

ESTRATÉGIAS DE IRRIGAÇÃO COM DÉFICIT HÍDRICO NOS ESTÁDIOS FENOLÓGICOS DO FEIJÃO-CAUPI SOB ADUBAÇÃO POTÁSSICA

LAURIANE ALMEIDA DOS ANJOS SOARES¹; THAMARA LAYSE FREITAS MEDEIROS²; VICTORIA CRISTINA GOMES COLMAN³; IRLAN VICTOR DE SOUSA PALMEIRA⁴; IDELVAN JOSÉ DA SILVA⁵ E ROMULO CARANTINO LUCENA MOREIRA⁶

¹ Unidade Acadêmica de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Campina Grande, UFCG, Rua Jario Vieira Feitosa, 1770, Bairro dos Pereiros, Pombal, PB, Brasil. E-mail: laurispo.agronomia@gmail.com

² Unidade Acadêmica de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Campina Grande, UFCG, Rua Jario Vieira Feitosa, 1770, Bairro dos Pereiros, Pombal, PB, Brasil. E-mail: thamaraamedeiross@gmail.com

³ Unidade Acadêmica de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Campina Grande, UFCG, Rua Jario Vieira Feitosa, 1770, Bairro dos Pereiros, Pombal, PB, Brasil. E-mail: vikcolman@gmail.com

⁴ Unidade Acadêmica de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Campina Grande, UFCG, Rua Jario Vieira Feitosa, 1770, Bairro dos Pereiros, Pombal, PB, Brasil. E-mail: irlan7764@gmail.com

⁵ Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, UFCG, Rua Aprígio Veloso, 882 -Universitário, Campina Grande, PB, Brasil. E-mail: idelvan3@hotmail.com

⁶ Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, UFCG, Rua Aprígio Veloso, 882 -Universitário, Campina Grande, PB, Brasil. E-mail: romulocarantino@gmail.com

1 RESUMO

Em regiões semiáridas, a deficiência hídrica é o principal fator ambiental que influencia o rendimento das plantas, nestas regiões 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 a morfologia e a partição de fitomassa do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L.), cultivar BRS Marataoã, quando submetido a estratégias de manejo do déficit hídrico nos diferentes estádios fenológicos da cultura e doses de adubação potássica. Utilizou-se o delineamento estatístico em bloco ao acaso, em esquema fatorial 5 x 5, com três repetições, sendo os tratamentos definidos em função das cinco doses de adubação potássica (50, 75, 100, 125 e 150% de K₂O) associadas a cinco estratégias de manejo do déficit hídrico nos diferentes estádios fenológicos da cultura. A aplicação do déficit hídrico associado às doses de potássio favoreceu o crescimento e o acúmulo de fitomassa na fase de floração. Doses crescentes de potássio quando associadas ao déficit hídrico nas fases de floração e frutificação comprometem o número de vagens e comprimento de vagens. Nas fases iniciais do desenvolvimento do feijão-caupi, pode ser aplicada irrigação com déficit hídrico sem que haja perdas significativas nos componentes de produção.

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

SOARES, L. A. dos A.; MEDEIROS, T. L. F.; COLMAN, V. C. G.; PALMEIRA, I. V. de S.; SILVA, I. J. da; MOREIRA, R. C. L.
IRRIGATION STRATEGIES WITH WATER DEFICIT IN THE PHENOLOGICAL STAGES OF THE COWPEA UNDER POTASSIC FERTILIZATION

2 ABSTRACT

In semi-arid regions, water deficiency is the main environmental factor that influences the yield of plants, in these regions the proper management of resources is essential in order to guarantee the sustainability of the production system. Thus, this study aimed to evaluate the morphology and phytomass partition of cowpea (*Vigna unguiculata* L.), to cultivate BRS Marataoã, when submitted to water deficit management strategies in different phenological stages of the crop and fertilization doses potassium. A randomized block design was used, in a 5 x 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 K₂O) associated with five water deficit management strategies at the different phenological stages of the crop. The application of water deficit associated with potassium doses favored the growth and accumulation of phytomass in the flowering phase. Increasing doses of potassium when associated with water deficit in the flowering and fruiting stages compromise the number of pods and pod length. In the early stages of the development of cowpea, irrigation with water deficit can be applied without significant losses in the production components.

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

3 INTRODUÇÃO

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L.) leguminosa originária do continente africano, é amplamente utilizado em várias regiões brasileiras devido ao alto valor alimentar dos seus grãos, fonte de proteína vegetal, ferro, zinco, carboidratos, vitaminas e aminoácidos. É amplamente produzido no Semiárido brasileiro devido a sua adaptação climática e potencial produtivo tanto para agricultura familiar quanto para o setor empresarial. (NASCIMENTO et al., 2011; FREIRE FILHO et al., 2011).

No Brasil, o feijão-caupi apresentou rendimento médio de 551 kg ha⁻¹ na safra 2019/20 (FEIJÃO, 2020). No estado da Paraíba em 2017 foi estimada uma produtividade média de feijão-caupi de 250 kg ha⁻¹, entretanto, tal produtividade é considerada baixa, sendo as condições de déficit hídrico, um dos fatores que comumente reduz a produtividade do feijão-caupi nessa região (MENDES et al., 2007).

O estresse hídrico ocasiona consideráveis alterações tanto em curto

prazo, com o aumento na razão sacarose/amido pelo carbono recente fixado, como em longo prazo, pelo pool de solutos orgânicos de baixo peso molecular, também chamado de solutos compatíveis, em um processo conhecido como ajustamento osmótico, em que ambas as alterações fazem parte de uma resposta reguladora da planta para manter a turgescência foliar sob baixa disponibilidade de água (FAROOQ et al., 2009). No feijoeiro, a deficiência hídrica nas fases fenológicas da cultura, ocasionam reduções significativas na área foliar, altura das plantas, número de vagens por planta e número de grãos por vagem (SOUSA; LIMA, 2010).

Contudo, o requerimento hídrico do feijão-caupi 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, 2013).

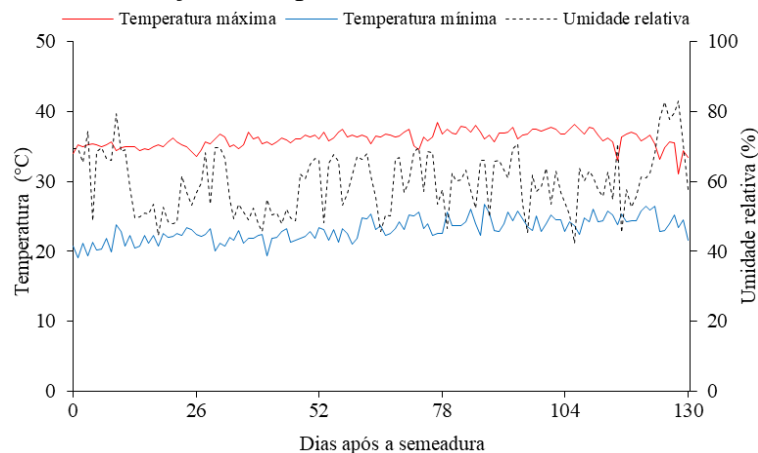
O potássio tem um papel fundamental no mecanismo de osmose e abertura estomática que são importantes para apoio às relações hídricas das plantas e expansão das células (PETTIGREW, 2008). Benefícios do fornecimento de potássio em plantas sob estresse hídrico são relacionados em diversos estudos, como incrementos na matéria seca, potencial hídrico, taxa fotossintética, teor de clorofila, área foliar e diâmetro de caule (FAROOQ et al., 2009). Neste sentido, objetivou-se com o presente trabalho avaliar a morfologia e a partição de fitomassa do feijão-caupi, cultivar BRS Marataoã,

quando submetido a estratégias de manejo do déficit hídrico nos diferentes estádios fenológicos da cultura e doses de adubação potássica.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido em ambiente protegido no Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande (CCTA/UFCG) localizado no município de Pombal-PB, situado pelas coordenadas geográficas 6°47'20" de latitude sul e 37°48'01" de longitude oeste e altitude de 194 m. Na Figura 1, observam-se os dados meteorológicos durante a condução do experimento entre 04 de agosto de 2018 e 13 de dezembro de 2018.

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



O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com os tratamentos arranjados em esquema fatorial 5 x 5, referente a cinco doses de adubação potássica (50, 75, 100, 125 e 150% de K) sendo a dose de 100% correspondente a 150 mg K₂O kg⁻¹ de solo conforme descreve Novais, Neves e Barros (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; florescimento - 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 60 plantas.

O feijão-caupi 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.

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 conforme Claessen (1997), antes da semeadura e estão descritas na Tabela 1.

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

Características químicas							
pH (H ₂ O)	M.O.	P	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	CE _{es}
(1:2,5)	g kg ⁻¹	(mg kg ⁻¹)cmolc kg ⁻¹	dS m ⁻¹
5,58	2,93	39,2	0,23	1,64	9,07	2,78	2,15
Características físicas							
Fração granulométrica (g kg ⁻¹)			CT	Umidade (kPa)			
Areia	Silte	Argila	cmolc kg ⁻¹	33,42 kPa ¹		1519,5 kPa ²	
572,7	100,7	326,6	0,67	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; CE_{es} - 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 de fundação com NPK foi realizada baseando-se em recomendações para ensaios em vasos (NOVAIS; NEVES; BARROS, 1991), aplicando-se as quantidades de 100, 300 e 150 mg kg⁻¹, respectivamente, nas formas de ureia (N), superfosfato simples (P₂O) e cloreto de potássio (K₂O). Em fundação foi aplicada a recomendação total de fósforo e apenas 1/3 da de nitrogênio e potássio, sendo os dois terços restantes aplicados, via água de irrigação, aos 45 e 65 dias após a semeadura (DAS).

A semeadura ocorreu após a umidade do solo ser elevada ao nível de retenção máxima em todas as unidades experimentais, utilizando-se água de baixa

salinidade (0,8 dS m⁻¹). Em cada vaso foram colocadas cinco sementes a 3 cm de profundidade. Trinta dias após a semeadura foi realizado desbaste, mantendo-se apenas uma planta por vaso.

As irrigações foram realizadas, diariamente, às 17 h, o volume aplicado em cada evento de irrigação foi estimado por meio de balanço hídrico, tomando-se como base os termos da Equação 1:

$$CH = (V_a - V_d)/(1 - FL) \quad (1)$$

Em que: CH é o consumo hídrico (L), considerando o volume de água aplicado às plantas – V_a (L) no dia anterior; V_d (L) é o volume drenado, quantificado na manhã do

dia seguinte e FL é a fração de lixiviação, estimada em 20% a cada 15 dias.

O volume de água aplicado em cada estratégia de manejo do déficit hídrico foi determinado por meio do consumo das plantas sob 100% da ETr, usando-se do método da lisimetria de drenagem (BERNARDO et al., 2019). Para irrigação

do tratamento com 50% da ETr multiplicou-se o valor da ETr obtida pelo percentual de evapotranspiração do tratamento. Os valores das lâminas de água aplicadas no cultivo do feijão-caupi ao longo do ciclo em função das estratégias de manejo do déficit hídrico são exibidos na Tabela 2.

Tabela 2. Valores de lâmina de água aplicada ao feijão-caupi cv. BRS Marataoã nas diferentes estratégias de manejo do déficit hídrico

Estratégias de manejo	Nº de dias	Lâmina de água (mm)
SE	150	402,98
VE	20	362,45
FL	10	380,03
FR	55	264,96
FL/FR	65	242,01

Aos 65 dias após a semeadura (DAS) foram avaliados: altura de plantas (AP) em cm, diâmetro de caule (DC) e número de folhas (NF). Em NF foram consideradas as folhas com comprimento superior a 3 cm, a altura da planta foi medida considerando-se a distância entre o colo da planta até a gema apical do ramo principal e o diâmetro do caule determinado a 2 cm do colo da planta.

Ao final do ciclo da cultura (90 DAS), coletaram-se as plantas, separando-as em folhas, caules e raízes, em seguida, cada parte foi acondicionada em sacos de papel que posteriormente foram levados para secagem em estufa de circulação de ar, mantida a 65 °C, até peso constante; subsequentemente, o material foi pesado em balança de precisão de 0,0001 g, obtendo-se, assim, a fitomassa seca das folhas (FSF), do caule (FSC) e raízes (FSR). Neste mesmo período, por ocasião da colheita foi determinado em cada parcela o número e o comprimento de vagens por planta.

Os dados obtidos foram avaliados mediante análise de variância pelo teste 'F'. Nos casos de significância, fez-se teste de médias por Tukey ($p < 0,05$) para as

estratégias de manejo do déficit hídrico e regressões lineares e quadráticas ($p < 0,05$) para as doses de potássio utilizando-se o software Sisvar 5.6 (FERREIRA, 2011).

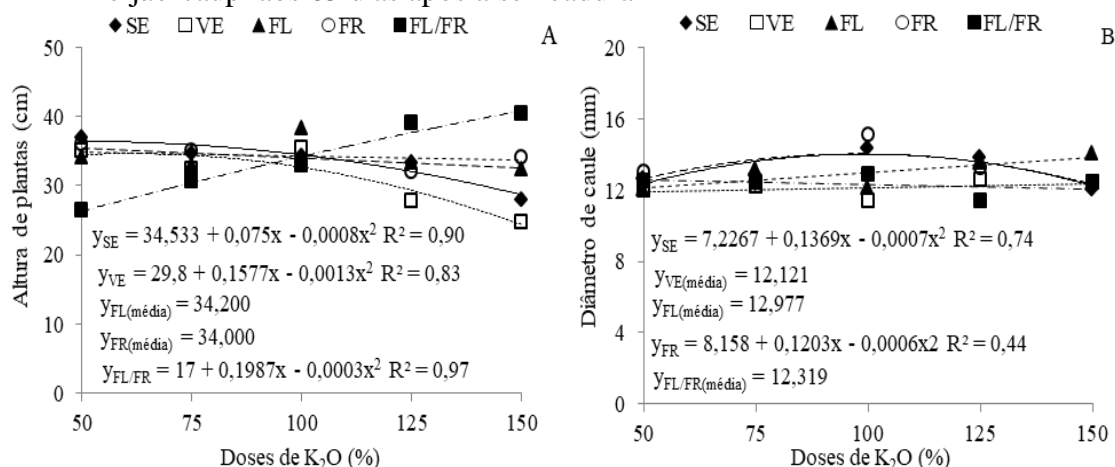
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verifica-se efeito significativo da interação entre os fatores estratégias de manejo do déficit hídrico e doses de adubação potássica para a altura de plantas e diâmetro de caule do feijão-caupi, de forma que a interação significativa entre esses fatores é apresentada na Figura 2. Com referência ao efeito das doses de K sobre a AP verificou-se nas estratégias de manejo SE e VE, decréscimos de 23,42% e 30,00%, respectivamente, quando estas foram adubadas com 125% de K em relação ao fornecimento de 50% de K. Entretanto, o aumento da adubação potássica teve efeito positivo quando aplicada em plantas sob déficit hídrico durante as fases sucessivas de floração e frutificação, observando-se aumento na altura das plantas, sendo este um indicativo de uma forma de superação do feijão-caupi ao estresse hídrico ao qual

foi submetido. Portanto, como resultado da oferta de 150% de K, a resposta do feijão-caupi ao estresse hídrico foi equalizada na estratégia de manejo FL/FR com altura de plantas média de 33,61 cm não diferindo das plantas sem estresse hídrico ao longo do ciclo que apresentaram altura média de 33,35 cm (Figura 2A). O aumento da

adubação potássica durante as fases de floração e frutificação minimizou os efeitos do estresse hídrico, conferindo às plantas resistência à seca devido aos processos de regulação estomática e relações hídricas celulares (BAHRAMI-RAD; HAJIBOLAND, 2017).

Figura 2. Desdobramento da interação entre as estratégias de manejo do déficit hídrico e doses de adubação potássica para a altura de plantas (A) e diâmetro de caule (B) do feijão-caupi aos 65 dias após a semeadura



SE: plantas irrigadas com 100% da ETr durante todo o ciclo; VE, FL, FR, FL/FR: plantas sob déficit (50% da ETr) nas fases vegetativa, floração, formação da produção e floração/ formação da produção, respectivamente.

As doses de adubação potássica evidenciaram efeitos sobre o diâmetro das plantas sob as estratégias de manejo do déficit hídrico SE e FR (Figura 2B), tendo esse apresentado máximo diâmetro de 13,92 e 14,18 mm, respectivamente. Observa-se para estas estratégias incrementos até a dose de potássio estimada de 98% de K₂O e uma relação quadrática. No entanto, para as plantas submetidas às estratégias VE, FL e FL/FR não foram observados efeitos significativos, verificou-se um crescimento do DC médio de 12,46 mm, independentemente das doses de potássio aplicadas. Prazeres et al. (2015), avaliando o crescimento e a fisiologia de duas cultivares de feijão-caupi irrigadas com água salina e submetidas a diferentes níveis de K na forma de KCl (0,5; 1,0; 2,0 e 4,0 g de KCl por vaso), também verificaram reduções no crescimento das cultivares de

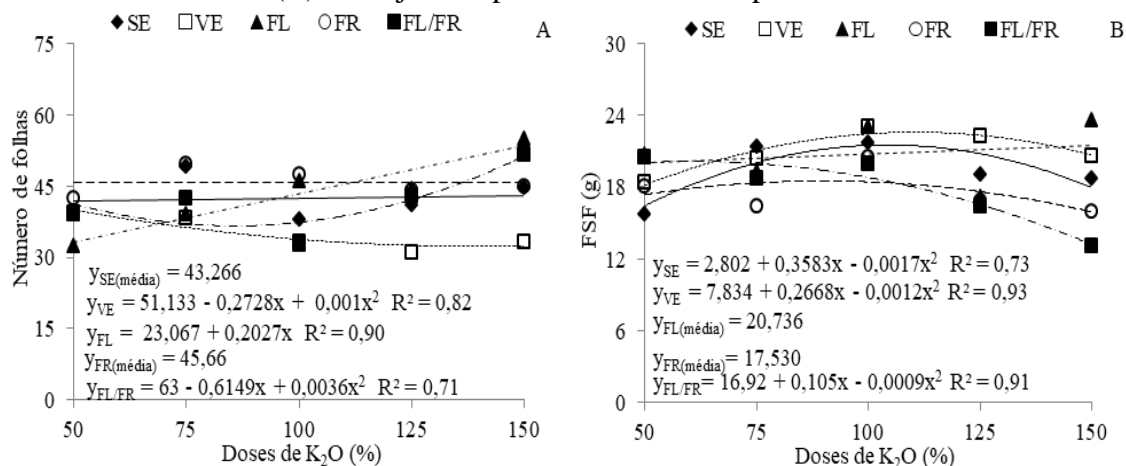
feijão-caupi ocasionadas pelo aumento da adubação com potássio.

Por desdobramento do efeito das estratégias de manejo do déficit hídrico em doses de adubação potássica aos 65 DAS (Figura 3A), observa-se que o número de folhas divergiu conforme as estratégias de manejo adotadas, o déficit hídrico foi imposto na fase vegetativa (VE) como resultado, observou-se uma redução no NF, sendo estimado o menor valor para as plantas adubadas com a 150% de K₂O que apresentaram 32,71 folhas, correspondente à redução em cerca de 18,20% em relação às plantas adubadas com a menor dose (50% de K₂O) que apresentaram 39,99 folhas (Figura 3A). Diferentemente, nos manejos em que o déficit hídrico foi aplicado durante a floração e sucessivamente nas fases de floração e frutificação do feijoeiro, verificou-se

incrementos no NF de 20,30% e 38,24%, respectivamente, nas plantas submetidas a 150% de K em relação as que receberam 50% de K. Isso mostra que a exigência de

adubação potássica difere em relação ao período de maturação e ao hábito de crescimento da cultura (CLEMENT-BAILEY e GWATHMEY, 2007).

Figura 3. Desdobramento da interação entre as estratégias de manejo do déficit hídrico e doses de adubação potássica para o número de folhas (A) e fitomassa seca das folhas- FSF (B) do feijão-caupi aos 65 e 90 dias após a semeadura



SE: plantas irrigadas com 100% da ETr durante todo o ciclo; VE, FL, FR, FL/FR: plantas sob déficit (50% da ETr) nas fases vegetativa, floração, formação da produção e floração/ formação da produção, respectivamente.

De acordo com as equações de regressão (Figura 3B), o modelo que melhor se ajustou aos dados de fitomassa seca de folhas foi o quadrático, nota-se que as estratégias de manejo do déficit hídrico SE e VE e que estavam sob as doses estimadas de potássio de 105% e 111% de K_2O respectivamente, conseguiram promover maior acúmulo de FSF (21,68 e 22,66 g, respectivamente) já os menores valores de FSF foram obtidos quando as plantas foram submetidas ao déficit hídrico sucessivamente nas fases de floração e frutificação da cultura (FL/FR). O acúmulo de fitomassa de folhas foi inibido com o incremento das doses de potássio, apresentando redução de 37,65% na FSF das plantas sob a adubação de 150% de K_2O quando comparadas a menor dose de potássio.

Ao final do ciclo, a fitomassa seca das folhas das plantas sob estresse hídrico na fase vegetativa foi semelhante ao das plantas sem estresse, demonstrando que apesar do estresse na fase inicial da cultura,

houve uma retomada na emissão foliar (Figura 3B). Diferentemente, o decréscimo mais expressivo nas plantas impostas ao déficit hídrico consecutivamente nas fases de floração e frutificação, quando comparada às demais estratégias de manejo, pode possivelmente ter ocorrido como consequência do ajuste osmótico, que pode ter se desenvolvido lentamente em resposta à desidratação. É possível que o processo de ajuste osmótico não tenha se desenvolvido no feijão-caupi devido ao maior tempo de déficit hídrico, o que explicaria a ausência de alívio dos efeitos do estresse hídrico associados à adubação potássica (SÁ et al., 2014).

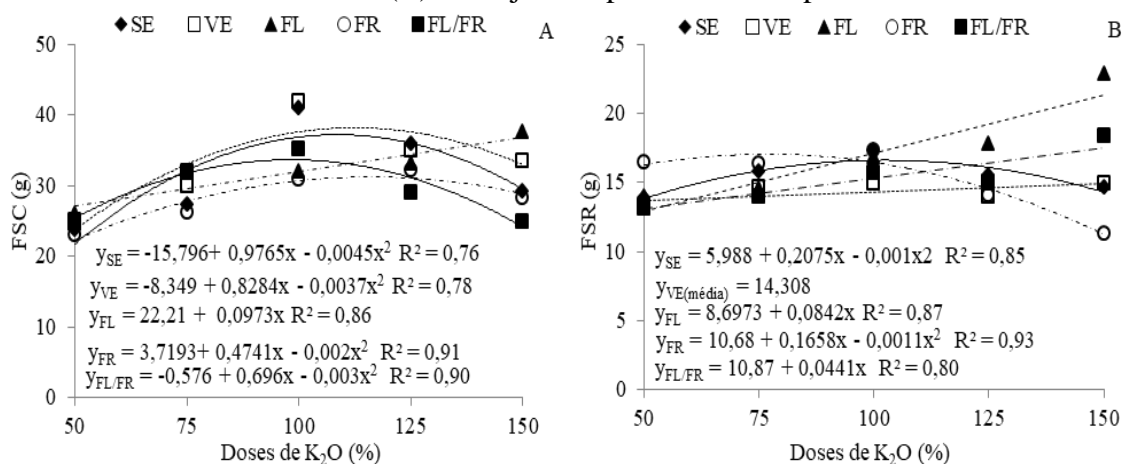
Analisando as equações de regressão (Figura 4A), verifica-se um comportamento linear crescente da estratégia com déficit hídrico na floração (FL) com o aumento das doses de potássio, com acréscimo de 10,25% por aumento de 25% de K_2O , ou seja, aumento de 26,44% na fitomassa seca de caule das plantas submetidas à dose de 150% de K_2O , em

relação às adubadas com 50% de K₂O. De acordo com Guo et al. (2007) existe uma correlação positiva entre a captação de água e a absorção de K no feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.), sendo o potássio responsável pela manutenção da condutância hidráulica do xilema, turgor celular, movimento estomático e trocas gasosas como parte da adaptação à seca ajudando a manter o equilíbrio da água nas plantas (Oddo et al., 2011).

Para as plantas cultivadas com as estratégias SE, VE, FR e FL/FR o modelo ao quais os dados se ajustaram melhor ao modelo quadrático, verificando-se que as plantas que receberam as doses de K de

108%, 112%, 119% e 116% de K₂O, propiciaram os maiores acúmulos de FSC, apresentando 36,83; 38,01; 31,81 e 39,79 g por planta respectivamente (Figura 4A). De maneira geral, essas estratégias de manejo proporcionaram aumentos na FSC com a adição de doses crescentes de K ao solo até o valor correspondente à dose recomendada para a obtenção da produção máxima, além disso, a redução da disponibilidade de água durante essas fases ocasionou uma diminuição do potencial de água nas células, reduzindo o alongamento celular e dos entrenós, resultando em menor acúmulo de fitomassa das plantas (NEZAMI et al., 2008).

Figura 4. Desdobramento da interação entre as estratégias de manejo do déficit hídrico e doses de adubação potássica para a fitomassa seca de caule - FSC (A) e fitomassa seca das raízes - FSR (B) do feijão-caupi aos 90 dias após a semeadura



SE: plantas irrigadas com 100% da ETr durante todo o ciclo; VE, FL, FR, FL/FR: plantas sob déficit (50% da ETr) nas fases vegetativa, floração, formação da produção e floração/ formação da produção, respectivamente.

A interação entre os fatores estratégias de manejo do déficit hídrico e doses de potássio também promoveu efeito significativo sobre a fitomassa seca das raízes (Figura 4B), verificando-se efeito linear crescente das doses de potássio sobre a FSR das plantas submetidas ao déficit hídrico nas fases de floração e sucessivamente na floração e frutificação, cujos acréscimos foram, respectivamente, 24,00% e 10,14% por aumento de 25% na dose de potássio. Com base na equação de regressão, os dados correspondentes às

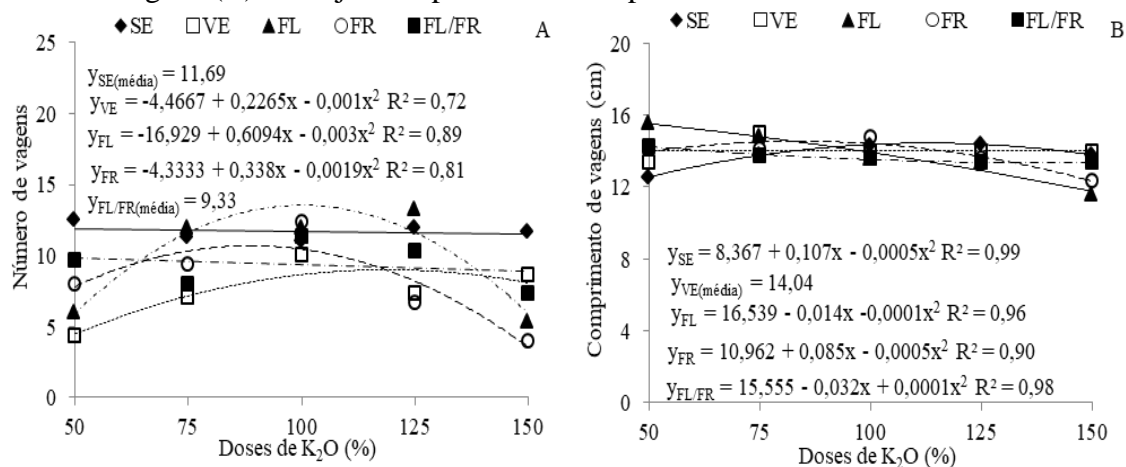
estratégias SE e FR foram ajustados a um modelo quadrático, e os maiores valores de FSR (16,75 e 16,92 g) foram obtidos em plantas adubadas com 104% e 76% de K₂O, respectivamente. Entre as estratégias, o maior acúmulo de FSR foi observado com o déficit hídrico na fase de floração com 17,12 g, enquanto os menores acúmulos foram obtidos nas plantas sob as estratégias SE e VE com valores médios de 15,33 e 14,30 g, respectivamente (Figura 4B). Isso pode ser associado à falta de água do solo nas camadas rasas em condições déficit

hídrico; as plantas de feijão-caupi podem ter estendido suas raízes para absorver a água das camadas mais profundas do solo. Fato esse relatado por Römheld et al. (2010) que associaram o aumento na área superficial das raízes sob condições de déficit hídrico a doses adequadas de potássio, o que resulta maior eficiência na captação de água pelas células das plantas.

Ao analisar a equação de regressão para o número de vagens em função das estratégias de manejo VE, FL e FR (Figura 5A) verifica-se que os dados se ajustaram ao modelo quadrático ($p < 0,05$), sendo os valores máximos estimados (8,35; 14,01 e 10,69 vagens) obtidos quando se adubaram com as doses de 113%, 102% e 89% de K_2O , respectivamente, a partir destas doses, ocorreram reduções no número de vagens

por planta, sendo alcançado o menor valor (3,61 vagens) nas plantas de feijão-caupi sob déficit hídrico na fase de frutificação adubada com a maior dose de potássio (150% de K_2O). Em relação às plantas submetidas às estratégias SE e FL/FR, vê-se conforme estudos de regressão (Figura 5A) não haver efeito significativo sobre o NV, sendo alcançados valores médios de 11,69 e 9,33 vagens, respectivamente. De acordo com Karam et al. (2005), a fase reprodutiva do feijão é mais vulnerável ao déficit hídrico no solo, qualquer redução relativa no suprimento hídrico refletirá no decréscimo da produtividade, causando não apenas o abortamento de embriões, mas também a perda de folhas e frutos (ENDRES et al., 2010).

Figura 5. Desdobramento da interação entre as estratégias de manejo do déficit hídrico e doses de adubação potássica para o número de vagens (A) e comprimento de vagens (B) do feijão-caupi aos 90 dias após a semeadura



SE: plantas irrigadas com 100% da ETr durante todo o ciclo; VE, FL, FR, FL/FR: plantas sob déficit (50% da ETr) nas fases vegetativa, floração, formação da produção e floração/ formação da produção, respectivamente.

Dentre as estratégias de manejo do déficit hídrico em função das distintas doses de adubação potássica aos 90 DAS (Figura 5B), quando conduzidos sem aplicação do estresse hídrico ao longo do ciclo da cultura (SE), observa-se que a dose estimada de 107% de K_2O resultou no maior comprimento das vagens (14,09 cm). Para as estratégias FL, FR e FL/FR associadas às doses de potássio estimadas

em 50%, 85% e 50%, observou-se maior comprimento das vagens com 15,58; 14,57 e 14,20 cm, respectivamente, sendo que doses mais elevadas de potássio intensificaram os efeitos do déficit hídrico nessas fases fenológicas do feijão-caupi. Os efeitos negativos de elevadas doses de potássio em plantas submetidas ao déficit hídrico nessas fases, observados no presente estudo, também foram relatados

por Ribeiro et al. (2001), que associaram essas reduções ao elevado índice salino do fertilizante utilizado (KCl) que pode afetar a absorção de água e crescimento das plantas devido à redução no potencial hídrico da solução externa por meio do efeito osmótico.

6 CONCLUSÕES

A aplicação do déficit hídrico associado às doses de potássio favoreceu o

crescimento e o acúmulo de fitomassa na fase de floração.

Doses crescentes de potássio quando associadas ao déficit hídrico nas fases de floração e frutificação comprometem o número de vagens e comprimento de vagens.

Nas fases iniciais do desenvolvimento do feijão-caupi, cultivar BRS Marataoã, pode ser aplicada irrigação com déficit hídrico sem que haja perdas significativas nos componentes de produção.

7 REFERÊNCIAS

- BAHRAMI-RAD, S.; HAJIBOLAND, R. Effect of potassium application in drought-stressed tobacco (*Nicotiana rustica* L.) plants: Comparison of root with foliar application. **Annals of Agricultural Sciences**, Cairo, v. 62, n. 2, p. 121-130, 2017.
- BERNARDO, S.; MANTOVANI, E. C.; SILVA, D. D.; SOARES, A. A. **Manual de irrigação**. 9. ed. Viçosa: UFV, 2019. 545 p.
- CLAESSEN, M. E. C. (org.). **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. rev. e atual. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS, 1997. 212 p. (Documentos, 1).
- CLEMENT-BAILEY, J.; GWATHMEY, C. O. Potassium effects on partitioning, yield, and earliness of contrasting cotton cultivars. **Agronomy Journal**, North Dakota, v. 99, n. 4, p. 1139-1136, 2007.
- COELHO, J. B. M.; BARROS, M. 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**, Campina Grande, v. 17, n. 4, p. 379-385, 2013.
- ENDRES, L.; SOUZA, J. L.; TEODORO, I.; MARROQUIM, P. M. G.; SANTOS, C. M.; BRITOS, J. E. D. Gas exchange alteration caused by water deficit during the bean reproductive stage. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 1, p. 11-16, 2010.
- FAROOQ, M.; WAHID, A.; KOBAYASHI, N.; FUJITA, D.; BASRA, S. M. A. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. **Agronomy for Sustainable Development**, Paris, v. 29, n. 1, p. 185-21, 2009.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

- FEIJÃO. **Acompanhamento da Safra Brasileira: grãos**, Brasília, DF, v. 7, n. 4, p. 23-24, jan. 2020. Safra 2019/2020. Quarto levantamento. Disponível em: https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/graos/boletim-da-safra-de-graos/item/download/30348_aa345b3df6694e420f12eedc8ffb970d. Acesso em: 15 jan. 2020.
- FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO V. Q.; ROCHA, M. M.; SILVA, K. J. D.; NOGUEIRA, M. S.; RODRIGUES, E. V. **Produção, melhoramento genético e potencialidades do feijão-caupi no Brasil**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2011. 84 p.
- GUO, S.; KALDENHOFF, R.; UEHLEIN, N.; SATTELMACHER, B.; BRUECK, H. Relationship between water and nitrogen uptake in nitrate- and ammonium-supplied *Phaseolus vulgaris* L. plants. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, Landau, v. 170, n. 1, p. 73-80, 2007.
- KARAM, F.; MASAAD, R.; SFEIR, T.; MOUNZER, O.; ROUPHAEL, Y. Evapotranspiration and seed yield of field grown soybean under deficit irrigation conditions. **Agriculture Water Management**, Auckland, v. 75, n. 3, p. 226-244, 2005.
- MENDES, R. M. S.; TÁVORA, F. J. A. F.; PITOMBEIRA, J. B.; NOGUEIRA, R. J. M. C. Relações fonte-dreno em feijão-de-corda submetido à deficiência hídrica. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 38, n. 1, p. 95-103, 2007.
- MOSTAFAZADEH-FARD, B.; MANSOURI, H.; MOUSAVI, S. F.; FEIZI M. Effects of different levels of irrigation water salinity and leaching on yield and yield components of wheat in an arid region. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering-ASCE**, Reston, v. 135, n. 1, p. 32-38, 2009.
- NASCIMENTO, S. P. D.; BASTOS, E. A.; ARAÚJO, E. C.; FREIRE FILHO, F. R.; SILVA, E. M. D. Tolerance to water deficit of cowpea genotypes. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 8, p. 853-860, 2011.
- NEZAMI, H.; KHAZAEI, R.; BOROUHAND REZAZADEH, Z.; HOSSEINI, A. Effect of drought stress and defoliation on sunflower (*Helianthus annuus* L.) in controlled conditions. **Desert**, Terhran, v. 12, n. 1, p. 99-104, 2008.
- NOVAIS, R. F.; NEVES, J. C. L.; BARROS, N. F. Ensaio em ambiente controlado. In: OLIVEIRA, A. J. **Métodos de pesquisa em fertilidade do solo**. Brasília, DF: EMBRAPA-SEA, 1991. p. 189-253.
- ODDO, E.; INZERILLO, S.; LA BELLA, F.; GRISAFI, F.; SALLES, S.; NARDINI, A. Short-term effects of potassium fertilization on the hydraulic conductance of *Laurus nobilis* L. **Tree Physiology**, Edmonton, v. 31, n. 2, p. 131-138, 2011.
- PETTIGREW, W. T. Potassium influences on yield and quality production for maize, wheat, soybean and cotton. **Physiologia Plantarum**, Lund, v. 133, n. 4, p. 670-681, 2008.
- PRAZERES, S. S.; LACERDA, C. F.; BARBOSA, F. E. L.; AMORIM, A. V.; ARAUJO, I. C. S.; CAVALCANTE, L. F. Crescimento e trocas gasosas de plantas de feijão-caupi sob

irrigação salina e doses de potássio. **Revista Agro@mbiente**, Boa Vista, v. 9, n. 2, p. 111-118, 2015.

RIBEIRO, M. C. C.; MARQUES, B. M.; AMARRO FILHO, J. Efeito da salinidade na germinação de sementes de quatro cultivares de girassol (*Helianthus annuus* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, Viçosa, v. 23, n. 1, p. 281-284, 2001.

RÖMHELD, V.; KIRKBY, E. A. Research on potassium in agriculture: Needs and prospects. **Plant and Soil**, Beijing, v. 335, n. 1, p. 155-180, 2010.

SÁ, A. F. L.; VALERI, S. V.; CRUZ, M. C. P.; BARBOSA, J. C.; REZENDE, G. M.; TEIXEIRA, M. P. Effects of potassium application and soil moisture on the growth of *Corymbia citriodora* plants. **Cerne**, Lavras, v. 20, n. 4, p. 645-651, 2014.

SOUSA, M. A.; LIMA, M. D. B. Influência da supressão da irrigação em estádios de desenvolvimento do feijoeiro cv. Carioca comum. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 26, n. 4, p. 550-557, 2010.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artemed, 2013. 954 p.