisiológicos com fechamento estomático (Figura 1A), baixa transpiração (Figura 2A) e assimilação de CO₂ (Figura 2B) e, conseqüentemente, pode ter gerado baixa fotossíntese e acúmulo de fotoassimilados necessários para o enchimento dos grãos (FREITAS et al., 2017).

O aumento no fornecimento de K₂O proporcionou reduções lineares no número total de grãos de feijão (NTG) de 11,06; 7,39; 10,00; 8,13 e 7,55% por aumento de 25% de K₂O, quando estas foram associadas aos respectivos manejos da irrigação sem estresse hídrico (SE) e com estresse hídrico nas fases vegetativa (VE), de floração (FL), frutificação (FR) e na relação floração/frutificação (FR/FL). Diversas anomalias a níveis fisiológicos são constatadas em plantas de feijão *Vigna* em decorrência de estresse abiótico, como a produção excessiva de espécies reativas de oxigênio, a exemplo radical superóxido (O₂^{•-}) e o peróxido de hidrogênio (H₂O₂), que surgem da instabilidade de elétrons desemparelhados, causando a oxidação de estruturas de membranas celulares, incluindo o ácido desoxirribonucléico (JALES FILHO et al., 2022).

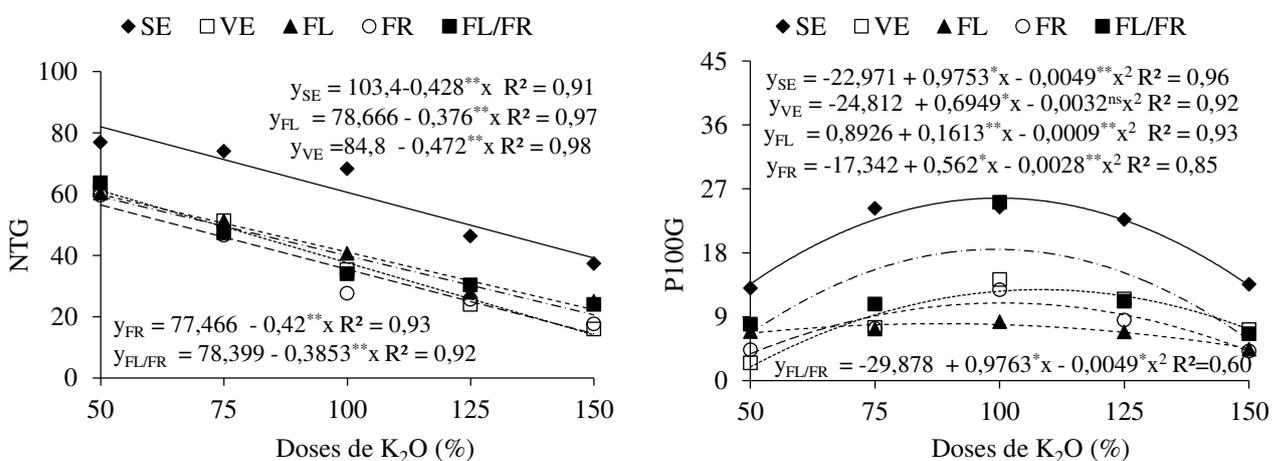


Figura 7. Desdobramento da interação entre as estratégias de manejo do déficit hídrico e doses de adubação potássica para número total de grãos - NTG (A) e peso de 100 grãos - P100G (B) do feijão *Vigna*, aos 93 dias após a semeadura.

Para os dados da variável peso de 100 grãos (P100G), ocorreu um comportamento quadrático com acréscimos para os tratamentos com irrigação sem estresse hídrico (SE) e 100 (25,55); com estresse hídrico na fase vegetativa (SE) e 109 (12,91); com estresse hídrico na fase de floração e 90 (8,11); estresse hídrico na frutificação (FR) e 100 (10,85) e na relação floração / frutificação (FL/FR) e 100% da dose recomendada de K₂O (18,75 g) que a partir

desse ponto observa-se uma redução dos valores. Para cada manejo da irrigação com e sem estresse hídrico, as menores médias estimadas de P100G foram de 13,07 (150); 1,93 (50); 4,83 (150); 3,75 (50) e 6,31 g (150% de K_2O) para as plantas que receberam manejo da irrigação em SE; VE; FL; FR e FL/FR; respectivamente. Esses valores representam, dentro de cada estratégia de manejo da irrigação reduções de 12,48 (SE); 6,18 (VE); 3,28 (FL); 7,1 (FR) e 1,8 g de P100G (FL/FR), quando comparados ao maior valor médio estimado. De acordo com estudos realizados por Hara et al. (2020), observou-se decréscimo linear do P100G de feijão Vigna em função do aumento da capacidade de campo do solo durante a fase vegetativa (0, 20, 40, 60, 80 e 100%), onde ocorreu um aumento de 54% no peso de 100 grãos (8,6 g) quando se manteve o solo em 100% da sua capacidade de campo comparado com as plantas mantidas em apenas 20% da capacidade de campo (5,6 g). Em estudo que avaliou quatro níveis de irrigação (40, 60, 80 e 100% de irrigação para capacidade de vaso) e dois níveis de adubação (com e sem uso de adubos a base de NPK), foi observado que o nível de irrigação não influenciou o P100G e que a adubação com NPK aumentou em 17,7% esta variável, chegando a 23,4 g (GUIMARÃES et al., 2020).

6. CONCLUSÕES

A dose de 150% de K_2O , em plantas de feijão *Vigna*, intensifica os efeitos negativos do estresse hídrico, reduzindo a condutância estomática, o comprimento de vargens, peso de vagem e no número total de grãos em todas as fases fenológicas.

O manejo da irrigação de plantas de feijão *Vigna*, com 50% da ETr, não ocasionou diferença significativa para a eficiência instantânea no uso da água entre as fases fenológicas estudadas.

O feijão *Vigna* adubado com 50% da dose recomendada de K_2O teve as menores taxas de assimilação de CO_2 quando submetidas a estresse hídrico nas fases vegetativa, de floração e de frutificação.

7. REFERÊNCIAS

- ARAÚJO JÚNIOR, G. N. A.; GOMES, F. T.; SILVA, M. J.; JARDIM, A. M. F. R.; SIMÕES, V. J. L. P.; IZIDRO, J. L. P. S.; LEITE, M. L. M.P.; TEXEIRA, V. I.; SILVA, T. G. F. Estresse hídrico em plantas forrageiras: Uma revisão. **Pubvet**, v. 13, p. 148, 2018.
- ARAÚJO, E. D. **Silício como atenuador do estresse hídrico em feijão-caupi por meio de mecanismo antioxidante e desempenho agrônômico**. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias (PPGCA), Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2017.
- BASTOS, E. A; ANDRADE, J. A. S.; NOGUEIRA, C. C. P. **Cultivo de feijão-caupi**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária: Brasília, Brazil, 2017. 2p.
- BATISTA, G. S. **Resistência de genótipos de feijão-caupi a *Callosobruchus maculatus* (fabr.)**. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Bioenergia e Grãos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Rio Verde - GO, 2021.
- CARVALHO, E. D. O. T. de; COSTA, D. L. P., VIEIRA, I. C. de O.; FERREIRA, B. G.; NUNES, H. G. G. C. Índice de estresse hídrico do feijão-caupi em diferentes disponibilidades hídricas em Castanhal-PA. **Revista Caatinga**, v.35, p.711-721, 2022.
- COELHO, J. B. M.; BARROS, M. de F. C.; BEZERRA NETO, E.; CORREA, M. M. Comportamento hídrico e crescimento do feijão vigna cultivado em solos salinizados. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.4, p.379-385, 2013.
- COSTA, D. L. P. da; TAKAKI, A. Y.; FARIAS, V. D. da S.; TEIXEIRA; E. de O. NUNES, H. G. G. C.; SOUZA, P. J. de O. P. de. Stomatal Conductance of Cowpea Submitted to Different Hydric Regimes in Castanhal, Pará. **Brazil. Journal of Agricultural Studies**, v.8, p.138-149, 2019.
- DUTRA, A. F.; MELO, A. S. de; FILGUEIRAS, L. M. B., SILVA, Á. R. F. da; OLIVEIRA, I. M. de; BRITO, M. E. B. Parâmetros fisiológicos e componentes de produção de feijão-caupi cultivado sob deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.10, p.189-197, 2015.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **BRS Marataoã – Cultivar de Feijão-Caupi com Grão Sempre Verde para o Amazonas**. Manaus, AM. Embrapa Comunicado Técnico, 2014.

- FAROOQ, M.; WAHID, A.; KOBAYASHI, N. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. **Agronomy for Sustainable Development**, v.29, p.185-212, 2009.
- FEITOSA, D. R. C. **Trocas gasosas, crescimento e produção de sorgo sacarino sob lâminas de irrigação com água salobra e doses de potássio**. 2019. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, URFPE, Recife-PE, 2019.
- FERREIRA, D. F. SISVAR: A computer analysis system to fixed effects split-plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, v.37, p.529-535, 2019.
- FRANÇA, G. M.; FREIRE, A. L. de O.; BATISTA, A. W.; FERREIRA, C. D.; FERREIRA, D. R. dos S. O potássio atenua os efeitos do déficit hídrico em mudas de pereiro (*Aspidosperma pyriforme* Mart. & Zucc.). **Conjecturas**, v.22, p.266-277, 2022.
- FRANÇA, P. H. T.; SILVA, E. C. A.; SILVA, T. C.; BRASIL, N. A.; NOGUEIRA, R. J. M. C. Análise fisiológica em mudas de guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambess) submetidas ao déficit hídrico. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 13, p. 264-269, 2017.
- FREITAS, R. M. O.; DOMBROSKI, J. L. D.; FREITAS, F. C. L. de.; NOGUEIRA, N. W., PINTO, J. R. de S. Respostas fisiológicas de feijão-caupi sob estresse hídrico e reidratação em plantio direto e convencional. **Revista Caatinga**, v.30, p.559-567, 2017.
- GUERRA, A. M. N. de M.; SILVA, M. G. M.; EVANGELISTA, R. S.; SANTOS, E. B. dos. Parcelamento de doses de K₂O sobre a produção de feijão-caupi. **Scientia Plena**, v.16, p.138-149, 2020.
- GUIMARÃES, D. G.; OLIVEIRA, L. M.; GUEDES, M. O.; FERREIRA, G. F. P.; PRADO, T. R.; AMARAL, C. L. F. Desempenho da cultivar de feijão-caupi BRS Nova era sob níveis de irrigação e adubação em ambiente protegido. *Cultura Agrônômica*, v.29, p.61-75, 2020.
- HARA, F. A. dos S.; SERUDO, R. N.; VENDRUSCOLO, J.; INÁCIO, A. C. F.; MOURA, R. P. de M. Resposta do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.) a diferentes níveis de reposição de água na fase vegetativa. **Research, Society and Development**, v.11, e15311629013, 2022.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Estatística da Produção Agrícola Setembro de 2017**. Disponível em: https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa_201709_6.shtm. Acesso em: 24 jan. 2023.

- JACINTO JUNIOR, S. G. J.; LUCENA, E. M. P. de. Alterações morfofisiológicas e metabólitos secundários produzidos por feijoeiros submetidos ao estresse hídrico: uma revisão integrativa. **Research, Society and Development**, v.11, p.1-16, 2022.
- JALES FILHO, R. C.; MELO, Y. L.; VIÉGAS, P. R.; OLIVEIRA, A. P. S.; ALMEIDA NETO, V. E.; FERRAZ, R. L. S.; MELO, A. S. Ácido salicílico e prolina modulam tolerância ao estresse hídrico em variedade tradicional de feijão-caupi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.27, p.18-25, 2022.
- MEDEIROS, M. D.; DUTRA FILHO, J. A.; LUNA, R. G.; SOUTO, L. S., SANTOS, A. S.; OLIVEIRA, O. H. Estudos biométricos em feijão-caupi no Município de Pombal–PB. **Ciências Rurais em foco**. v. 3, p.168-174, 2021.
- MELO, A. S; SILVA, A. R. F; DUTRA, A. F; DUTRA, W. F; FRANCISCO, V. S. S; ROCHA, M. M. Crescimento e pigmentos cloroplastídicos de genótipos de feijão Vigna sob déficit hídrico. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.12, n. 3, p. 2579-2591, 2018.
- MOSTAFAZADEH-FARD, B.; KAVEI-DEYLAMI, R.; SAGHAIAN-NEJAD, S. H.; JALALIAN, J. The comparison of advance and erosion of meandering furrow irrigation with standard furrow irrigation under varying furrow inflow rates. **Irrigation and Drainage Systems**, v.23, n. 2, 181-190, 2009.
- NASCIMENTO, S. P.; BASTOS, E. A.; ARAUJO, E. C. E.; FREIRE FILHO, F. R.; SILVA, E. M. Tolerância ao déficit hídrico em genótipos de feijão-caupi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.8, p.853- 860, 2011.
- NOVAIS, R. F.; NEVES, J. E. L.; BARROS, N. F. Teores de nutrientes a serem adicionados ou atingidos em ensaios de vaso In: OLIVEIRA, A. J.; GARRIDO, W. E.; ARAÚJO, J. D.; LOURENÇO, S. **Métodos de pesquisa em fertilidade do solo**. p. 195-195, 1991.
- PAULINO, M. A. R.; MOLINA, L. S.; STEINER, F. Adubação potássica para amenizar os efeitos adversos da deficiência hídrica nas culturas do feijão-caupi e feijão mungo-verde. **Anais do ENIC**, n.3, 2021.
- PEREIRA FILHO, J. V.; PEREIRA, C. C. M. D. S.; CHAGAS, K. L.; LESSA, C. I. N.; SOUSA, G. G. de. Acúmulo de solutos inorgânicos do feijão caupi irrigado sob estresse salino e hídrico. **Irriga**, v.1, p.1-5, 2018.
- PETTIGREW, W. T. Potassium influences on yield and quality production for maize, wheat, soybean, and cotton. **Physiologia Plantarum**, v.133, p.670-81. 2008.

- POHLMANN, V.; LAZZARI, M.; KNIES, A. E.; FERNANDES, D. M.; LUDWIG, F. Silício foliar na tolerância ao déficit hídrico no feijão. **Revista Ciência Agrícola**, v.20, p.25-32, 2022.
- RODRIGUES, L. G., NERY, A. R., SOUSA, F. R. R.; RODRIGUES, L. N. Coeficientes de uniformidade em aspersores de baixa vazão com diferentes arranjos e altura da haste. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.14, n.2, p.170-180, 2019.
- SANTOS, R. M. **Resposta produtiva do feijão carioca (*Phaseolus vulgaris* L. TAA DAMA) sob déficit hídrico em diferentes fases fenológicas**. 2021. Dissertação (Mestrado em agronomia – Engenharia agrícola) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho, UNESP, Botucatu - SP, 2021.
- SCHMIDT, D. M. **Variabilidade climática da disponibilidade hídrica na região semiárida do estado do Rio Grande do Norte**. Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ, v. 41, p. 483-491. 2018.
- SILVA, M. P. B. e. **Importância do potássio na cultura do feijão**. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC). Centro universitário de Anápolis – UniEVANGÉLICA, 2020. 23p.
- SILVA, C. F.; MOURA, M. F.; VILELA, Á. R. R.; ARAÚJO, M. B.; MARQUES, J. D. S. Produção de feijão-caupi em função do emprego de inoculante e adubos orgânicos e mineral. **Diversitas Journal**, v. 4, p. 1130-1145, 2019.
- SILVA, A. C.; VASCONCELOS, P. L. R.; ANDRADE MELO, L. D. F.; SILVA, V. S. G.; JÚNIOR, J. L. D. A. M.; BRITO SANTANA, M. Diagnóstico da produção de feijão-caupi no Nordeste brasileiro. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 16. 2018.
- SILVA, B. D. C. **Consequências do suprimento de B e déficit hídrico em plantas jovens de paricá (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*)**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Agronomia) – Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA, Paragominas-PA, 2018.
- SILVA, D. C. O.; ALVES, J. M. A.; UCHÔA, S. C. P.; SOUSA, A. A.; BARRETO, G. F.; SILVA, C. N. Curvas de crescimento de plantas de mandioca submetidas a doses de potássio. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 60, p. 158-165, 2017.
- SOARES, L. A. A.; MEDEIROS, T. L. F.; CALMAN, V. C. G.; PALMEIRA, I. V. S.; SILVA, I. J, S.; LUCENA, R. C. Estratégias de irrigação com déficit hídrico nos estádios fenológicos do feijão-caupi sob adubação potássica. **Irriga**, v. 26, n. 1, p. 111-122, 2021.
- SOUZA, N. B.; SOUZA, T. G.; FRANCELINO, F. M. A.; MANHÃES, C. M. C.; SILVA, M. P. S.; COELHO, F. C. **Avaliação do desempenho dos componentes de produção de**

cultivares feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L.) em Pedro Afonso–TO. 12^a JICE-Jornada de Iniciação Científica e Extensão. Instituto Federal do Tocantins. 2021.

SOUZA, P. J. D. O. P. D.; FERREIRA, D. P.; SOUSA, D. D. P.; NUNES, H. G. G. C.; BARBOSA, A. V. C. Trocas gasosas do feijão-caupi cultivado no Nordeste Paraense em resposta à deficiência hídrica forçada durante a fase reprodutiva. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.35, p.13-22, 2020.

SOUZA, P. J. D. O. P. D.; FERREIRA, D. P.; SOUSA, D. D. P.; NUNES, H. G. G. C.; BARBOSA, A. V. C. Trocas gasosas do feijão-caupi cultivado no Nordeste Paraense em resposta à deficiência hídrica forçada durante a fase reprodutiva. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.35, n.1, p.13-22, 2020.

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

VIÇOSI, K. A.; FERREIRA, A. A. S.; OLIVEIRA, L. A. B. de; RODRIGUES, F. Estresse hídrico simulado em genótipos de feijão, milho e soja. **Revista de Agricultura Neotropical**, v.4, n.5, p.36-42, 2017.