



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
BACHARELADO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA E AMBIENTAL

MARIA VITÓRIA GOMES DA COSTA

**Acúmulo e exportação de macronutrientes primários no feijão-caupi
fertirrigado por gotejamento contínuo e pulsado**

RECIFE- PE
AGOSTO de 2024

MARIA VITÓRIA GOMES DA COSTA

**Acúmulo e exportação de macronutrientes primários no feijão-caupi
fertirrigado por gotejamento contínuo e pulsado**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia
Agrícola e Ambiental da Universidade
Federal Rural de Pernambuco, como
requisito para obtenção do grau de Bacharel
em Engenharia Agrícola e Ambiental.

Orientador: Gerônimo Ferreira da Silva

RECIFE- PE
AGOSTO de 2024



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
BACHARELADO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA E AMBIENTAL

DOCUMENTO DE REGISTRO DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Aos 14 dias do mês de agosto de 2024 às 08 horas, realizou-se a Defesa de Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) intitulado: “Acúmulo e exportação de macronutrientes primários no feijão-caupi fertirrigado por gotejamento contínuo e pulsado”, pela aluna Maria Vitória Gomes da Costa de acordo com as Normas Gerais dos Cursos de Graduação da Universidade Federal Rural de Pernambuco e complementadas pelas Normas Internas (PPC) do Bacharelado em Engenharia Agrícola e Ambiental aprovadas pelo Colegiado de Coordenação Didática do Curso.

A Comissão examinadora foi composta pelos professores:

Gerônimo Ferreira da Silva (Orientador e Presidente)

Enio Farias de França e Silva (Membro Interno)

Manassés Mesquita da Silva (Membro Interno)

Após a apresentação do TCC e efetuadas as arguições, a aluna recebeu da comissão examinadora os seguintes conceitos.

Membros:

Gerônimo Ferreira da Silva

Enio Farias de França e Silva

Manassés Mesquita da Silva

De acordo com os conceitos atribuídos a aluna foi considerada aprovada, obtendo nota média de 9,7 (nove vírgula sete), devendo proceder às correções necessárias e entregar a versão final do TCC no prazo máximo de 30 (trinta) dias.

Recife, 14 de agosto De 2024.

Rua Dom Manoel de Medeiros
s/n – Dois Irmãos – Recife / PE

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, a Deus, por me dar sabedoria e inteligência para seguir determinada e focada nos meus objetivos, durante todo o desenvolvimento desse estágio.

Agradeço a minha família, por me dar suporte todos os dias, permitindo que eu focasse nos meus estudos. Estes foram de extrema importância na caminhada, pois sem eles, a fase da universidade teria sido muito mais árdua e difícil de conciliar.

Aos meus professores da Universidade Federal Rural de Pernambuco, que se fizeram prestativos e me deram muitos ensinamentos no período da graduação, em especial ao professor de Gerônimo Ferreira, por despertar em mim o interesse em pesquisar na área de Nutrição Mineral e Fertirrigação, desde o meu 2º período do curso, e por todo carinho e suporte dado a mim neste processo.

Gostaria de ressaltar a imensa gratidão que eu tenho aos meus amigos, que se tornaram irmãos nessa trajetória, Maria Eloyse e João Marcelo. Estes, me deram os melhores momentos que eu poderia ter tido no período e nos 5 anos da faculdade, e me ajudaram todas as vezes que eu precisei.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa do Estado de Pernambuco com destaque no município de Carpina.....	12
Figura 2 - Vista frontal da área experimental.....	13
Figura 3 - Esquema ilustrativo do preenchimento dos vasos de cada parcela experimental.....	14
Figura 4 - Croqui da área experimental.....	15
Figura 5 - Reservatórios de 110 L utilizados para o armazenamento das soluções fertilizantes.....	16
Figura 6 - Lisímetro de drenagem e garrafa PET utilizada para a coleta do drenado.....	17
Figura 7 - (A) Desenvolvimento do feijão-caupi e (B) Vagem identificada para colheita, através do intumescimento e mudança de coloração na vagem.....	18
Figura 8 - Material sendo colocado em estufa com ventilação forçada de ar.....	19
Figura 9 - Acúmulo total de nitrogênio (N) na cultura do feijão-caupi sob efeito da interação dos fatores lâminas de fertirrigação e tipos de aplicação da fertirrigação.	21
Figura 10 - Acúmulo total de fósforo (P) em função das lâminas de fertirrigação aplicadas (A) e dos tipos de aplicação da fertirrigação (B).....	22
Figura 11 - Acúmulo total de potássio (K) na cultura do feijão-caupi sob efeito da interação dos fatores lâminas de fertirrigação e tipos de aplicação da fertirrigação.....	23
Figura 12 - Exportação total de fósforo (P) em função das lâminas de fertirrigação aplicadas (A) e dos tipos de aplicação da fertirrigação (B).....	25
Figura 13 - Exportação total do K na cultura do feijão-caupi em função das lâminas de fertirrigação aplicadas.....	26

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características químicas e físicas do solo utilizado para o preenchimento dos vasos e caracterização química da água de abastecimento utilizada no experimento.....	14
Tabela 2 - Resumo da análise de variância para acúmulo de macronutrientes (N, P, K) na cultura do feijão-caupi BRS Tumucumaque.....	20
Tabela 3 - Teste de médias para as variáveis de acúmulo total de nutrientes para o feijão-caupi BRS Tumucumaque adubado de forma convencional e irrigado de forma pulsada e contínua com a lâmina de 100% da ETc.....	24
Tabela 4 - Resumo da análise de variância para exportação de macronutrientes (N, P, K) na cultura do feijão-caupi BRS Tumucumaque.....	25
Tabela 5 - Teste de médias para as variáveis de exportação de nutrientes para o feijão-caupi BRS Tumucumaque adubado de forma convencional e irrigado de forma pulsada e contínua com a lâmina de 100% da ETc.....	27

SUMÁRIO

1. IDENTIFICAÇÃO.....	3
2. TÍTULO DO PROJETO.....	3
3. TÍTULO DO PLANO DE TRABALHO.....	3
4. RESUMO.....	3
5. INTRODUÇÃO.....	4
6. OBJETIVOS.....	6
6.1 Geral.....	6
6.2 Específico.....	6
7. MATERIAL E MÉTODOS.....	6
8. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	13
9. CONCLUSÕES.....	21
10. CRONOGRAMA DE ATIVIDADES.....	22
11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	23
12. ATIVIDADES RELEVANTES DESENVOLVIDAS PELA BOLSISTA.....	26
13. PARECER DO ORIENTADOR.....	27

1. IDENTIFICAÇÃO

ALUNA: Maria Vitória Gomes da Costa

CURSO: Engenharia Agrícola e Ambiental

PROGRAMA: (X) PIBIC () PIC () PIBIC-EM

ORIENTADOR: Prof. Dr. Gerônimo Ferreira da Silva

DEPARTAMENTO/UNIDADE ACADÊMICA: Engenharia Agrícola/ UFRPE- Sede

RELATÓRIO: () PARCIAL (X) FINAL

2. TÍTULO DO PROJETO

Manejo da irrigação com águas de diferentes condutividades elétricas e da fertirrigação em cultivos agrícolas.

3. TÍTULO DO PLANO DE TRABALHO

Acúmulo e exportação de macronutrientes primários no feijão-caupi fertirrigado por gotejamento contínuo e pulsado.

4. RESUMO

O feijão-caupi é uma leguminosa de alto valor proteico, com grande importância na economia do nordeste brasileiro. No entanto, a cultura apresenta baixa produtividade nessa região devido à falta de implementação de técnicas de cultivo que potencializem a sua produção. Neste sentido, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito do uso da adubação convencional e de lâminas de fertirrigação aplicadas por gotejamento contínuo e pulsado sobre o acúmulo e a exportação dos macronutrientes primários nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) pela cultura do feijão-caupi. O experimento foi conduzido na Estação Experimental de Cana-de-açúcar de Carpina (EECAC/UFRPE) cujas as coordenadas geográficas são 07° 51' 13'' de latitude Sul e 35° 14' 10'' de longitude oeste. Os tratamentos foram arranjados em esquema fatorial 5x2+2, sendo cinco lâminas de irrigação equivalentes 40, 60, 80, 100 e 120% da evapotranspiração da cultura (Etc), combinadas com dois tipos de aplicação de fertirrigação (pulsada e contínua), mais dois tratamentos adicionais (adubação convencional irrigada por pulso e contínua). Os tratamentos adicionais foram irrigados com lâmina de 100% da ETc. Foi adotado um delineamento em blocos ao acaso (DBC), com quatro repetições, totalizando 48 unidades experimentais. Foram avaliados e quantificados os acúmulos e as exportações de N, P e K pela cultura. Os maiores acúmulos e exportações de nutrientes foram obtidos com lâminas de fertirrigação pulsada menores que 100% da ETc. A adubação convencional e irrigação pulsada com lâmina de 100% da ETc promoveu maiores acúmulos e exportações dos nutrientes

avaliados em detrimento da irrigação realizada de forma contínua. Para ambos os tipos de aplicação da fertirrigação e manejos da irrigação nas plantas adubadas convencionalmente a ordem de acúmulo foi: $N > K > P$. Para ambos os tipos de aplicação da fertirrigação e para as plantas adubadas convencionalmente e irrigadas por pulso e de forma contínua, a ordem de exportação foi: $N > P > K$.

5. INTRODUÇÃO

O feijão-caupi *Vigna unguiculata* (L.) Walp., é mundialmente cultivado com expressão na Nigéria, Niger, Burkina Faso, Tanzânia e Mianmar (FAO, 2015). No Brasil, essa leguminosa é cultivada em todo território nacional, com destaque de produção para o Norte e Nordeste, sendo a região Nordeste detentora de 341,4 mil hectares de área cultivada, representando mais de 86% de toda área semeada com a cultura no país, com uma produção de 147,1 mil toneladas de grãos. No Estado de Pernambuco, na safra de 2022/2023 a produção foi de 38,0 mil toneladas, com estimativa de produção de 36,9 mil toneladas para a safra de 2023/2024, apresentando um decréscimo na produção de 2,9% (CONAB, 2024).

O feijão-caupi é uma das fontes de proteínas mais importantes e estratégicas para as regiões tropicais e subtropicais do mundo, podendo ser consumido *in natura* ou na forma de grãos secos e verdes. O feijão-verde é caracterizado quando as vagens param de acumular os fotossintatos e os grãos apresentam-se com umidade em torno de 60 a 70% (FREITAS et al., 2016).

Nogueira et al. (2019) acrescentam que a comercialização do feijão-caupi verde é fundamental para a economia da região Nordeste, contribuindo de forma significativa para o emprego e renda do agricultor familiar, pois o seu cultivo é praticado, basicamente, por pequenos produtores em decorrência do sistema de produção que requer muito trabalho manual, principalmente na colheita e na debulha.

Deste modo, tendo em vista a importância da cultura do feijão-caupi, é necessário escolher técnicas agrícolas que potencializem a quantidade de nutrientes e água disponíveis para as plantas, uma vez que a fertilidade do solo e a água local são fatores imprescindíveis para a produtividade agrícola. No que diz respeito à agricultura irrigada, a prática da fertirrigação se constitui no meio mais eficiente de nutrição, pois o método combina fertilizantes via água de irrigação, resultando em uma maior eficiência no uso de nutrientes e água para a cultura (ZAMORA, 2018; PEREIRA et al., 2019).

Segundo Biscaro & Oliveira (2014), a alta eficiência e economia estão entre as principais vantagens do uso da fertirrigação, além da possibilidade de aplicação de nutriente em quantidades menores e com maior frequência, o que permite a manutenção de teores adequados no solo durante todo o ciclo da cultura.

Visando aperfeiçoar a forma de distribuição de água, foi desenvolvida a irrigação por gotejamento, por meio da qual se aplica lâminas de água diretamente nas raízes da cultura, proporcionando uma maior eficiência do uso da água. Entretanto, ainda se faz necessário o uso de tecnologias que melhorem o funcionamento desse sistema. A irrigação por pulsos é uma técnica utilizada para auxiliar no desempenho dos sistemas de irrigação, no qual consiste em aplicar água de forma fracionada, contribuindo com a economia do recurso hídrico e evitando entupimento dos emissores (Zamora et al., 2019).

Estudos desenvolvidos com diferentes culturas em todo mundo, com a soja no Egito (EID et al., 2013), com o tomate na Arábia Saudita (ELNESR et al., 2015), com a alface (ALMEIDA et al., 2012) e coentro (Zamora et al., 2019; Menezes et al., 2020) no Brasil, testando diferentes intervalos e pulsos evidenciaram que tal técnica proporcionou efeito positivo sobre o desenvolvimento das culturas avaliadas e contribuiu para o uso racional da água e de fertilizantes.

Na nutrição das plantas, as curvas de acúmulo de nutrientes no feijão-caupi são parâmetros que nos permitem identificar a exigência nutricional das plantas em cada fase de desenvolvimento. A marcha de acúmulo, contribui na prevenção de deficiências que possam ocorrer durante o ciclo da cultura, auxilia na recomendação de adubação e minimiza perdas e riscos para o meio ambiente. Por outro lado, além de conhecer o conteúdo total de nutrientes absorvidos pela cultura, é oportuno conhecer a porcentagem exportada com a colheita, visando a sua reposição no solo (SALLAKU et al., 2019).

Magalhães et al. (2017) estudando a produtividade e a exportação de nutrientes pelo feijão-vagem adubado com esterco de galinha obtiveram uma produtividade de 16,3 t ha⁻¹ com exportação de macronutrientes pelas vagens, em kg ha⁻¹ de: N (49,7) > K (18,7) > P (6,2) > Mg (4,3) > Ca (4,2) > S (2,9). Ainda segundo os autores, essas informações são fundamentais para auxiliar na indicação da melhor adubação da cultura, pois conhecendo a quantidade exportada pelas vagens é possível quantificar o que deve ser repostado ao solo antes de cada cultivo, em função da eficiência do fertilizante, para a manutenção da fertilidade e a garantia do potencial produtivo da cultura.

6. OBJETIVOS

6.1 Geral

Avaliar o efeito do uso da adubação convencional e de lâminas de fertirrigação aplicadas por gotejamento contínuo e pulsado sobre o acúmulo e a exportação dos macronutrientes primários pela cultura do feijão-caupi.

6.2 Específico

Quantificar os acúmulos e as exportações de Nitrogênio (N), Fósforo (P) e Potássio (K) pela cultura em função dos tratamentos avaliados.

7. MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida na Estação Experimental de cana-de-açúcar do Carpina (EECAC), da Universidade Federal Rural de Pernambuco, situada na cidade de Carpina –PE (Figura 1), cujas as coordenadas geográficas são 07° 51' 13'' de latitude Sul e 35° 14' 10'' de longitude oeste e altitude média de 180 m. Segundo a classificação de Köppen, a área onde foi realizada a pesquisa apresenta clima do tipo Ams', tropical chuvoso de monção, com verão seco.

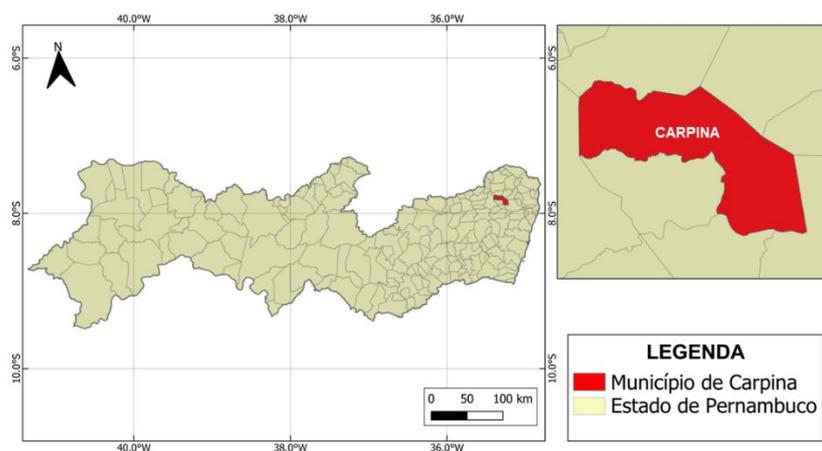


Figura 1. Mapa do Estado de Pernambuco com destaque no município de Carpina.

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, em uma área que possuía 13,20 m de comprimento e 4,5 m de largura e pé direito de 2,80 m, no qual é composta de 48 vasos com capacidade de 85 L cada, diâmetro externo na borda superior 0,51 m e na borda inferior de 0,40 m, altura externa de 0,60 m, equidistantes a 1,0 m, nas duas direções, sendo os vasos assentados a 0,20 m de altura da superfície do solo (Figura 2).



Figura 2. Vista frontal da área experimental. Fonte: Autores (2022).

Para o preenchimento dos vasos, inicialmente foi adicionada uma camada de brita com granulometria de 25 mm, totalizando um volume de 0,48 m³ para os 48 vasos, com o objetivo de facilitar a drenagem. Logo após a adição da camada de brita, foi inserida uma manta geotêxtil encobrendo toda a face superior da brita, com o intuito de reter partículas provindas da camada superior, onde está contido o solo, para a camada inferior e sistema de drenagem.

Os vasos foram preenchidos com a mesma massa de solo seco (47 kg), determinada por meio da relação de umidade do solo com base em massa, de acordo com a equação 1:

$$U = \frac{MSU - MSS}{MSS} \quad 1)$$

Em que:

U = Umidade a base de massa (g/g);

MSU = Massa de Solo Úmido (g);

MSS = Massa de Solo Seco (g).

O solo utilizado para o preenchimento dos vasos foi classificado, de acordo com EMBRAPA (2013), como ARGISSOLO AMARELO distrófico Abrupto, o qual apresenta textura franco arenosa e foi coletado no município de Carpina –PE. Para o preenchimento dos vasos o solo foi distribuído e acomodado a cada 10 cm, tendo cada parcela experimental apresentado a estrutura esquematizada na Figura 3.

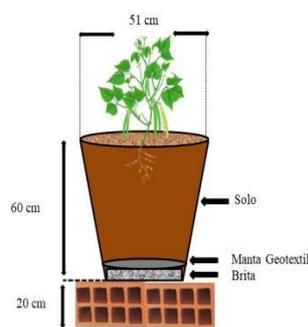


Figura 3. Esquema ilustrativo do preenchimento dos vasos de cada parcela experimental. Fonte: Autores (2022).

Antes da implantação do experimento foram realizadas análises químicas e físicas do solo, além da análise química da água de abastecimento utilizada no experimento (Tabela 1). Visando-se a correção da acidez do solo o qual apresentou pH de 4,5 foi realizada uma calagem com calcário calcítico, visando-se a correção do pH e a neutralização do Al trocável, aplicando-se $60,29 \text{ g.dm}^{-3}$ em cada vaso, de acordo com procedimentos metodológicos preconizados por Cavalcanti et al. (2008).

Tabela 1. Características químicas e físicas do solo utilizado para o preenchimento dos vasos e caracterização química da água de abastecimento utilizada no experimento.

Caracterização química do solo																
pH	P	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	K ⁺	Al ⁺³	H ⁺ +Al ⁺³	SB	CTC	T	Cu	Fe	Mn	Zn	V	M.O
H ₂ O	mg dm ⁻³	cmolc dm ⁻³									mg dm ⁻³			%	g kg ⁻¹	
4,5	8,0	1,60	1,0	0,66	0,18	0,55	4,33	3,44	7,77	3,99	0,10	33,0	9,27	1,08	44,27	2,64
Caracterização física do solo																
Areia	Silte	Argila	Classificação Textural			Ds	Dp	Porosidade total								
g kg ⁻¹			-			g cm ⁻³		%								
730	90	180	Franco arenoso			1,37	2,52	45,60								
Caracterização química da água de abastecimento																
pH	CE	K ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	Amônia	Sulfato	Alcalinidade	Cloretos							
-		mg L ⁻¹														
6,8	0,2275	4,0	11,22	2,92	32,10	0,00	9,32	54,0	38,04							

P: Fósforo; Ca²⁺ = Cálcio; Mg²⁺ = Magnésio; Na⁺ = Sódio; K⁺ = Potássio; Al³⁺ = Alumínio; Ds: Densidade do solo; Dp: Densidade de partículas; CE: Condutividade elétrica.

Os tratamentos foram arranjados em esquema fatorial 5x2+2, sendo cinco lâminas de irrigação equivalentes 40, 60, 80, 100 e 120% da evapotranspiração da cultura (Etc), combinadas com dois tipos de aplicação de fertirrigação (pulsada e contínua), mais dois tratamentos adicionais (adubação convencional irrigada por pulso e contínua). Os tratamentos adicionais foram irrigados com lâmina de 100% da ETc. Foi adotado um delineamento em blocos ao acaso (DBC), com quatro repetições, totalizando 48 unidades experimentais.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso (DBC), com quatro repetições, totalizando 48 unidades experimentais (Figura 4).

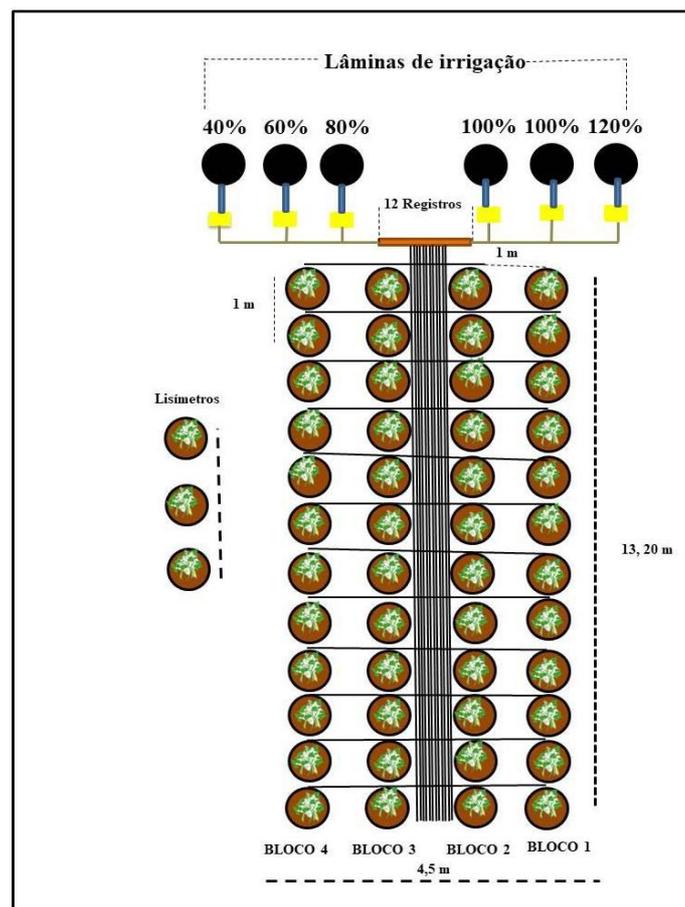


Figura 4. Croqui da área experimental. Fonte: Autora (2022).

Para a condição de aplicação da irrigação por pulsos, foram definidos cinco pulsos de irrigação com intervalo de 60 minutos de repouso entre irrigações. As recomendações de adubação convencional e de fertirrigação foram realizadas conforme sugestões preconizadas por Novais et al. (1991). As fertirrigações de cada uma das parcelas experimentais foram iniciadas no início da fase V2 quando as plantas apresentarem folhas

unifolioladas e completamente abertas (aproximadamente aos 10 dias após a semeadura (DAS)) (VALE et al., 2017).

Os percentuais de fertilizantes aplicados foram distribuídos da seguinte forma: 20% aplicados da fase V2 a V5 resultando em 4 aplicações (duas por semana), 70% aplicados da fase V6 a R2 resultando em 3 aplicações (uma por semana) e 10% aplicados da fase R3 a R4 com uma aplicação semanal.

Os fertilizantes utilizados nas fertirrigações foram o fosfato monoamônico - MAP (12% de N e 61% de P_2O_5), haifa multi - NPK (13% de N, 2% de P_2O_5 e 44% de K_2O), MS-multimicro (7% de B, 1% de Cu, 9,5% de S, 7% de Mn, 0,1% de Mo e 12% de Zn) e Fe-EDTA-6% Fe. As quantidades totais de fertilizantes utilizados nas oito fertirrigações realizadas foram 16,02 g, 23,11 g, 1,56 g, 1,2 g de haifa multi-NPK, fosfato monoamônico/MAP, MS-multimicro e Fe-EDTA-6% Fe, respectivamente.

Para o armazenamento das soluções fertilizantes utilizadas dentro de cada uma das lâminas de reposição avaliadas e na irrigação das testemunhas foram utilizados seis reservatórios com capacidade para 110 L cada (Figura 5).



Figura 5. Reservatórios de 110 L utilizados para o armazenamento das soluções fertilizantes. Fonte: Autores (2022).

O sistema de irrigação utilizado foi o gotejamento com emissores autocompensantes, vazão nominal de 2 L h^{-1} , sendo utilizado 1 gotejador em cada vaso de 85 L, composto por 6 reservatórios com capacidade de 110 L (Figura 5), filtro de disco e eletrobomba centrífuga de eixo horizontal de 0,5 CV, a qual foi responsável pela coleta e impulso da solução fertilizante. As subunidades de irrigação foram constituídas por tubulações laterais nas foram inseridas, por meio de conectores, tubos de PEBD PN 30 DN 16 mm, em que interliga a fita de gotejo e a linha de distribuição de água.

A linha central possuía 4 ramificações as quais atenderam cada uma sua respectiva parcela experimental. A pressão de serviço, do sistema de irrigação, foi regulada em 10 m.c.a através de manômetro tipo bourdon. A lâmina de irrigação foi fornecida às plantas a cada dois dias e foi determinada para cada um dos tratamentos avaliados, sendo a reposição da mesma realizada conforme a necessidade das plantas. Logo, para a realização da irrigação utilizou-se três lisímetros de drenagem, seguindo o mesmo padrão dos vasos utilizados na montagem das parcelas experimentais (Figura 6).

Para coleta da água percolada, ao longo do perfil do solo nos lisímetros, foram adicionadas saídas, na parte inferior de cada lisímetro. O ponto de saída foi conectado a uma tubulação de PVC (policloreto de vanila) DN 20 mm, que serviu para guiar a água percolada, ao longo do perfil do solo, até a garrafa PET, que foi utilizada como recipiente de coleta do drenado (Figura 6).



Figura 6. Lisímetro de drenagem e garrafa PET utilizada para a coleta do drenado. Fonte: Autores (2021).

A apuração do balanço hídrico foi realizada a cada 24 horas, sendo a ET_c obtida pela diferença entre a lâmina de Irrigação (L_i) aplicada e a lâmina de drenagem (L_d) coletada ($ET_c = L_i - L_d$). O valor bruto (V_b) de irrigação requerido foi calculado por meio da razão entre o volume evapotranspirado (V_e) para 100% da ET_c e a eficiência de aplicação de água (E_a) do sistema de irrigação. As demais lâminas foram proporcionalizadas a partir desta. O tempo de irrigação foi determinado por meio da razão entre o volume bruto (V_b) de irrigação e a vazão do gotejador (q_e) ($T_i = V_b / q_e$).

A determinação das vazões dos gotejadores foi realizada antes e depois do experimento conforme metodologia adotada por Merriam e Keller (1978), no qual foi coletado durante cinco minutos em um recipiente plástico de 250 ml, o volume de água aplicado pelos emissores de cada vaso, totalizando 48 gotejadores. Após a coleta, imediatamente o volume de água foi pesado em balança eletrônica. As variáveis analisadas foram vazão média “ q_m ” e o Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD), este último determinado através da razão entre a vazão média do menor quartil “ $q_{m25\%}$ ” e a vazão média “ q_m ” de todos os gotejadores amostrados, $CUD = (q_{m25\%}) / (q_m)$.

A cultura avaliada foi o feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L.) cultivar BRS Tumucumaque. Foram semeadas 10 sementes por vaso a 5 cm de profundidade. Após a germinação e estabelecimento das plântulas foi realizado o desbaste mantendo-se uma planta por vaso. Também foi realizado, ao longo de todo o ciclo, o monitoramento das plantas com intuito de identificar ocorrências de pragas e doenças e assim realizar o controle fitossanitário, para minimizar a ação de agentes externos e garantir a produção.

A colheita foi realizada quando os grãos apresentaram entre 60-70% de umidade (Figura 7).



Figura 7. (A) Desenvolvimento do feijão-caupi e (B) Vagem identificada para colheita, através do intumescimento e mudança de coloração na vagem. Fonte: Autor (2021).

Em seguida, todo o material vegetal coletado foi lavado em água corrente e água deionizada. Posteriormente, visando-se a obtenção da matéria seca, todo o material coletado foi colocado em estufa a 65° C até a obtenção de peso constante (Figura 8). Após a secagem, o material foi pesado e em seguida processado em moinho tipo Willey, com

peneira de 2 mm e armazenado para posterior quantificação das concentrações de N, P e K na parte aérea e nos frutos da cultura.



Figura 8. Material sendo colocado em estufa com ventilação forçada de ar. Fonte: Autores, 2022.

A extração dos macronutrientes primários foi realizada por via úmida, onde, para o N a digestão foi feita em sistema aberto usando bloco digestor como fonte de calor e a mistura de ácido sulfúrico (H_2SO_4), peróxido de hidrogênio (H_2O_2) e mistura digestora para digerir a matéria seca, e para os demais nutrientes P, K, a digestão foi realizada em sistema fechado usando forno micro-ondas como fonte de calor e ácido nítrico concentrado (HNO_3) para digerir a matéria seca conforme Silva (2009).

A quantificação dos teores de N total foi realizada pelo método de arraste de vapor (Kjeldahl); K pelo método de fotometria de chamas e P pelo método colorimétrico molibdo-vanadato, de acordo com procedimentos metodológicos preconizados por Bezerra Neto e Barreto (2011).

Os resultados das análises químicas forneceram as concentrações dos macronutrientes N, P e K e para a quantificação do acúmulo destes, foi multiplicado a concentração encontrada em cada uma das partes avaliadas (parte aérea) e (frutos) pela quantidade de massa de matéria seca acumulada nestas respectivas partes. A exportação de cada um dos macronutrientes primários correspondeu ao acúmulo total de cada macronutriente quantificado nos frutos (vagem + grãos).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F e, quando constatados efeitos significativos, estes foram submetidos à análise de regressão (lâminas de irrigação) e à comparação de médias (reposição da lâmina de forma contínua e de

forma pulsada) pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. As testemunhas foram comparadas entre si pelo teste de Scott-Knott a 5 % de probabilidade.

A escolha do modelo que melhor se ajustou aos dados foi baseada em quatro critérios: efeito não significativo do desvio de regressão, significância dos parâmetros da equação de ajuste ($P < 0,05$), maior valor do coeficiente de determinação (R^2) e explicação biológica de cada variável em função dos tratamentos avaliados.

8. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com o resumo da análise de variância, apresentado na Tabela 2, para o acúmulo de macronutrientes da cultura do feijão-caupi, verifica-se que houve efeito significativo de forma isolada para o manejo de aplicação e das lâminas de reposição da ETc sobre a variável fósforo (P). Já para o nitrogênio (N) e o potássio (K) constatou-se efeito significativo de interação entre os fatores tipos de aplicação da fertirrigação e lâminas de reposição da ETc. Em relação às testemunhas adubadas de forma convencional e irrigadas com lâmina de 100% da ETc, observou-se efeito significativo para o fator manejo de irrigação (pulsada e contínua) sobre as variáveis nitrogênio e potássio (K).

Tabela 2. Resumo da análise de variância para acúmulo de macronutrientes (N, P, K) na cultura do feijão-caupi BRS Tumucumaque. Carpina- PE, 2022.

FV	GL	Quadrado Médio Macronutrientes		
		N	P	K
Lâminas (L)	4	186,696**	4,991**	34,000 ^{ns}
Manejo (M)	1	145,542**	19,289*	412,068**
L X M	4	85,517*	0,070 ^{ns}	46,807*
Blocos	3	2,877 ^{ns}	0,543 ^{ns}	23,392 ^{ns}
Resíduo	27	24,391	0,446	14,064
CV	%	8,06	7,77	22,48
Testemunha	1	136,951*	1,240 ^{ns}	33,208**
Blocos	3	3,667 ^{ns}	1,391 ^{ns}	5,125 ^{ns}
Resíduo	3	5,888	1,714	0,580
CV	%	4,01	15,19	5,29

^{ns} não significativo; * e **: Significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente. N = nitrogênio; P = fósforos; K = potássio.

Na Figura 9, observou-se o efeito de interação entre as lâminas de reposição da ETc e os tipos de aplicação da fertirrigação sobre o acúmulo de nitrogênio na planta. De acordo com a análise do desdobramento do fator lâminas de reposição da ETc dentro do fator tipos de aplicação da fertirrigação pulsada, o acúmulo máximo de N foi de 4,77g

planta⁻¹ obtido na lâmina de 80,30% da ETc, apresentando incremento percentual de 79,76% sobre a lâmina de 40% da ETc e de 11,93% sobre a lâmina de 100% da ETc.

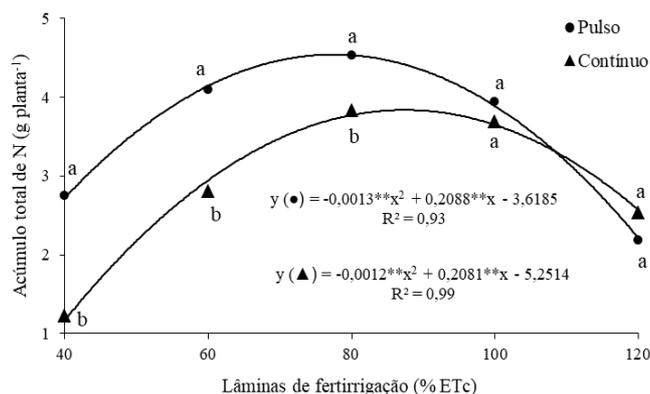


Figura 9. Acúmulo total de nitrogênio (N) na cultura do feijão-caupi sob efeito da interação dos fatores lâminas de fertirrigação e tipos de aplicação da fertirrigação. Carpina-PE, 2022. Letras diferentes indicam diferenças significativas entre os tipos de fertirrigação (pulsada e contínua) pelo teste de Scott Knott ($p < 0,05$).

Com relação à aplicação de forma contínua, observa-se que o acúmulo máximo de N foi de 3,77 g planta⁻¹ obtido na lâmina de 86,7% da ETc, constatando-se incremento de 227,08% sobre a lâmina de 40% da ETc e de 5,94% sobre a lâmina de 100% da ETc.

Segundo Haro & Carrega (2019), a saturação do solo provoca estresse hídrico às plantas, devido às condições ambientais desfavoráveis para o seu crescimento. Esta condição resulta na falta de oxigênio para as raízes, o que provoca a morte dos tecidos radiculares por favorecer a fermentação láctica e acidose nas células, podendo também levar a redução na absorção de nutrientes e água.

No desdobramento dos tipos de aplicação da fertirrigação dentro das lâminas de reposição da ETc (Figura 9), verificou-se diferença significativa entre a fertirrigação pulsada e contínua nas lâminas de 40, 60 e 80% da ETc, constatando-se incrementos percentuais de 130,2; 45,11 e 28,22, respectivamente, do acúmulo de N pelas plantas, em relação ao acúmulo do nutriente obtido com a aplicação da fertirrigação de forma contínua.

Segundo Menezes et. al (2020), incrementos percentuais na absorção de nutrientes com o fator tipos de aplicação da fertirrigação (fertirrigação pulsada e fertirrigação contínua), evidenciam que a constância da umidade do solo ao longo do dia em decorrência da aplicação da fertirrigação por pulsos contribui para uma melhor estabilidade da solução do solo, e conseqüentemente, proporciona uma maior absorção do nutriente em relação à absorção do mesmo quando fertirrigado de forma contínua.

Por meio da Figura 10 A se observou o acúmulo de fósforo em função das lâminas de reposição da ETc. Verificou-se que o acúmulo máximo de fósforo ($0,457 \text{ g planta}^{-1}$) foi obtido na lâmina de 74,50% sendo constatado incremento percentual de 107,82 em relação à lâmina de 40% da ETc.

Sob condições de estresse hídrico, a planta fecha seus estômatos havendo a diminuição de trocas gasosas e, conseqüentemente, a inibição de processos bioquímicos e fisiológicos como respiração e absorção de nutrientes (Costa et al., 2021).

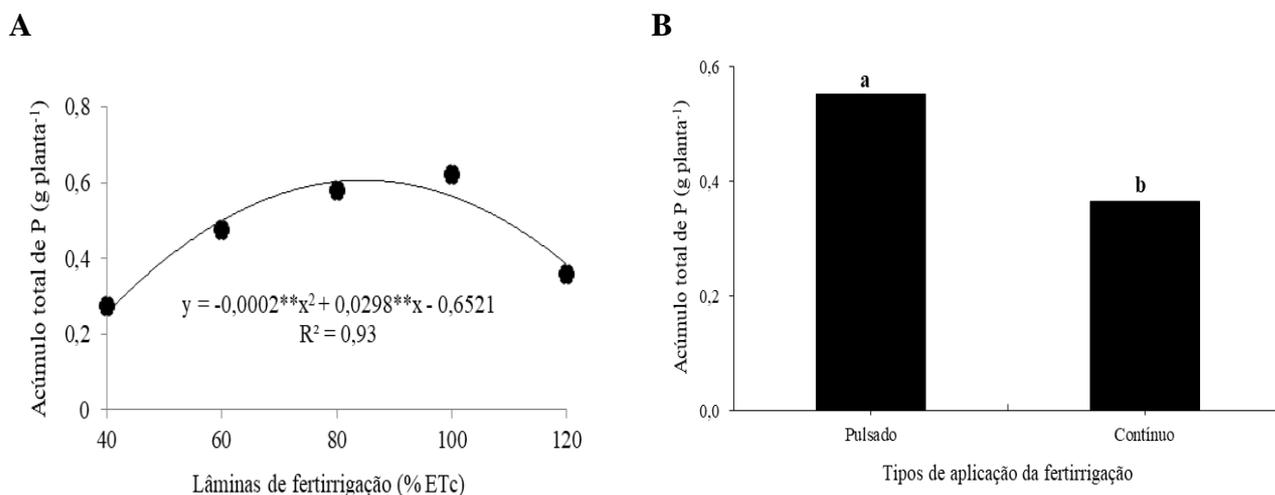


Figura 10. Acúmulo total de fósforo (P) em função das lâminas de fertirrigação aplicadas (A) e dos tipos de aplicação da fertirrigação (B). Carpina-PE, 2022. Letras diferentes indicam diferenças significativas entre os tipos de aplicação da fertirrigação (fertirrigação pulsada e contínua) pelo teste de Scott Knott ($p < 0,05$).

Já para o efeito dos tipos de aplicação da fertirrigação (Figura 10 B), observa-se que a fertirrigação pulsada proporcionou maior acúmulo de P ($0,6 \text{ g planta}^{-1}$) proporcionando um incremento de 66,7% no acúmulo do nutriente em relação à aplicação da fertirrigação aplicada de forma contínua ($0,36 \text{ g planta}^{-1}$).

Segundo Almeida et al. (2018) a irrigação por pulsos mantém o solo úmido por um período de tempo mais longo, com a aplicação de um menor volume de água, o que ocasiona, conseqüentemente, uma menor perda de nutrientes por lixiviação e permite um melhor desenvolvimento das plantas. Assouline et al. (2006), explicam que a disponibilidade e a absorção do fósforo são favorecidas pela alta frequência de irrigação.

A análise do desdobramento, para o acúmulo de potássio na cultura do feijão-caupi, revelou efeito significativo de interação entre as lâminas de reposição da ETc e os tipos de aplicação da fertirrigação (Figura 11). Analisando o fator lâminas de reposição da ETc

dentro do fator tipos de aplicação da fertirrigação pulsada, observa-se que o acúmulo máximo foi de 1,15 g planta⁻¹, obtido na lâmina de 69,4% da ETc, revelando incremento de 58,88% sobre a lâmina de 40% da ETc.

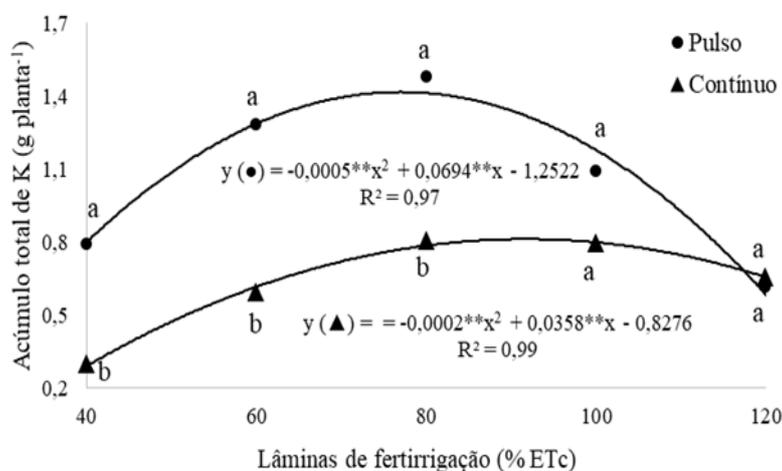


Figura 11. Acúmulo total de potássio (K) na cultura do feijão-caupi sob efeito da interação dos fatores lâminas de fertirrigação e tipos de aplicação da fertirrigação. Letras diferentes indicam diferenças significativas entre os tipos de aplicação da fertirrigação (pulsada e contínua) pelo teste de Scott Knott ($p < 0,05$).

No que se refere à aplicação de forma contínua (Figura 11), consta-se que o acúmulo máximo de K foi de 0,77 g planta⁻¹ obtido na lâmina de 89,5% da ETc, o que correspondeu a um incremento de 170,75% sobre a lâmina de 40% da ETc.

Segundo Taiz & Zeiger (2013), a quantidade de água presente no solo afeta o contato do potássio com a raiz, assim como sua absorção. Souza et al. (2006) e Taiz & Zeiger (2013) acrescentam que o excesso ou a deficiência hídrica limita o crescimento vegetal, uma vez que a água é fundamental a todos os processos fisiológicos e bioquímicos da planta.

No desdobramento dos tipos de aplicação da fertirrigação dentro de cada uma das lâminas de reposição da ETc, verificou-se diferença significativa entre a fertirrigação pulsada e contínua nas lâminas de 40, 60 e 80% da ETc constatando-se incrementos percentuais de 154,15; 85,17 e 45,39, respectivamente, no acúmulo de K em relação ao acúmulo do nutriente obtido com a aplicação da fertirrigação de forma contínua.

Um melhor desempenho do manejo de irrigação pulsada em relação à irrigação contínua também foi constatado por Abuarab, El-mogy & Lotfy (2011) e Eid, Barkry, Taha (2013) em suas pesquisas. Nesse sentido, a alta frequência obtida com a adoção da

técnica da fertirrigação por pulsos, melhora a disponibilidade de nutrientes, permitindo maior produção de matéria seca e aumento na absorção de água (Assouline et al., 2012; Zamora, 2018).

Na Tabela 3, pode-se observar que os tratamentos testemunhas, os quais foram adubados de forma convencional e irrigados de forma pulsada (testemunha 1) e de forma contínua (testemunha 2), com a lâmina de 100% da ETc, proporcionaram diferenças significativas sobre as variáveis nitrogênio (N) e potássio (K).

Verifica-se que os maiores valores para as variáveis analisadas foram obtidos por ocasião da aplicação da irrigação de forma pulsada, tendo constatado incrementos de 114,52% para o N; de 148,72% para o K.

Tabela 3. Teste de médias para as variáveis de acúmulo total de nutrientes para o feijão-caupi BRS Tumucumaque adubado de forma convencional e irrigado de forma pulsada e contínua com a lâmina de 100% da ETc. Carpina-PE, 2022.

Manejo da irrigação	N	K
	-----g planta ⁻¹ -----	
Pulsado	3,84 a	0,97 a
Contínuo	1,79 b	0,39 b

Letras diferentes indicam diferenças significativas entre os tipos de manejo da irrigação (irrigação pulsada e contínua) pelo teste de Scott Knott ($p < 0,05$).

Observando o Resumo da Análise de Variância, apresentado na Tabela 4, para a exportação de macronutrientes da cultura do feijão-caupi, verifica-se que houve efeito significativo de forma isolada para os tipos de aplicação da fertirrigação (fertirrigação pulsada e fertirrigação contínua) e das lâminas de reposição da ETc sobre a variável fósforo (P).

Para o potássio (K) houve efeito significativo apenas para o fator lâminas de reposição da ETc. As testemunhas adubadas de forma convencional e irrigadas com 100% da ETc, apresentaram efeito significativo para os tipos de aplicação da irrigação (pulsada e contínua) sobre as variáveis nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K).

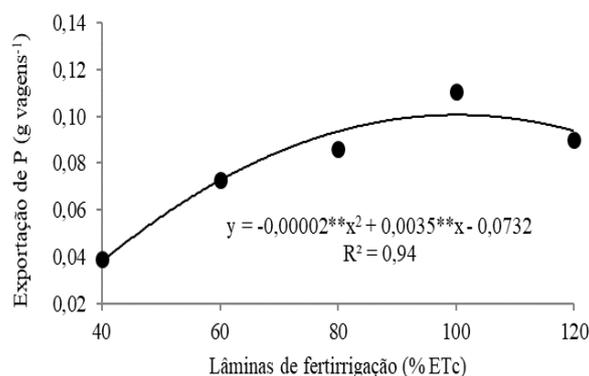
Tabela 4. Resumo da análise de variância para exportação de macronutrientes (N, P, K) na cultura do feijão-caupi BRS Tumucumaque. Carpina- PE, 2022.

FV	GL	Quadrado Médio		
		Exportação		
		N	P	K
Lâminas (L)	4	17,053 ^{ns}	3,108**	1,648**
Manejo (M)	1	87,468 ^{ns}	2,623*	0,539 ^{ns}
L X M	4	0,566 ^{ns}	0,411 ^{ns}	0,065 ^{ns}
Blocos	3	9,543 ^{ns}	1,315 ^{ns}	0,944*
Resíduo	27	21,439	0,519	0,250
CV	%	13,50	16,43	17,40
Testemunha	1	52,020*	2,123**	0,480*
Blocos	3	1,863 ^{ns}	0,137*	0,018 ^{ns}
Resíduo	3	3,925	0,005	0,015
CV	%	5,45	1,58	3,68

^{ns} não significativo; * e **: Significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente. N = nitrogênio; P = fósforos; K = potássio.

Para a exportação do fósforo em função das lâminas de fertirrigação (Figura 12A) observou-se que a exportação máxima do nutriente (0,08 g vagens⁻¹), foi obtida na lâmina de 87,5% da ETc, apresentando incremento percentual de 129,8 sobre a lâmina de 40% da ETc.

A



B

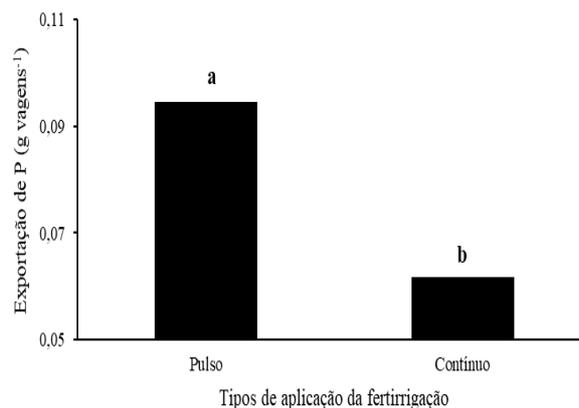


Figura 12. Exportação total de fósforo (P) em função das lâminas de fertirrigação aplicadas (A) e dos tipos de aplicação da fertirrigação (B). Carpina-PE, 2022. Letras diferentes indicam diferenças significativas entre os tipos de aplicação da fertirrigação (pulsada e contínua) pelo teste de Scott Knott ($p < 0,05$).

Segundo Vurukonda et al. (2016), em condições de baixa disponibilidade hídrica as plantas absorvem menor quantidade de nutrientes, devido a diminuição de nutrientes disponíveis na solução do solo e conseqüentemente, inviabiliza o transporte destes para o fruto e parte aérea da planta.

Já para o tipo de aplicação da fertirrigação (Figura 12 B), observa-se que a fertirrigação pulsada proporcionou um incremento de 50% sobre a exportação de P em relação à aplicação da fertirrigação de forma contínua.

Zamora et al. (2021), relatam que a frequência hídrica em decorrência da aplicação da fertirrigação por pulsos gera um aumento do bulbo úmido na zona radicular da planta, reduzindo a perda de água por evaporação, quando comparada a aplicação da fertirrigação contínua, proporcionando maior disponibilização e absorção de nutrientes, e conseqüentemente a exportação do mesmo, pela parte aérea da planta.

Com relação à exportação do potássio (K) na cultura do feijão-caupi em função das lâminas de reposição da ETc (Figura 13), ajustou-se o modelo linear crescente. Observa-se que o valor máximo de K exportado foi de 0,074 g vagens⁻¹, obtido na lâmina de 120% da ETc, apresentando acréscimo de 0,0005% para cada aumento unitário da lâmina de reposição da ETc.

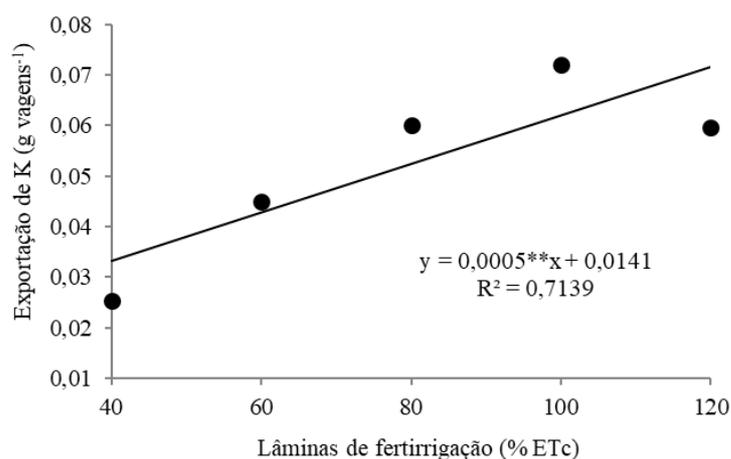


Figura 13. Exportação total do K na cultura do feijão-caupi em função das lâminas de fertirrigação aplicadas.

De acordo com Paes (2016) a diminuição da quantidade de água no solo reduz o movimento dos nutrientes transportados tanto em fluxo de massa como difusão. Esse mecanismo ocorre devido o fechamento dos estômatos, no qual o fluxo transpiratório e o

fluxo de massa são reduzidos, afetando diretamente a absorção dos macronutrientes, N, P, K, pelas plantas.

Na Tabela 5, pode-se verificar que os tratamentos testemunhas, os quais foram adubados de forma convencional e irrigados de forma pulsada (testemunha 1) e de forma contínua (testemunha 2), com a lâmina de 100% da ETc, proporcionaram diferenças significativas sobre as variáveis nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K).

Observa-se que os maiores valores para as variáveis analisadas foram obtidos com a aplicação da irrigação de forma pulsada, tendo-se constatado incrementos nos valores exportados de 48,15% para o N; de 83,33% para o P; de 40% para a K.

Tabela 5. Teste de médias para as variáveis de exportação de nutrientes para o feijão-caupi BRS Tumucumaque adubado de forma convencional e irrigado de forma pulsada e contínua com a lâmina de 100% da ETc. Carpina-PE, 2022.

Manejo da irrigação	N	P	K
	-----g vagens ⁻¹ -----		
Pulsado	0,80 a	0,11 a	0,07 a
Contínuo	0,54 b	0,06 b	0,05 b

Letras diferentes indicam diferenças significativas entre os tipos de manejo da irrigação (irrigação pulsada e contínua) pelo teste de Scott Knott ($p < 0,05$).

9. CONCLUSÕES

As lâminas de fertirrigação entre 70 e 100% da ETc foram as que proporcionaram, maior acúmulo dos nutrientes (N, P, K,) enquanto que as lâminas de 40% e 120% influenciaram na redução do acúmulo total desses nutrientes na parte aérea da planta;

As lâminas de fertirrigação entre 80 e 120% da ETc proporcionaram maior exportação dos nutrientes P, K e a lâmina de 40% da ETc foi a que promoveu os menores valores de exportação dos nutrientes avaliados;

A fertirrigação pulsada promoveu maior acúmulo e exportação para as variáveis N, P, K, em relação a fertirrigação contínua;

As plantas irrigadas com a lâmina de 100% da ETc e adubadas convencionalmente apresentaram maior acúmulo e exportação de nutrientes quando a aplicação da lâmina foi realizada de forma pulsada em detrimento da aplicação de forma contínua;

A ordem decrescente de acúmulo total de nutrientes pela cultura do feijão-caupi, para ambos os tipos de aplicação da fertirrigação e manejos da irrigação nas plantas adubadas convencionalmente foi: $N > K > P$.

A ordem decrescente de exportação de nutrientes pelas vagens e grãos do feijão-caupi, para ambos os tipos de aplicação da fertirrigação e para as plantas adubadas convencionalmente e irrigadas por pulso e de forma contínua, foi: $N > P > K$.

10. CRONOGRAMA DE ATIVIDADES

Atividades	2021					2022						
	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J
Revisão Bibliográfica	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Coleta de solo e análise de solo, preparo e montagem da estrutura experimental	X											
Compra de sais fertilizantes e defensivos	X											
Condução do experimento		X	X	X	X							
Coleta de dados		X	X	X	X							
Análises laboratoriais						X	X					
Análises estatísticas dos resultados						X	X	X				
Redação de trabalhos científicos e apresentação em eventos da área											X	X
Elaboração e apresentação de relatórios						X	X	X			X	X

11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abuarab, M. E.; El-Mogy, M.; Lotfy, A. Response of green bean to pulse subsurface trickle irrigation. *Misr Society of Agricultural Engineering*, v.28, p.1-17, 2011.

Almeida, W. F. Gotejamento por pulsos e cobertura do solo na formação do bulbo molhado e produtividade da alface americana. Lavras: UFLA, 2012. 80p. Tese Doutorado.

Almeida, W.; Paz, V. S.; Jesus, A. P. C.; Silva, J. S.; Gonçalves, K. S.; Oliveira, A. S. Yield of green beans subjected to continuous and pulse drip irrigation with saline water. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.22, p.476-481, 2018.

Assouline, S.; Moller, M.; Bem-Hur, M.; Grava, A.; Narkis, K.; Silber, A. Soil-plant system response to pulsed drip irrigation and salinity. *Soil Science Society of America Journal*, v.70, p.1556-1568, 2006.

Assouline, S.; Moller, M.; Furman, A.; Narkis, K.; Silber, A. Impacto of water regime and growing conditions on soil-plant interactions: from single plant to field scale. *Vadose Zone J.*, v.11, p.3-14, 2012.

Bezerra Neto, E.; Barreto, L. P. Análises químicas e bioquímicas em plantas. Recife: UFRPE, Editora Universitária, 2011. 267 p.

Biscaro, G. A.; Oliveira, A. C. Fertirrigação. In: Biscaro, G. A. (Org.). Sistema de irrigação localizada, Dourados: UFGD, 2014, Cap. 3, p. 69-108.

Cavalcanti, F. L. A.; Santos, J. C. P.; Pereira, J. R.; Leite, J. P.; Silva, M. C. L.; Freire, F. J.; Silva, D. J.; Sousa, A. R.; Messias, A. S.; Faria, C. M. B.; Burgos, N.; Lima Júnior, M. A.; Gomes, R. V.; Cavalcanti, A. C.; Lima, J. F. V. F. Recomendações de Adubação para o Estado de Pernambuco. 2008. 212 p.

Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB). Tabela de dados – Produção e balanço de oferta e demanda de grãos. Conab, 2024. Disponível em: <www.conab.gov.br>. Acesso em: 15mai. 2024.

Costa, V. S.; Silva, S. M.; Alves, A. C. O.; Aguilá, L. S. H. Estresse Hídrico por excesso em soja cultivada em solos hidromórficos. UFPEL, 2021.

Eid, A. R.; Bakry, B. A.; Taha, M. H. Effect of pulse drip irrigation and mulching systems on yield, quality traits and irrigation water use efficiency of soybean under sandy soil conditions. *Agricultural Sciences*, v.1, p.249-261, 2013.

Elnesr, M. N.; Alazba, A. A.; Zein El-abedein, A. L.; El-adl, M. M. Evaluating the effect of three water management techniques on tomato crop. *PLoS One*, v. 10, p. 1-17, 2015.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 3. Ed. Brasília, 2013. 353p.

FAO. Crops. Cow peas, dry, 2015. Disponível em:<<https://www.fao.org/faostat/en/#home>>. Acesso em: 03 mar. 2022.

Freitas, T. G. G.; Silva, P. S. L.; DoVale, J. C.; Silva, E. M. Rendimento de grãos verdes e análise de trilha em variedades tradicionais de feijão-caupi. *Revista Caatinga*, Rio Grande do Norte, v.29, p.1-12, 2016.

Haro, R. J.; Carrega, W. C. Efeitos do estresse hídrico na cultura do amendoim. In: Silva, R. P.; Santos, A. F.; Carrega, W. C. (Org.). *Avanços na produção de amendoim*. Jaboticabal: Funep, 2019. Cap. 3, p.55-66.

Magalhães, I. P. B.; Sediyaama, M. A. N.; Silva, F. D. B.; Vidigal, S. M.; Pinto, C. L. O.; Lopes, I. P. C. Produtividade e exportação de nutrientes em feijão-vagem adubado com esterco de galinha. *Revista Ceres*, Viçosa, v.64, p.98-107, 2017.

Menezes, S. M.; Silva, G. F.; Zamora, V. R. O.; Silva, M. M.; Silva, A. C. R. A.; Silva, E. F. F. Nutritional status of coriander under fertigation depths and pulse and continuous drip irrigation. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.24, p.364-371, 2020.

Merriam, J. L.; Keller, J. *Farm irrigation system evaluation: a guide management*. 3ed. Logan: Utah State University. 1978. 217p.

Nogueira, C. C. P.; Bastos, E. A.; Cardoso, M. J.; Andrade júnior, A. S. Ribeiro, V. Q. Viabilidade econômica do feijão-caupi verde irrigado na microrregião de Teresina, Piauí. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2019. 10p. (Circular técnica, 250).

Novais, R. F.; Neves, J. C. L.; Barros, N. F. Ensaio em ambiente controlado. In: Oliveira, A. J.; Garrido, W. E.; Araújo, J. D.; Lourenço, S. (Coord.). *Métodos de pesquisa em*

fertilidade do solo. Brasília: EMBRAPA-SEA, 1991. p.190-253. (EMBRAPA-SEA. Documentos, 3).

Paes, J. L. de A. Crescimento e acúmulo do fósforo em milho, em resposta à adubação localizada do nutriente e à disponibilidade de água. 2016. 59 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2016.

Pereira, V. G. M. F.; Lopes, A. S.; Belchior, A. S.; Júnior, E. D. F.; Pacheco, A.; Brito, K. R. M. Irrigação e fertirrigação na cultura do eucalipto. *Ciência Florestal*. MS (Aquidauana), v.29, p.22-34, 2019.

Souza, M. J. H., Ribeiro, A.; Leite, H. G.; Minuzzi, R. B. Disponibilidade hídrica do solo e produtividade do eucalipto em três regiões da bacia do Rio Doce. *Revista Árvore*, Viçosa-MG, v.30, n.3, p.399-410, 2006.

Silva, F. C. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. 2ª ed. Brasília:Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 627p.

Sallaku, G.; Sandén, H.; Babaj, I.; Kaciu, S.; Balliu, A.; Rewald, B. Specific nutrient absorption rates of transplanted cucumber seedlings are highly related to RGR and influenced by grafting method, AMF inoculation and salinity. *Scientia Horticulturae*, v.243, p.177-188, 2019.

Taiz, L; Zeiger, E. *Fisiologia vegetal*. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918 p.

Vale, J. C.; Bertini, C. H. C.; Teófilo, E. M.; Pinheiro, M. S.; Melo, L. F. Botânica e fenologia. In: Vale, J. C.; Bertini, C.; Borém, A. *Feijão -caupi do plantio à colheita*. Viçosa: UFV, 2017. Cap.2, p.37-51.

Vurukonda, S. S.; Vardharajula, S.; Shrivastava, M.; SKZ, A. Enhancement of drought stress tolerance in crops by plant growth promoting rhizobacteria. *Microbiological Research*, v.184, p.13-24, 2016.

Zamora, V. R. O. Gotejamento por pulsos sob cinco lâminas de fertirrigação na produtividade da cultura do coentro. 2018. 90p. (Dissertação)- Universidade Federal Rural de Pernambuco. Pernambuco, 2018.

Zamora, V. R. O.; Silva, M. M.; Silva, G. F.; Santos Júnior, J. A.; Menezes, D.; Menezes, S. M. Pulse drip irrigation and fertigation water depths in the water relations of coriander. *Horticultura Brasileira*, v.37, p.22-28, 2019.

Zamora, V. R. O.; Silva, M. M.; Santos Júnior, J. A.; Silva, G. F.; Menezes, D.; Almeida, C. D. G. C. Assessing the productivity of coriander under diferente irrigation depths and fertilizers Applied with contínuos and pulsed drip systems. *Water Supply*, v. 21, n. 5, p. 2099-2108, 2021. Doi: 10.2166/ws.2021.008.

12. ATIVIDADES RELEVANTES DESENVOLVIDAS PELA BOLSISTA

A Bolsista participou assiduamente na condução dos experimentos da Mestranda Carolyne Silva de Souza, intitulado “Produção de grãos verdes de feijão-caupi fertirrigado por gotejamento contínuo e pulsado” e do experimento da Doutoranda Sirleide Maria de Menezes intitulado “Produção de cana-de-açúcar sob lâminas de irrigação por gotejamento pulsado e contínuo” ambos na Estação experimental de Cana-de-Açúcar de Carpina (EECAC). Além das atividades realizadas em ambiente protegido, a Bolsista também desenvolveu atividades relacionadas às análises químicas de tecido vegetal nos seguintes Laboratórios: Mecânica dos Solos, Dinâmica de Água no Solo e Análise de Água, localizados no Departamento de Engenharia Agrícola (DEAGRI) na Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), e no Laboratório de Química do Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA).

Concomitantemente ao processo experimental, também participou, como ouvinte, de Semanas Online voltadas para área da Engenharia Agrícola e Ambiental e de Redação Científica, afim de aperfeiçoar os seus conhecimentos adquiridos durante o período da Iniciação Científica e da Graduação, e como apresentadora dos seguintes trabalhos:

1. Participou do INOVAGRI INTERNATIONAL MEETING 2023, na modalidade pôster com os seguintes trabalhos:

- a. COSTA, M. V. G.; SOUZA, C. S.; VASCONCELOS, M. C.; SILVA, G. F.; SILVA, J. V. B. *Fertirrigação por gotejamento contínuo e pulsado sobre o acúmulo de macronutrientes primários do feijão-caupi.***
- b. COSTA, M. V. G.; SOUZA, C. S.; VASCONCELOS, M. C.; SILVA, G. F.; SILVA, J. V. B. *Fertirrigação por gotejamento contínuo e pulsado sobre a exportação de N, P, K pelo feijão-caupi.***

2. Artigo aceito para publicação, na Revista AGRIAMBI:

- a. COSTA, M. V. G.; SOUZA, C. S.; VASCONCELOS, M. C.; SILVA, G. F.; SILVA, J. V. B. *Fertirrigação por gotejamento contínuo e pulsado sobre a exportação de N, P, K pelo feijão-caupi*. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental.

3. Participou do JEPEX – Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão em 2023, na modalidade virtual com os seguintes trabalhos:

- a. COSTA, M. V. G.; SOUZA, C. S.; VASCONCELOS, M. C.; SILVA, G. F. *Acúmulo de macronutrientes primários no feijão-caupi fertirrigado por gotejamento contínuo e pulsado*.
- b. COSTA, M. V. G.; SOUZA, C. S.; VASCONCELOS, M. C.; SILVA, G. F. *Exportação de macronutrientes primários no feijão-caupi fertirrigado por gotejamento contínuo e pulsado*.

4. Recebeu Menção Honrosa no JEPEX – Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão em 2023, e fez apresentação oral do trabalho:

- a. *Acúmulo e exportação de macronutrientes primários no feijão-caupi fertirrigado por gotejamento contínuo e pulsado*.

5. Publicou artigo científico na Revista Caatinga, Qualis A4:

- a. SOUZA, C. S.; SILVA, G. F.; COSTA, M. V. G.; SILVA, M. M.; SILVA, J. V. B.; MENEZES, S. M.; COSTA, A. F.; DINIZ, A. A. *Fertirrigação contínua e pulsada sobre o acúmulo e exportação de nutrientes pelo feijão-caupi*. Revista Caatinga, Mossoró, v. 37, p. 1-12, 2024.

13. PARECER DO ORIENTADOR

A Bolsista desenvolveu Suas atividades de acordo com o Cronograma de Atividades apresentado na proposta original e no item 10 deste Relatório, sempre com muita pontualidade, determinação, compromisso e responsabilidade em todas as atividades desenvolvidas durante todas as etapas da pesquisa.