



BACHARELADO EM AGRONOMIA

RESPOSTAS DO FEIJÃO CAUPI EM FUNÇÃO DO USO DE DOSES DE POTÁSSIO

JACKELINE SOUSA BASTOS

POSSE – GO

2023

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO
CAMPUS POSSE**

BACHARELADO EM AGRONOMIA

**RESPOSTAS DO FEIJÃO CAUPI EM FUNÇÃO DO USO DE
DOSES DE POTÁSSIO**

JACKELINE SOUSA BASTOS

Trabalho de Curso apresentado ao Instituto Federal Goiano – Campus Posse, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Dr. Luciano Nogueira

POSSE – GO

2023

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

Bastos, Jackeline Sousa
BB327r RESPOSTAS DO FEIJÃO CAUPI EM FUNÇÃO DO USO DE
DOSES DE POTÁSSIO / Jackeline Sousa Bastos;
orientador Luciano Nogueira. -- Posse, 2023.
28 p.

TCC (Graduação em Bacharelado em Agronomia) --
Instituto Federal Goiano, Campus Posse, 2023.

1. Vigna unguiculata L.. 2. Adubação potássica. 3.
Cloreto de potássio. 4. Clorofila. I. Nogueira,
Luciano , orient. II. Título.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Documentos 6/2023 - CCTAGR-POS/CE-POS/GE-POS/CMPPPOS/IFGOIANO

Repositório Institucional do IF Goiano - RIIIF Goiano

Sistema Integrado de Bibliotecas

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese | <input type="checkbox"/> Artigo Científico |
| <input type="checkbox"/> Dissertação | <input type="checkbox"/> Capítulo de Livro |
| <input type="checkbox"/> Monografia - Especialização | <input type="checkbox"/> Livro |
| <input checked="" type="checkbox"/> TC - Graduação | <input type="checkbox"/> Trabalho Apresentado em Evento |
| <input type="checkbox"/> Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo da Autora: Jackeline Sousa Bastos

Matrícula: 2018107200240223

Título do Trabalho: RESPOSTAS DO FEIJÃO CAUPI EM FUNÇÃO DO USO DE DOSES DE POTÁSSIO

Restrições de Acesso ao Documento

Documento confidencial: Não Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIIF Goiano: __/__/____

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

O documento pode vir a ser publicado como livro Sim Não
ou artigo científico?

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

1. o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
2. obteve autorização de quaisquer materiais incluídos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
3. cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Posse, 06/03/2023.

Assinatura da Autora e/ou Detentor dos Direitos Autorais

(Assinado Eletronicamente)

Jackeline Sousa Bastos

Matrícula: 2018107200240223

Ciente e de acordo:

Assinatura do(a) responsável

(Assinado Eletronicamente)

Luciano Nogueira

Orientador

Documento assinado eletronicamente por:

- **Jackeline Sousa Bastos, 2018107200240223 - Discente**, em 06/03/2023 17:11:44.
- **Luciano Nogueira, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 06/03/2023 17:05:48.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 22/02/2023. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 468818

Código de Autenticação: e2a32c5bcf



INSTITUTO FEDERAL GOIANO

Campus Posse

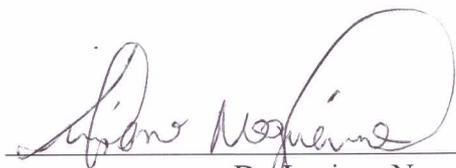
GO - 453 km 2,5, Fazenda Vereda do Canto - Distrito Agroindustrial, None, None, POSSE / GO, CEP 73900-000

(62) 3481-4677

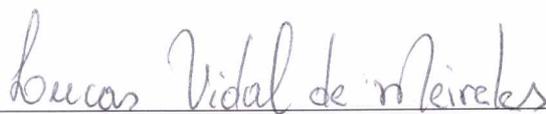
JACKELINE SOUSA BASTOS

**RESPOSTAS DO FEIJÃO CAUPI EM FUNÇÃO DO USO DE DOSES
DE POTÁSSIO**

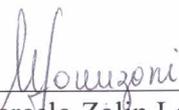
Trabalho de Curso DEFENDIDO e APROVADO em 15 de fevereiro de 2023, pela Banca Examinadora constituída pelos membros:



Dr. Luciano Nogueira
Campus Posse/Instituto Federal Goiano
Presidente/ Orientador



Dr. Lucas Vidal de Meireles
Campus Posse/Instituto Federal Goiano
Membro Interno



Dr. Marcelo Zolin Lorenzoni
Campus Posse/Instituto Federal Goiano
Membro Interno

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer em primeiro lugar a Deus que em sua infinita bondade me guiou em mais essa conquista, e me deu forças para cumpri-la com êxito. A Virgem Maria que escutou minhas preces e intercedeu por mim nos momentos de dificuldade!

A minha família, em especial aos meus pais, senhora Maria Bastos e senhor Edvaldo Sousa, e aos meus irmãos Lanna e Júnior, eles que sempre me apoiaram para superar os obstáculos e alcançar meus objetivos.

Aos meus colegas de curso e amigos que contribuíram e caminharam junto comigo para conclusão deste, em especial, Amanda Cristinny, Luana Schmitt, Lucas Amniel, Gustavo Ferreira e Márcio Victor, vocês são pessoas muito queridas que tive o prazer de conviver durante essa jornada e que pretendo levar para a vida toda.

Agradeço também a todo corpo docente do Instituto Federal Goiano-Campus Posse, por todo o suporte e os ensinamentos que recebi, sem vocês nada disso seria possível!

Ao professor Dr. Lucas Vidal pelo suporte dado nas análises estatísticas e paciência perante as dúvidas ao longo do processo, além de tentar tranquilizar uma estudante angustiada com a falta de tempo.

E especialmente ao meu orientador Dr. Luciano Nogueira que exerce sua profissão de mestre com excelência, obrigada pelo apoio e dedicação em me auxiliar durante todo o processo, e pela confiança depositada em mim.

E a todas as pessoas que de maneira direta ou indireta fizeram parte da caminhada para chegar até este grande momento.

A todos minha gratidão!

RESUMO

A expansão do cultivo do feijão caupi para a região do Cerrado, especialmente o Oeste da Bahia tem levado a necessidade de realização de pesquisas relacionadas a maximizar a produtividade da cultura. Dentre elas é fundamental a avaliação de doses de adubação potássica, uma vez que os solos dessa região apresentam baixos teores trocáveis do nutriente, e possuem até 85% de areia facilitando a lixiviação, carecendo de reposição constante. Com isso, o trabalho teve por objetivo avaliar a resposta do feijão caupi em função do uso de doses de potássio. O experimento foi conduzido em vasos na casa de vegetação, em delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e quatro repetições. As doses de K foram: T₀ – (N-P-K): T₀- testemunha (20-40-00), T₁- (20-40-20) (50% da dose padrão de K₂O), T₂- (20-40-40) (Dose padrão de K₂O), T₃- (20-40-60) (150% da dose padrão de K₂O), T₄- (20-40-100). As variáveis analisadas foram a massa seca (MS), número de vagens (NV), número de grãos (NG), diâmetro do caule (DC), peso de 100 grãos (P100G), clorofila, clorofila total e índice SPAD. As doses de potássio não influenciaram de forma significativa nas variáveis MS, NV, NG, P100G e DC. Porém o número de grãos obteve melhor resposta na dose de 60 kg.ha⁻¹ de K₂O. O teor relativo de Clorofila A, Clorofila Total e Índice SPAD tiveram comportamento sinuoso com as doses de potássio, atingindo pico na dose de 40 kg ha⁻¹. Com este trabalho é possível evidenciar a importância da dosagem adequada do nutriente para suprir os processos metabólicos, e principalmente para contornar as limitações de cultivo no cerrado quanto a adubação potássica.

Palavras-chave: *Vigna unguiculata* L., adubação potássica, cloreto de potássio, clorofila.

SUMÁRIO

| | |
|---------------------------------------|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO | 6 |
| 2 REVISÃO DE LITERATURA..... | 8 |
| 2.1 Feijão Caupi..... | 8 |
| 2.2 Potássio no Solo..... | 9 |
| 2.3 Potássio nas Plantas..... | 10 |
| 2.4 Clorofila..... | 11 |
| 3 MATERIAL E MÉTODOS | 13 |
| 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 17 |
| 5 CONCLUSÕES..... | 22 |
| 6 REFERÊNCIAS | 23 |

1 INTRODUÇÃO

O feijão caupi (*Vigna unguiculata* L.) é uma leguminosa em expansão na agricultura brasileira, para seu bom desenvolvimento ele demanda principalmente de adubação potássica. Os solos brasileiros caracteristicamente apresentam carência desse nutriente, sendo um dos motivos o fato de que a forma solúvel utilizada pelas plantas é facilmente lixiviada no perfil do solo (KINPARA, 2003). Ainda segundo Kinpara (2003) em solos originalmente de cerrado ou áreas com maior índice chuvoso como em zonas tropicais, o baixo nível de potássio é comum.

A maior parte do potássio (K) utilizado no Brasil depende de importação, sendo o segundo maior consumidor e o principal importador, por causa da pequena produção interna, importando mais de 95% dos fertilizantes potássicos empregados na agricultura (ANDA, 2019). Segundo o IBRAM (2021) no ano de 2021 o país importou o valor 4.262 milhões US\$ em potássio, quase o dobro em relação a 2020 que foi de 2.618 milhões US\$.

Uma das principais fornecedoras do nutriente é a Rússia (OLIVEIRA, 2019), que atualmente enfrenta uma crise política com a Ucrânia, fato que pode movimentar todo o mercado, impactando no valor dos insumos, e de grãos. No início de 2022, o acirramento desses conflitos abalou o cenário econômico global, expondo à vulnerabilidade brasileira frente às dependências externas (CALIGARIS et al., 2022).

Em relação ao feijão caupi também conhecido como feijão-de-corda é uma cultura de origem africana, que foi introduzida no Brasil no século XVI primeiramente no estado da Bahia (FREIRE FILHO, 1988). Desde então, a cultura foi expandida a todo o país, e em 2007 o Brasil passou a exportar os grãos (FREIRE FILHO et al., 2011a).

Sua expansão no mercado brasileiro se deve a fatores como, seu baixo custo de produção e aos trabalhos de melhoramento genético que proporcionaram o desenvolvimento de variedades para cultivo mecanizado, a exemplo das cultivares com características de arquitetura de planta moderna, como porte semiereto e ereto, ramos e pedúnculos curtos; ciclo de maturação mais precoce e uniforme, além da melhora genética qualitativa de grão (cor, forma e tamanho) (ROCHA et al., 2016).

Esse tipo de feijão possui rusticidade elevada não apresentando alta demanda hídrica, assim sua maior representatividade dentre as regiões brasileiras se destaca na região Nordeste e em áreas com climas mais áridos no Centro-Oeste e no Sudeste especialmente em Mato Grosso e Minas Gerais, respectivamente, onde é integrado aos arranjos produtivos como

safrinha após as culturas da soja e do arroz, ou como cultura principal em alguns locais (CONAB, 2021b).

Nas regiões Nordeste e Norte a produção é dominada por agricultores familiares e empresariais, mas principalmente pelos primeiros, que fazem ainda o emprego de práticas tradicionais de cultivo, já na região Centro-Oeste do país, onde o feijão caupi passou a ser produzido em larga escala a partir do ano de 2006, a produção concentra-se principalmente nas mãos de médios e grandes empresários, que já contam com um sistema produtivo altamente tecnificado (FREIRE FILHO et al., 2011b).

O feijão caupi apresenta baixa produtividade na região nordeste (470 kg ha^{-1}) principalmente em comparação a produtividade média da porção Centro-Oeste do Brasil que é de 1.200 t.ha^{-1} /ano (BARROS et al., 2013; CONAB, 2021a). Maia, Assunção e Alves (1986) e Oliveira et al. (2001) afirmam que para atingir bons níveis de produtividade do feijão caupi, se faz necessária a utilização de sementes de qualidade, além da necessidade do fornecimento de uma adubação equilibrada em matéria orgânica e NPK.

Segundo Meurer (2006), o potássio é um elemento absorvido em maior quantidade pela planta e possui uma grande importância em seu desenvolvimento. Ele está presente principalmente na ativação de sistemas enzimáticos, muitos deles contribuintes do processo de fotossíntese e respiração. Assim por conta da grande exportação do nutriente baixos níveis de potássio (K) são encontrados onde a cultura é explorada comercialmente.

No entanto um dos principais desafios dos sistemas intensivos de produção tem sido o manejo eficiente de fertilizantes. Nutrientes como o potássio, por exemplo, é um dos limitantes de produtividade nos solos tropicais, e geralmente está sempre presente nas formulações de adubos por ser um elemento facilmente lixiviado no solo e por ter baixos teores trocáveis.

Visto a pequena quantidade de estudos e resultados sobre o manejo do potássio no cultivo do feijão caupi aliado ao comportamento do nutriente em solos arenosos, como os de Posse-Goiás e da região do Oeste da Bahia, é importante realizar pesquisas para sanar esses problemas. Pois a leguminosa passou a integrar sistemas de produção de maior expressão na economia regional, destacando-se sua expansão na região dos cerrados do sul do Piauí e do Maranhão, em sequeiro, e no oeste da Bahia, em sistema de pivô-central, onde a produção é completamente mecanizada (FREIRE FILHO et al., 2005).

O cultivo de feijão caupi tem trazido divisas para o Brasil através das exportações e movimentando a economia nacional, exigindo a importância da realização de pesquisas para o

desenvolvimento de novas tecnologias que maximizem a produção da cultura (FARIAS NETO et al., 2019). Desta forma o trabalho tem por objetivo avaliar a resposta do feijão caupi em função do uso de doses de potássio.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Feijão Caupi

O feijão caupi é uma excelente fonte de proteína apresentando um teor de em média 23%-25%, sendo uma das principais bases alimentares nordestinas (ROCHA et al., 2017). A cultura representa uma importante fonte de geração de empregos e como alimento uma ótima fonte de nutrientes, sendo cultivada principalmente para a produção de sementes e grãos, secos ou verdes, objetivando o consumo *in natura*, como conserva ou desidratado (ANDRADE JÚNIOR et al., 2002).

O Brasil é o quarto maior produtor mundial de feijão caupi, que é uma leguminosa de grande importância para o país, e para inúmeros outros países, especialmente o continente africano (FREIRE FILHO et al., 2017). Uma dos pontos fortes que contribuíram para expansão dessa cultura é a característica de ciclo curto, em média de 60 a 80 dias e baixa exigência hídrica (ANDRADE JÚNIOR et al., 2002a). Sua demanda hídrica por ciclo pode variar de 250 mm a 400 mm (MELO et al., 2017).

Além disso o caupi é um tipo de feijão que se adapta bem a regiões de clima tropical, assim ele é produzido no Brasil principalmente nas regiões Norte e Nordeste de maneira ampla, pela sua considerável rusticidade, tendo potencial de adaptabilidade a diferentes condições edafoclimáticas além da capacidade de se desenvolver em solos mais pobres, de baixa fertilidade (ANDRADE JÚNIOR et al., 2002b). Ainda segundo o mesmo autor, ele é cultivável em quase todos os tipos de solos, destacando-se principalmente os Latossolos Amarelos, Latossolos Vermelho-Amarelos, Argissolos Vermelho-Amarelos e Neossolos Flúvicos.

Este tipo de feijão pode ser cultivado em solos com quantidades de matéria orgânica regular e fertilidade a níveis razoáveis. Kluthcouski e Soares (2009) mencionam que, a matéria orgânica no solo (em torno de 16-19 g dm⁻³) é fonte natural de nitrogênio para as plantas, além de influenciar no aumento da CTC (Capacidade de Troca Catiônica), favorecendo maior capacidade de retenção de nutrientes. No entanto, mesmo sendo uma cultura tropical com fácil adaptação a solos de fertilidade baixa, não significa que não seja responsiva a adubação.

Apesar da expansão do caupi para o Centro-Oeste seus índices produtivos ainda são considerados baixos, conforme a safra e o sistema agrícola, variando entre 300 e 900 kg, o que, de acordo com Cardoso e Ribeiro (2006), se explica principalmente devido ao baixo nível tecnológico utilizado nas atividades de produção associado ao emprego de cultivares tradicionais com pouco potencial produtivo. Também porque seu cultivo muitas vezes é feito em solos sem adubação adequada, com época de plantio inadequada, percas por ataque de pragas e doenças e falta de insumos (KYEI-BOAHEN et al., 2017).

Cultivares lançadas pela Embrapa vem mudando o cenário produtivo e comercial do feijão caupi. Exemplos disso são as cultivares BRS Guariba e BRS Tumucumaque, que correspondem 80% das exportações de feijão para o Oriente Médio, Ásia e a Europa (CONAC, 2016).

2.2 Potássio no Solo

Os solos nacionais em sua maioria intemperizados, possuem características ácidas e pobres em nutrientes, necessitando de correção e adubação com altas quantidades de fertilizantes. Os solos, especificamente de cerrado, apresentam elevados teores de areia, propiciando a percolação de nutrientes do perfil. São tidos como arenosos aqueles solos enquadrados nas classes de textura areia e areia franca, nos quais o material do solo contém 85% ou mais de fração areia (OLIVEIRA; JACOMINE; CAMARGO, 1992).

A reserva mineral do K em solo de cerrado é muito pequena, e em cultivos sucessivos torna se ineficiente para suprir a necessidade das culturas, além das perdas por lixiviação favorecida pelo fato do nutriente está disponível na forma catiônica K^+ e seus sais terem alta solubilidade (SOUSA; LOBATO, 2004). Há vários fatores responsáveis por influenciar na concentração de K na solução do solo, destaca-se principalmente a capacidade de troca de cátions e a força de adsorção desse nutriente pelo solo, porém como a CTC efetiva e a força de adsorção de potássio no Cerrado são naturalmente baixas, a aplicação de forma inadequada poderá causar perdas consideráveis por lixiviação (SOUSA; LOBATO, 2004).

O potássio apresenta alta mobilidade no solo, e um dos fatores relacionados à sua baixa disponibilidade é a ocorrência de chuvas de alta intensidade, provocando perdas por lixiviação (FREIRE FILHO et al., 2017). Além disso, Novais (1999), menciona que os teores de K disponíveis na solução do solo tendem a decair rapidamente com as sucessivas colheitas, especialmente nos de textura média à arenosa onde se teve elevada produtividade de grãos. O valor crítico de K para o bom desenvolvimento do feijão caupi é de cerca de 21 mg.dm^{-1} .

Porém, poucos estudos têm obtido respostas significativas do potássio na produtividade do feijão caupi, possivelmente porque o valor considerado crítico para o seu desenvolvimento normal é baixo, entre 20 e 40 kg ha⁻¹, no entanto o suficiente para provocar altas concentrações do nutriente no tecido vegetal (MELO et al., 2005).

É evidente a importância da adubação no suprimento de potássio aos solos. Mas infelizmente a dependência do país da importação de fertilizantes potássicos aumenta-se consideravelmente em decorrência da expansão da fronteira agrícola, nas últimas duas décadas, principalmente nas áreas originalmente sob vegetação de Cerrado (IBRAM, 2011).

Em virtude da desproporcionalidade entre a pequena produção interna comparada à grande demanda nacional pelo produto, no cenário mundial o Brasil figura como grande importador, sendo os principais fornecedores do fertilizante em 2016, o Canadá (31,25%), Bielorrússia (21,33%), a Rússia (16,46%), a Alemanha (13,80%), e Israel (7,31%) (11%) (OLIVEIRA, 2019).

Em termos mundiais o Brasil ocupa a décima posição de maior produtor de potássio com participação de 0,6%, visto que dois terços da produção mundial se situam em apenas três países – Canadá (32,8%), a Rússia (17,8%) e a Belarus (17,7%) (ANUÁRIO ESTATÍSTICO BRASILEIRO SETOR DE TRANSFORMAÇÃO DE NÃO METÁLICOS, 2021).

2.3 Potássio nas Plantas

Em regiões onde a atividade agrícola tradicionalmente é de cultivos de subsistência, a disponibilidade de elementos minerais às plantas é um fator fundamental ao qual, as culturas como por exemplo o feijão caupi, respondem com crescimento, desenvolvimento e produções permitindo, desta maneira, que os agricultores permaneçam no campo (PARRY et al., 2008).

Sabe-se que além dos elementos Carbono (C), Oxigênio (O) e Hidrogênio (H) as plantas necessitam também dos macronutrientes que são requeridos em maiores quantidades, representados por Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Enxofre (S) e Magnésio (Mg). Além, dos micronutrientes, requeridos em baixas concentrações, Ferro (Fe), Manganês (Mn), Cobre (Cu), Zinco (Zn), Boro (B), Molibdênio (Mo), Cloro (Cl) e Níquel (Ni).

O elemento N constitui macromoléculas importantes como os ácidos nucleicos, já o P é extremamente essencial para os processos energéticos. O valor crítico do fósforo no solo, para o desenvolvimento do feijoeiro do tipo caupi, está em torno de 13 mg.dm⁻³ (MELO et al.,

2017). O Potássio não participa de nenhum composto nas plantas, porém na sua forma iônica regula e participa de muitos processos essenciais como a fotossíntese, abertura e fechamento de estômatos, absorção de água do solo, atividades enzimáticas, síntese do amido e síntese proteica (MARSCHNER, 2012).

O K é um elemento requerido em elevadas quantidades para o crescimento normal e desenvolvimento das plantas em geral (MALAVOLTA, 2006). Dessa maneira, a carência de K reflete negativamente nas relações fonte/dreno na planta e o transporte de fotoassimilados das folhas para os grãos (FREIRE FILHO et al., 2017). A deficiência de K nas plantas causa o crescimento lento, raízes mal desenvolvidas, caules fracos e muito flexíveis, conseqüentemente, mais suscetíveis a ataques de doenças. Além de prejudicarem a formação de sementes, contribui também para produção de frutos com menor tamanho e com menor intensidade de cor (ERNANI; ALMEIDA; SANTOS, 2007).

Fatores como dose e forma de distribuição do adubo, tipo de solo, regime hídrico e a fenologia da planta podem influenciar no desenvolvimento do feijão caupi. Assim, na aplicação de altas doses é necessário o parcelamento da adubação potássica pois a adição de doses elevadas de óxido de potássio (K_2O) no momento da semeadura pode ocasionar um excesso na concentração salina, que poderá prejudicar a germinação e o crescimento inicial da planta (SOUSA; LOBATO, 2004). Ainda, segundo os autores na aplicação de doses acima de 40 kg ha^{-1} de K_2O em solos com $CTC_{pH 7,0}$ menor do que $4,0 \text{ cmol/dm}^3$, o parcelamento da adubação potássica deve ser o modo preferencial.

2.4. Clorofila

As clorofilas são pigmentos fotossintetizantes responsáveis por absorver a luz do sol e converter em energia para planta na forma de ATP e NADPH. O teor de clorofila das plantas está associado com a eficiência da planta quanto a realizar fotossíntese. Assim, as clorofilas estão relacionadas com a eficiência fotossintética da planta que resultam em crescimento e desenvolvimento (JESUS; MARENCO, 2008).

Os nutrientes essenciais que participam de compostos orgânicos em vegetais, como o K exercem processos fisiológicos muito importantes, como na atividade fotossintética. Os pigmentos fotossintetizantes, clorofila a e b, são responsáveis por capturar a luz da fotossíntese e convertê-la em energia química (FERREIRA et al., 2006b).

Nas folhas as clorofilas são constantemente destruídas e sintetizadas, essas ações são dependentes do ambiente em que a planta está submetida. A nutrição mineral das plantas é um

dos fatores determinantes na clorofila que além de integrarem a estrutura molecular das plantas, atua diretamente na própria síntese dos pigmentos fotossintéticos (TAIZ; ZEIGER, 2004).

As formas tradicionais de determinação da clorofila são realizadas por meio da coleta de folhas que requerem sua destruição e mensura o teor de clorofila de acordo com grau de verde delas, requerendo reagentes e profissionais capacitadas para realizar a avaliação. Nos anos de 1990 foi desenvolvido um equipamento que determina de forma indireta a clorofila, clorofilômetro Soil Plant Analysis Development (SPAD-502, Minolta, Japão). Se trata de um equipamento portátil que fornece resultados que possibilitam relacionar com o teor de clorofila das folhas, de forma rápida, prática, não destrutiva e de baixo custo (JESUS; MARENCO, 2008).

Dessa forma a utilização do Índice SPAD na mensuração indireta da clorofila deve ser realizado com cuidado, pois a avaliação pode superestimar os teores, dentre os fatores a que isso pode ser atribuído é a redução da turgência das células foliares por consequência de déficit hídrico (PETTER et al., 2012).

Há uma grande relação observada entre o teor de clorofila das folhas com a quantidade de nitrogênio absorvido (FERREIRA et al., 2006a). Na mensuração do índice desses teores, um dos meios mais utilizados é o Índice SPAD, que dá respostas de forma indireta sobre o estado nutricional da planta quanto aos níveis de N e receber adubação de forma mais assertiva. O N está diretamente associado a síntese de clorofila (DEBAEKE; ROUET; JUSTES, 2006), o potássio possui atividade importante de forma indireta nos teores de clorofila, atuando na melhoria eficiente do uso de N por agir na ativação de diversas enzimas, atua na redutase do nitrato, controle osmótico (VENKATESAN; GANAPATHY, 2004; NELSON; MOTAVALLI; NATHAN, 2005).

Rodrigues et al. (2013), encontraram que o incremento de doses de K_2O proporcionou aumento linear do teor de clorofila das folhas em feijão comum, podendo ser atribuído ao fato de que os cloroplastos das plantas possuem metade do K foliar existente na planta, devido a sua função de promover difusão de CO_2 nas células do mesófilo. Essa ação metabólica contribui para que a planta tenha maior atividade fotossintética (PRADO, 2008). Anicésio et al. (2018), encontraram que há respostas crescentes de até 60% no índice de clorofila com o aumento da adubação potássica contribuindo consequentemente com a eficiência de uso da água. São escassos os trabalhos que avaliam o teor de clorofila em feijão caupi, sendo uma lacuna a ser preenchida por futuras pesquisas.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido no Instituto Federal Goiano-Campus Posse, em área experimental da Escola Fazenda em casa de vegetação, situada nas coordenadas geográficas de Latitude: 14° 4' 56" Sul, Longitude: 46° 22' 40" Oeste, e altitude de 819 metros.

O solo utilizado para o experimento foi do tipo Latossolo Vermelho Amarelo (SANTOS, et al., 2018) e foi coletado na Fazenda Boi Forte localizada no município de Correntina-BA. A área de coleta do solo estava em pousio, sendo cultivada anteriormente a cultura do milho. A coleta do solo foi realizada na entrelinha no perfil de 0-20 cm de profundidade, sendo posteriormente homogeneizado. As características químicas e granulométricas do solo estão descritas na Tabela 1. Não foi utilizado o solo da Escola Fazenda do IF Goiano-Campus Posse devido ao mesmo apresentar características de acidez.

Tabela 1. Características químicas e granulométricas do solo em camada de 0-20 cm. Posse-(GO), 2023.

| pH | P | K | Ca | Mg | Al | CTC | V | Areia | Argila | M.O |
|-------------------|--------------------|------|------|------------------------------------|------|------|----|-------|----------------------|------|
| CaCl ₂ | mg dm ³ | | | cmol _c dm ⁻³ | | | % | | dag kg ⁻³ | |
| 5,4 | 46,6 | 15,4 | 1,31 | 0,39 | <0,1 | 4,05 | 43 | 86 | 14 | 0,92 |

Fonte: Autora, (2023).

De acordo com a análise de solo (Tabela 1), não houve a necessidade de calagem, uma vez que o pH do solo se apresentava em 5,4 e a saturação de bases estava em 43%.

A cultivar de feijão caupi utilizada foi a BRS-TUMUCUMAQUE, obtidos junto a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Meio-Norte, Teresina, Piauí, Brasil), empresa responsável pelo melhoramento genético e desenvolvimento de cultivares de feijão caupi no Brasil. A cultivar apresenta as seguintes características agrônômicas, porte semi-ereto, crescimento determinado e ciclo médio de 65 a 70 dias.

Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado (DIC), constituído por 5 tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos pela variação de doses de potássio, sendo: T₀ - N - (N-P-K): T₀- testemunha (20-40-00), T₁- (20-40-20) (50% da dose padrão de K₂O), T₂- (20-40-40) (Dose padrão de K₂O), T₃- (20-40-60) (150% da dose padrão de K₂O), T₄- (20-40-100) (250% da dose padrão de K₂O).

A dosagem de K₂O do T₄ foi realizada com 50% da dose no plantio e 50% aos 20 DAE (Dias após a emergência) do feijão, devido ao efeito salínico apresentado por adubação potássica acima de 80 kg ha⁻¹ (SOUSA; LOBATO, 2004). As fontes de fertilizantes utilizadas foram Ureia (N) (45 - 00 - 00; Fertilizantes Heringer Ltda., Catalão, GO), MAP - Fosfato

Monoamônico (N e P₂O₅) (10 -45 -00; Fertipar Fertilizantes do Nordeste Ltda, Candeias, BA), e Cloreto de Potássio (KCl) (00 -00 -58; Fertilizantes Heringer Ltda, Catalão, GO).

A adubação foi realizada de acordo com o recomendado para a cultura por Melo e Cardoso (2017). A adubação de plantio correspondeu a 9 kg ha⁻¹ de N e 40 kg ha⁻¹ de P₂O₅ na forma de MAP granulado e a respectiva dosagem de Potássio. Aos 20 DAE foi realizado uma adubação de cobertura com 11 kg ha⁻¹ de N na forma de Ureia.

Para o cultivo foram utilizados vasos de polietileno com capacidade de 8 L (22 cm altura x 24 cm diâmetro da abertura x 20,5 diâmetro de base), sendo adicionado ao fundo uma camada de 1kg de brita Nº 1 coberta com TNT (Tecido não Tecido) (Figura 1), e posteriormente preenchido com 7,5 kg de solo. O TNT e a brita foram adicionados afim de evitar a perda de solo no momento da irrigação das plantas. Os vasos foram distribuídos em quatro fileiras com espaçamento de 50 cm na entrelinha e 10 cm entre vasos, simulando as condições de campo.



Figura 1. Cobertura da brita com TNT.

Fonte: Autora, (2023).

Para a semeadura foi realizado o tratamento das sementes de feijão caupi com inseticida e fungicida (Fipronil + Piraclostrobina + Tiofanato Metílico (STANDAK[®] TOP) na dosagem de 200 ml/100kg de sementes. A semeadura foi realizada manualmente, semeando quatro

sementes por vaso na profundidade de 4 cm. Aos 5 DAE foi feito o desbaste deixando duas plântulas por vaso. A irrigação das plantas foi realizada da emergência até o enchimento de grãos, sendo que nos períodos iniciais as plantas foram irrigadas com aproximadamente 300 ml de água diariamente, nos estágios fenológicos vegetativos em torno de 500 ml, e no reprodutivo cerca de 700 ml (BASTOS et al., 2017).

No estágio fenológico de floração plena (63 DAE) foi realizada a leitura do teor relativo de clorofila nas folhas das plantas. A leitura foi realizada em 3 trifólios do terço mediano das plantas, utilizando o equipamento atLEAF CHL PLUS (Figura 2). Foram realizadas as avaliações de Clorofila (CHL), Índice SPAD e Clorofila Total (TotCH).



Figura 2. Aferição do teor de clorofila.

Fonte: Autora, (2023).

Ao atingir a maturidade fisiológica dos grãos (84 DAE) foi realizada a colheita. As plantas foram retiradas dos vasos, colocadas em sacos de papel previamente identificados e encaminhadas ao Laboratório de Recepção e Secagem. Em seguida as plantas foram colocadas em estufa de circulação de ar forçada por 72 horas a 60 °C para posterior avaliação.

Com a utilização de uma balança eletrônica modelo Marte AD2000 e paquímetro, foram analisada as variáveis de massa seca da parte aérea (MS) (Figura 3), número de vagens (NV), número de grãos (NG), diâmetro do caule (DC) e peso de 100 grãos (P100G).



Figura 3. Pesagem da Massa seca da parte aérea.
Fonte: Autora, (2023).

Para a análise estatística os dados foram submetidos aos testes de Shapiro-Wilk ($P < 0,05$) e Bartlett ($P < 0,05$) para verificação da normalidade dos resíduos e homogeneidade das variâncias, respectivamente. Após a verificação, foi realizada a análise de variância (ANOVA) pelo teste F ($P < 0,05$). Os dados quantitativos (doses) foram avaliados por meio de análise de regressão, em que as equações foram ajustadas utilizando-se os parâmetros de correlação e determinação para as variáveis avaliadas, em função das doses de aplicação do fertilizante potássico. As análises estatísticas dos dados foram realizadas usando o Software estatístico SISVAR (FERREIRA, 2008).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve efeito significativo nas variáveis avaliadas quanto as doses de potássio utilizadas (Tabela 2). No entanto, na avaliação do teor de clorofila, clorofila total e Índice SPAD houve efeitos significativos.

Tabela 2. Valores médios de MS = massa seca, NV = número de vagens; NG = número de grãos; P100G = peso de 100 grãos e DC = diâmetro do caule em função das doses de potássio em feijão caupi. Posse (GO), 2023.

| Dose K ₂ O Kg ha ⁻¹ | MS g | NV und | NG und | P100G g | DC mm |
|--|--------------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| 0 | 9,93±1,64 | 3,00±0,40 | 16,50±4,87 | 17,48±1,30 | 37,50±4,33 |
| 20 | 12,02±2,99 | 4,25±1,03 | 16,50±4,70 | 18,66±4,50 | 38,50±1,55 |
| 40 | 10,42±1,58 | 2,75±0,47 | 17,50±2,97 | 16,55±1,12 | 38,50±1,55 |
| 60 | 11,50±1,73 | 3,25±0,75 | 22,25±4,79 | 16,12±0,72 | 40,50±2,10 |
| 100 | 11,69±0,91 | 2,75±0,48 | 17,25±4,51 | 16,87±0,95 | 36,00±1,68 |
| Valor P | 0,92 | 0,38 | 0,49 | 0,49 | 0,77 |
| F | 0,22 ^{ns} | 1,10 ^{ns} | 0,889 ^{ns} | 0,896 ^{ns} | 0,438 ^{ns} |

^{ns} = não significativo a 5% de probabilidade.

Fonte: Autora, (2023).

Resultados semelhantes foram encontrados por Borges et al. (2015), com a cultivar Tumucumaque ao avaliar doses distintas de K₂O aplicado no plantio; (0, 35, 70 e 105 kg ha⁻¹) não influenciaram nas variáveis agrônômicas como o número de vagem por planta, massa de vagem por planta, número de grãos por planta, massa de grãos por planta e produtividade do feijão caupi. Melo et al. (2005) afirma que raramente o feijão caupi responde à adubação potássica mesmo sendo o nutriente mais extraído e exportado.

Cavalli e Lange (2018) também não encontraram diferença significativa em doses de potássio na cultura da soja, alegando que em solos com quantidades elevadas desse nutriente ou em solos que possuem palhada ou quantidade elevadas de matéria orgânica, há quantidades de K disponível em que a cultura não se torne responsiva a adubação não influenciando nas variáveis que são mensuradas.

A massa seca também não foi significativa aos incrementos das doses de K₂O, porém a ausência do nutriente tende a diminuir essa variável devido a importância do K em processos fisiológicos, como a translocação de fotossimilados que contribui para maior acúmulo de biomassa o que resulta na obtenção de grãos mais pesados (GUERRA et al., 2020). Esse fato pode estar atribuído a massa seca da testemunha, mesmo a variável não sendo significativa o tratamento T0 que não recebeu adubação potássica obteve o menor índice de massa seca.

As fontes de K₂O não diferiram para o número de vagens por planta e número de grãos (Tabela 2). Esse resultado se repetiu com relação às doses de K₂O, não havendo ajuste para esses componentes avaliados. Silveira e Damasceno (1993) e Sguario Júnior et al. (2006) também não

verificaram efeito de doses K_2O para os números de vagens por planta em cultivares de feijão carioca.

O número de grãos (Tabela 2) não foi afetado pelas doses de K_2O , nem quando a dose foi parcelada, e a maior quantidade de número de grãos foi obtido com a dose 60 kg ha^{-1} . Veloso et al. (2013) avaliando doses de fósforo e potássio no caupi utilizando a cultivar BR3 Tracuateua, afirmam que nas doses de K_2O aplicadas 0, 35, 70 e 105 kg ha^{-1} a dose de 70 kg ha^{-1} foi a que demonstrou máxima produtividade.

Silva (2020) encontrou resultados semelhantes em feijão comum, em que as doses e as épocas de aplicação de K não influenciaram na resposta do número de grãos por vagem no feijão, conseqüentemente no número de grãos. Segundo Andrade et al. (1998) esse componente de produção apresenta alta herdabilidade (Características genéticas herdadas da linhagem), assim sendo pouco influenciado pelos fatores ambientais.

No entanto, deve-se ater que a ausência de potássio, principalmente no período vegetativo, prejudica as atividades metabólicas do feijão, essa ausência do nutriente no solo gera sintomas em folhas mais velhas das plantas por meio de necrose em suas bordas, devido a sua mobilidade elevada no floema. Sendo assim a ausência desse nutriente no ciclo vegetativo do feijão é mais agravante devido a rápida translocação para as folhas mais novas (FERNANDES, 2006; YOST et al., 2011). É de extrema importância que o K esteja disponível durante o desenvolvimento vegetativo da planta garantindo seu adequado desenvolvimento resultando em qualidade e quantidade de grãos (SILVA JÚNIOR, 2018).

Na variável número de grãos é possível verificar um aumento nos tratamentos T0, T1, T2 e T3, caindo no T4 que recebeu a maior dose (100 kg ha^{-1}) (Tabela 2). Melo, Cardoso e Salviano (2005), afirmam que o teor crítico de potássio para o desenvolvimento adequado do feijão caupi é entre 20 e 40 kg ha^{-1} . Doses acima dessas pode acarretar a redução da produtividade de grãos, que é atribuído ao efeito antagônico da absorção de outros cátions, pois o K é altamente competitivo no momento da absorção com Ca, Mg, N e P, que pode vir a afetar negativamente desenvolvimento das plantas (GALVÃO et al., 2013).

Além do problema com absorção de outros cátions, especialmente em localidades arenosas em que a passagem do K trocável para a não trocável pode ocorrer de forma rápida, variando a concentração do nutriente na solução do solo, possibilitando a ocorrência de perdas por lixiviação (ROSOLEM et al., 2006; ERNANI; ALMEIDA; SANTOS, 2007).

O K é um elemento essencial para desenvolvimento das plantas. A principal função desse nutriente está ligada a atividades fotossintéticas, translocação e abertura estomática. Mesmo que

as doses de potássio não tenham apresentado diferença significativa para as variáveis analisadas, deve-se garantir seu oferecimento, estando disponível para a planta suprindo suas necessidades fisiológicas e evitando grandes doses para não haver perdas por lixiviação, atendendo as necessidades do feijão caupi de forma racional (GUERRA et al., 2020). Segundo Silva (2020), a adubação potássica proporciona um melhor desempenho do feijão e propicia uma maior resistência contra pragas e doenças.

Mesmo não apresentando diferença significativa é possível observar que o peso de 100 grãos diminuiu quando se aumentou a dose de K_2O a partir de 40 kg ha^{-1} aplicada no solo (Tabela 2). O maior peso de 100 grãos ocorreu com a aplicação de 20 kg ha^{-1} de K_2O no solo. Sguario Júnior et al. (2006), também não constataram efeito do incremento de doses K_2O na massa de 100 grãos de feijão comum irrigado.

Por sua vez, Silveira e Damasceno (1993) observaram que tal avaliação diminuiu significativamente com o aumento das doses deste nutriente e que, a maior massa de 100 grãos ocorreu sem a aplicação de potássio no solo, justificando que essa resposta é mais atribuída a fatores genéticos intrínsecos a cultivar do que ao ambiente de cultivo. Observou-se também que com o aumento do número de grãos houve redução do P100G em todos os tratamentos, o que fisiologicamente tende a resultar em grãos com menor massa, uma vez que, aumenta-se a competição de fotoassimilados no interior das vagens.

O diâmetro do caule foi influenciado pelo K, mesmo que não haja efeitos significativos (Tabela 2). O K estimula o alongamento dos colmos, e para plantas que possuem ausência do nutriente, observa-se dentre os sintomas o crescimento mais lento (NOGUEIRA; SILVA; GUIMARÃES, 2001; ERNANI; ALMEIDA; SANTOS, 2007). Lima (2014), também não encontrou efeito significativo de diferentes fontes de potássio em distintas doses no feijão caupi, todavia afirma que o diâmetro do caule é importante pois está associado ao tombamento nas fases iniciais de crescimento da planta.

O incremento nas doses de K_2O promoveu aumento no teor relativo de clorofila a (Figura 4A), teor relativo de clorofila total (Figura 4B) e clorofila SPAD (Figura 4C). Os teores relativos de clorofila oscilaram entre 50 e 54 mg m^{-2} , sendo o pico na dose de 40 kg ha^{-1} de K_2O e o coeficiente de determinação (R^2) foi de 0,97 (Figura 4A). O teor de clorofila total oscilou entre 30 e 42 mg m^{-2} (Figura 4B) sendo seu pico entre as doses de 20 e 40 kg ha^{-1} de K_2O e o coeficiente de determinação (R^2) foi de 0,97. O teor de clorofila SPAD variou de 35 a 43 mg m^{-2} , sendo seu pico na dose de 40 kg ha^{-1} de K_2O e o coeficiente de determinação (r^2) foi de 0,97 (Figura 4C).

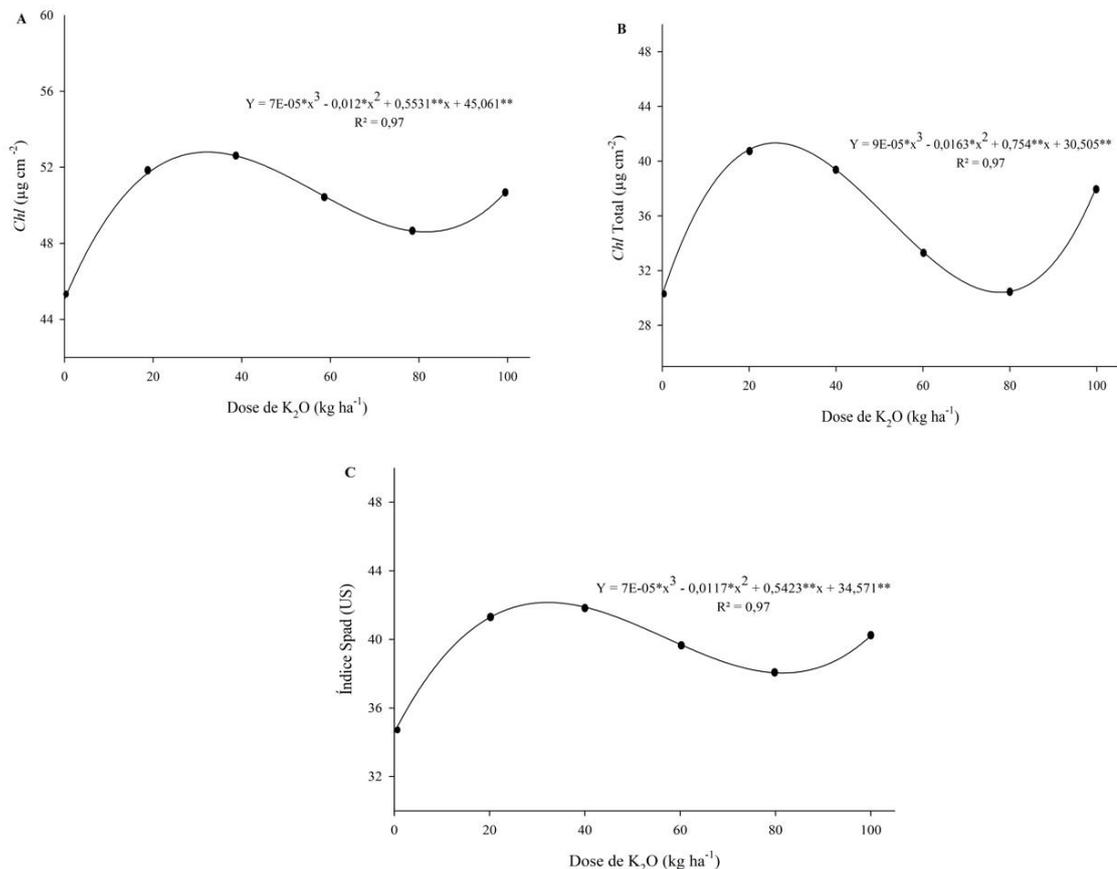


Figura 4. Teor relativo de clorofila a (A), teor relativo de clorofila total (B); Índice SPAD (C) de feijão caupi em função de doses de K₂O. Posse (GO), 2023.

** significativo a 1 de probabilidade pelo teste “t” de Student. Fonte: Autora, (2023).

Ainda são escassos os estudos avaliando taxas de clorofila em feijão caupi. Mfilinge et al. (2014), avaliando o efeito da inoculação de *Rhizobium* e suplementação de fósforo e potássio no crescimento e teor total de clorofila foliar em *Phaseolus vulgaris* L. evidenciaram o incremento de clorofila total com a utilização de K, sobretudo associado com inoculação de *Rhizobium* em feijão comum. Collins e Duke (1981) afirmam que deficiências de K em leguminosas é estritamente associada com teores baixos de clorofila, como pode ser observado na dose 0 na Figura 4A e 4B, em que a dose que não havia K possuem o menor índice de clorofila a e teor relativo de clorofila total.

A eficiência da fotossíntese é relacionada diretamente com os teores de clorofila, ou seja, quanto mais clorofila maior será a produção de fotoassimilados que serão direcionados aos grãos resultando no aumento da produtividade (SILVA et al., 2014). Dessa forma, é essencial suprir à quantidade mínima de K para as plantas assegurando processos vitais da planta como na respiração, osmorregulação, crescimento, rendimento produtivo e

principalmente no comportamento adequado da clorofila em gerar fotoassimilado assegurando o suprimento da planta (LI et al., 1989; SINGH; KATARINA, 2012).

A clorofila a e b são responsáveis por captar a luz do sol e convertê-la de forma sintetizável pela planta, em ATP e NADPH (FERREIRA et al., 2006). O aumento nas doses de K₂O eleva os teores de clorofila devido a quantidade de K existente nos cloroplastos promovendo difusão de CO₂ nas células (RODRIGUES et al., 2013).

Pode-se notar que após as doses de 40 kg ha⁻¹ houve uma redução da clorofila a e do teor relativo de clorofila total. O mínimo essencial para o feijão caupi de K é entre 20 e 40 kg ha⁻¹. Quando as doses são acima desse valor ocorre a redução do metabolismo da planta devido a competição de absorção do K com outros cátions como Ca e Mg, afetando negativamente o desenvolvimento das plantas (MELO; CARDOSO; SALVIANO, 2005; GALVÃO et al., 2013).

Entretanto após a redução das taxas, na dose de 100 kg ha⁻¹ em que houve parcelamento do cloreto de potássio ocorreu um aumento da taxa de clorofila a, clorofila total e Índice SPAD. Este resultado pode estar atrelado a época de aplicação da segunda parcela estar mais próxima aos períodos de maior acúmulo do nutriente. São dois os períodos de maior absorção de potássio, compreendidos entre 25 e 35 dias e dentre de 45 e 55 dias da emergência da planta de feijão (ROSOLEM; MARUBAYASHI, 1994). Isso pode ter corroborado com o aumento da taxa de clorofila.

De forma adicional a avaliação indireta do Índice SPAD pode ser usado como ferramenta de diagnose do sistema fotossintético, devido a adversidades ambientais como ausência de algum nutriente. O teor de clorofila total pode ser relacionado de forma eficiente com a produtividade de grãos (BASTOS et al., 2012). Todavia a utilização do Índice SPAD, especialmente na cultura do feijão caupi ainda é pouco utilizado.

Observa-se na Figura 4C, que o Índice SPAD teve comportamento similar ao teor relativo de clorofila a e ao teor relativo de clorofila total, isso porque é uma maneira de estimar os teores de pigmentos cloroplastídicos das folhas que são responsáveis pela execução do processo fotossintético, estimado de forma rápida, fácil e não destrutiva. Sendo assim todo o efeito das doses de K na clorofila, afeta o Índice SPAD (NASCIMENTO et al., 2012).

É de suma importância a avaliação da influência de doses de potássio na cultura do feijão caupi na região do Cerrado para que seja adequado a melhor dose sem desperdícios de insumo ou possíveis contaminações ambientais sem deixar de atender a demanda da cultura pelo nutriente garantindo bom rendimento produtivo. Também é imprescindível a avaliação

da clorofila por meio do Índice SPAD devido a sua rapidez em gerar resposta e de não ser uma avaliação destrutiva.

Ademais, a condução de pesquisas em campo na região do Cerrado avaliando doses de potássio em feijão caupi, é essencial, a fim de otimizar o uso da adubação potássica e garantir maior produtividade da cultura. Para trabalhos futuros, é interessante ainda, a realização de experimentos em condições de campo, seja utilizando doses distintas ou cultivares distintas. Utilizar índices de vegetação e associação com o Índice SPAD pode gerar resultados mais precisos quanto a estimativa da clorofila.

5 CONCLUSÕES

As doses de potássio não influenciaram de forma significativa nas variáveis massa seca, número de vagens, número de grãos, peso de 100 grãos e diâmetro do caule. Porém o componente de produção número de grãos obteve melhor resposta na dose de 60 kg.ha⁻¹ de K₂O.

O teor relativo de clorofila a, teor relativo de clorofila total e teor relativo de clorofila SPAD tiveram comportamento sinuoso aumentando com as doses de potássio, atingindo pico na dose de 40 kg ha⁻¹ de K₂O que é a dose padrão. Assim se evidencia a importância do fornecimento da dose adequada do nutriente para o bom funcionamento dos processos metabólicos e conseqüentemente desenvolvimento do feijão, e para evitar o consumo ineficiente do fertilizante no sistema solo planta.

6 REFERÊNCIAS

ANDA - Associação Nacional para Difusão de Adubos. **Anuário estatístico do setor de fertilizantes**. São Paulo, 2019.

ANDRADE JÚNIOR, A. S., et al. Importância Econômica. In: RIBERIO, V. Q. ed. **Cultivo de feijão-caupi, *Vigna unguiculata* (L.) walp.** Teresina: Embrapa Meio-Norte, 108 p. 2002a.

ANDRADE JÚNIOR, A. S., et al. Solos e Adubação. In: RIBERIO, V. Q. ed. **Cultivo de feijão-caupi, *Vigna unguiculata* (L.) walp.** Teresina: Embrapa Meio-Norte, 108 p. 2002b.

ANDRADE, M. J. B.; DINIZ, A. R.; CARVALHO, J. G.; LIMA, S. F. Resposta da cultura do feijoeiro à aplicação foliar de molibdênio e às adubações nitrogenadas de plantio e cobertura. **Ciência e Agrotecnologia**, v.22, p.499-508, 1998.

ANICÉSIO, E. C. A.; BONFIM-SILVA, E. M.; SILVA, T. J. A.; PACHECO, A. B. Nitrogênio e potássio em cártamo: índice de clorofila, características biométricas e uso da água. **Revista Caatinga**, v. 31, p. 424-433, 2018.

Anuário Estatístico Brasileiro setor de transformação de não metálicos, 2020. Anuário estatístico, 2021. Disponível em: < <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/geologia-mineracao-e-transformacao-mineral/publicacoes-1/anuario-estatistico-do-setor-metalurgico-e-do-setor-de-transformacao-de-nao-metalicos/anuario-estatitico-2021-setor-de-transformacao-de-nao-metalicos-ano-base-2020.pdf>>. Acesso em: 12 de Dez. de 2022.

BARROS, M. A.; ROCHA M. M.; GOMES R. L. F.; SILVA, K. J. D.; NEVES, A. C. Adaptabilidade e estabilidade produtiva de feijão-caupi de porte semiprostrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.48, p.403-410, 2013.

BASTOS, E. A.; ANDRADE JÚNIOR, A. S.; NOGUEIRA, C. C. P. **Irrigação do feijão caupi**. 2017. Disponível em: <https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_lifecycle=0&p_p_id=conteudoportlet_WAR_sistemasdeproducao1f6_1galceportlet&p_p_col_count=1&p_p_col_id=column2&p_p_state=normal&p_r_p_-76293187_sistemaProducaoId=9109&p_r_p_996514994_topicoId=10505&p_p_mode=view>. Acesso em: 19 de nov. de 2022.

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

BORGES, W. L.; FERREIRA, S. B.; FERREIRA, N. S.; MELÉM JÚNIOR, N. J.; CAVALCANTE, E. S. **Feijão-caupi apresenta resposta ao fósforo mas não a calagem e ao potássio**. XXXV Congresso brasileiro de ciência do solo: o solo e suas múltiplas funções. Natal, 2015.

CALIGARIS, B. S. A.; RANGEL, L. E. P.; POLIDORO, J. C.; FARIAS, P. I. V. A importância do Plano Nacional de Fertilizantes para o futuro do agronegócio e do Brasil. **Revista de Política Agrícola**, v. 1, p. 1-8, 2022.

CARDOSO, M. J.; RIBEIRO, V. Q. Desempenho agrônômico do feijão-caupi, cv. Rouxinol, em função de espaçamentos entre linhas e densidades de plantas sob regime de sequeiro. **Revista Ciência Agronômica**, v. 37, p. 102-105, 2006.

CAVALLI, E.; LANGE, A. Efeito residual do potássio no sistema de cultivo soja-milho safrinha no cerrado Mato-Grossense. **Revista Cultura Agronômica**, v. 27, p. 310-326, 2018.

COLLINS, M.; DUKE, S. H. Influence of Potassium-Fertilization Rate and Form on Photosynthesis and N₂ Fixation of Alfalfa. **Crop Science**, v. 21, p. 481-485, 1981.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. Brasília, v. 9, safra 2021/22, primeiro levantamento, outubro 2021a.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. Brasília, v.6, Safra 2018/19, Nono levantamento, p.1-113, janeiro 2021b.

CONAC - Congresso Nacional de feijão-caupi, 4, Sorriso. **Feijão-caupi: avanços e desafios tecnológicos e de mercados: resumos**. Brasília: Embrapa, 269 p. 2016.

DEBAEKE, P.; ROUET, P.; JUSTES, E. Relationship between the normalized SPAD index and the nitrogen nutrition index: application to Durum Wheat. **Journal of Plant Nutrition**, v. 29, p. 75-92, 2006.

ERNANI, P. R.; ALMEIDA, J. A.; SANTOS, F. C. **Potássio**. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. V. U.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. Fertilidade do Solo. Viçosa: UFV, 2007, 1017 p

FARIAS NETO, A. L., et al. **Embrapa Agrossilvipastoril: primeiras contribuições para o desenvolvimento de uma Agropecuária Sustentável**. Brasília: Embrapa, 2019, 825 p.

FERNANDES, M. S. **Nutrição Mineral de Plantas**. 1. ed. Viçosa: UFV, 2006, 432 p

FERREIRA, D. F. **SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística**. Revista Symposium, Lavras; UFLA, v. 6, p. 36-41, 2008.

FERREIRA, M. M. M.; FERREIRA, G. B.; FONTES, P. C. R.; DANTAS, J. P. Índice SPAD e teor de clorofila no limbo foliar do tomateiro em função de doses de nitrogênio e da adubação orgânica, em duas épocas de cultivo. **Revista Ceres**, v. 53, p. 83-92, 2006a.

FERREIRA, M. M. M.; FERREIRA, G. B.; FONTES, P. C. R.; DANTAS, J. P. Qualidade do tomate em função de doses de nitrogênio e da adubação orgânica em duas estações. **Horticultura Brasileira**, v. 24, p. 141-145, 2006b.

FREIRE FILHO, F. R. **Origem, evolução e domesticação do caupi**. In: ARAÚJO, J. P. P. de; WATT, E. E. (Org.). O caupi no Brasil. Brasília, DF: IITA: EMBRAPA, p. 26-46. 1988.

FREIRE FILHO, F. R., et al. **Feijão-Caupi do Plantio a Colheita**. Viçosa: UFV, 2017, 267 p.

FREIRE FILHO, F. R., et al. **Feijão-caupi no Brasil: produção, melhoramento genético, avanços e desafios**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2011a, 84 p.

FREIRE FILHO, F. R., et al. **Produção, melhoramento genético e potencialidades do feijão-caupi no Brasil**. Teresina-PI, 2011b. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/897440/1/Producaomelhoramento.pdf>>. Acesso em: 11 de Nov. de 2022.

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; JOSÉ, P. A.; JOSÉ, B. F.; ROCHA, M. M. BRS Marataoã: novo cultivar de feijão-caupi com grão tipo sempre-verde. **Revista Ceres**, v. 52, p. 771-777, 2005.

GALVÃO, J. R.; FERNANDES, A. R.; MELO, N. C.; SILVA, V. F. A.; ALBUQUERQUE, M. P. F.; Sistemas de manejo e efeito residual do potássio na produtividade e nutrição do feijão-caupi. **Revista Caatinga**, v. 26, p. 41-49, 2013.

GUERRA, A. M. N. M.; SILVA, M. G. M.; EVANGELISTA, R. S.; SANTOS, E. B. Parcelamento de doses de K₂O sobre a produção de feijão-caupi. **Scientia Plena**, v. 16, p1-9, 2020.

IBRAM - Instituto Brasileiro de Mineração. **Fosfato/Potássio/Fertilizantes. Informações e análises da economia mineral brasileira**. 6ª edição. 28 p. 2011.

IBRAM - Instituto Brasileiro de Mineração. **Mineração em números 2021**. 2 p. 2021. Disponível em: <https://ibram.org.br/publicacoes/?txtSearch=&checkbox-section%5B%5D=1236>. Acesso em: 02 de Dez. de 2022.

JESUS, S. V.; MARENCO, R. A. O SPAD-502 como alternativa para a determinação dos teores de clorofila em espécies frutíferas. **Acta amazônica**, v. 38, p. 815-818, 2008.

KINPARA, D. I. **A importância estratégica do potássio para o Brasil**. Planaltina: Embrapa Cerrados,. 2003, 27 p.

KLUTHCOUSKI, J.; SOARES, D. M. **Benefícios essenciais e exclusivos gerados ao solo pela matéria orgânica**. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. Fundamentos para uma agricultura sustentável, com ênfase na cultura do feijoeiro. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, P. 109-116, 2009.

KYEI-BOAHEN S.; SAVALA C. E.; CHIKOYE D.; ABAIDOO R. Growth and Yield Responses of Cowpea to Inoculation and Phosphorus Fertilization in Different Environments. **Frontiers in Plant Science**: v. 8, p. 1-13, 2017.

LI, M.; DAC, P.; LUO, C.; ZHANG, S. Interaction Effect of K and B on Rapeseed Yield and Nutrient Status in Rape Plants. **Journal of Soil Science**, v. 32, p. 212-216, 1989.

LIMA, L. K. S. **Desenvolvimento do feijão caupi em função da utilização de resíduo da indústria do café como fonte de potássio**. Dissertação (Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia) - Universidade Federal do Ceará – Fortaleza, 81 p. 2014.

MAIA, A. F.; ASSUNÇÃO, M. V.; ALVES, J. F. Influência do método de debulha e da umidade na produção de sementes de feijão de corda. **Ciência Agronômica**, v. 17, p. 91-100, 1986.

MALAVOLTA, E. **Manual de Nutrição Mineral de Plantas**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 2006, 638 p.

MARSCHNER, P. **Marschner's mineral nutrition of higher plants**. 3 ed. San Diego: Academic Press, 2012, 649 p.

MELO, F. B., et al. **Cultivo de feijão-caupi**. Brasília: Embrapa Informações Tecnológicas, 2 ed. 2017, 244 p.

MELO, F. B.; CARDOSO, M. J.; SALVIANO, A. A. C. **Fertilidade do solo e adubação**. In: FREIRE FILHO, F.R.; LIMA, J.A.A.; RIBEIRO, V.Q. Feijão-caupi: avanços tecnológicos. Brasília: Embrapa Informações Tecnológicas, p. 228-242. 2005.

MEURER, E. J. **Nutrição Mineral de Plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 282-294. 2006.

MFILINGE, A.; MTEI, K.; NDAKIDEMI, P. Effect of Rhizobium inoculation and supplementation with phosphorus and potassium on growth and total leaf chlorophyll (Chl) content of bush bean *Phaseolus vulgaris*, L. **Agricultural Sciences**, v. 5, p. 1413-1426, 2014.

NASCIMENTO, R.; ANDRADE, J. R.; ALENCAR, A. E. V.; BARBOSA, J. W. D. S.; SILVA, R. F. B. Índice spad em feijão caupi inoculado com rizóbio e submetidos a diferentes níveis de salinidade. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 7, p. 41, 2012.

NELSON, K. A.; MOTAVALLI, P. P.; NATHAN, M. Response of No-Till Soybean [*Glycine max* (L.) Merr.] To Timing of Preplant and Foliar Potassium Applications in a Claypan Soil. **Agronomy Journal**, v. 97, p. 832-838, 2005.

NOGUEIRA, F. D.; SILVA, E. de B. GUIMARÃES, P. T. G. **Adubação Potássica do Cafeeiro**: sulfato de potássio. Washington: SOPIB, 2001. 81p.

NOVAIS, R. F. Sugestões de adubação para a cultura da soja. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. eds. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. Viçosa: UFV, 1999, 359 p.

OLIVEIRA, A. P.; ARAÚJO, J. S.; ALVES, E. U.; NORONHA, M. A. S.; CASSIMIRO, C. M.; MENDONÇA, F. G. Rendimento de feijão-caupi cultivado com esterco bovino e adubo mineral. **Horticultura Brasileira**, v. 19, p. 81- 84, 2001.

OLIVEIRA, J. B.; JACOMINE, P. K. T.; CAMARGO, M. N. **Classes gerais de solos do Brasil**: guia auxiliar para seu reconhecimento. Jaboticabal: FUNEP, 1992, 201 p.

OLIVEIRA, L. A. M. **Sumário Mineral 2017**. Brasília: Agência Nacional de Mineração, v. 37, p. 144-146, 2019.

PARRY, M. M.; KATO, M. de S. A.; CARVALHO, J. G. de. Macronutrientes em caupi cultivado sob duas doses de fósforo em diferentes épocas de plantio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, p. 236–242, 2008.

PETTER, F. A.; SILVA, J. A.; PACHECO, L. P.; ALMEIDA, F. A.; ALCÂNTARA NETO, F.; ZUFFO, A. M.; LIMA, L. B. Desempenho agrônômico da soja a doses e épocas de aplicação de potássio no cerrado piauiense. **Revista de Ciências Agrárias- Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 55, p. 190-196, 2012.

PRADO, R. M. **Nutrição de Plantas**. São Paulo: UNESP, 2008, 407 p

ROCHA, M. M., et al. **FEIJÃO-CAUPI**: melhoramento genético para o avanço da cultura. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2016, 11 p.

ROCHA, M. M.; SILVA, K. J. D.; MENEZES JUNIOR, J. A. N. **Cultivo de feijão caupi**. Embrapa, 2017. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1071700/1/SistemaProducaoCaupiCapituloImportanciaEconomica.pdf>>. Acesso em: 10 de Out. de 2022.

RODRIGUES, A. C.; BUZETTI, M. S.; MAESTRELO, R. P.; LINO, C. M.; TEIXEIRA FILHO, A. C. M.; ANDREOTTI, M.; CÁSSIA, M. P. G. Coated potassium chloride in residual effect on winter common bean irrigated in Cerrado region. **Semina Ciências Agrárias**, v. 34, p. 1011-1022, 2013.

ROSOLEM, C. A.; MARUBAYASHI, O. M. **Seja o doutor do seu feijoeiro**. Informações Agrônômicas, Piracicaba, p. 1-16, 1994.

ROSOLEM, C. A.; SANTOS, F. P.; FOLONI, J. S. S.; CALONEGO, J.C. Potássio no solo em consequência da adubação sobre a palha de milho e chuva simulada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, p. 1033-1040, 2006.

SANTOS, H. G. et al. **Sistema brasileiro de classificação de solo**. Brasília: Embrapa, 2018, 356 p.

SGUARIO JÚNIOR, J. C.; DAROS, E.; PAULETTI, V.; RONZELLI JUNIOR, P.; SOARES-KOEHLER, H.; OLIVEIRA, R. A. Doses e formas de aplicação de potássio na cultura do feijoeiro em sistema de plantio direto na palha. **Scientia Agraria**, v. 7, p. 9-14, 2006.

SILVA JÚNIOR, J. M. **Crescimento do feijoeiro em resposta ao efeito residual do potássio em sucessão com a cultura do milho**. Graduação (Trabalho de Conclusão de Curso em Agronomia) - Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba – Areia, PB. 37 p. 2018.

SILVA, L. F. A. **Desempenho do feijoeiro comum irrigado sob doses e épocas de aplicação de potássio foliar**. Graduação (Trabalho de Conclusão de Curso em Agronomia) - Instituto Federal Goiano – Campus Ceres, 21 p. 2020.

SILVA, M. A.; SANTOS, C. M.; VITORINO, H. S.; RHEIN, A. F. Pigmentos fotossintéticos e índice SPAD como descritores de intensidade do estresse por deficiência hídrica em cana-de-açúcar. **Bioscience Journal**, v. 30, p. 173-181, 2014.

SILVA, M. P. B. **Importância do potássio na cultura do feijão**. Graduação (Trabalho de Conclusão de Curso em Agronomia) - Centro Universitário de Anápolis – UniEVANGÉLICA, 23 p. 2020.

SILVEIRA, P. M.; DAMASCENO, M. A. Doses e parcelamento de K e de N na cultura do feijoeiro irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 28, p. 1269-1276, 1993.

SINGH, N.; KATARIA, N. Role of Potassium Fertilizer on Nitrogen Fixation in Chickpea (*Cicer arietinum* L.) under Quantified Water Stress. **Journal of Agricultural Technology**, v. 8, p. 377-392, 2012.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2 ed. 2004, 416 p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3 ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

VELOSO, C. A. C.; SILVA, A. R. S.; EL-HUSNY, J. C.; BAIZI E SILVA, A. R.; MARTINEZ, G. B. **Resposta do feijão-caupi à adubação fosfatada e potássica em latossolo amarelo do nordeste paraense**. Recife: III Congresso nacional de feijão-caupi-CONAC, 2013.

VENKATESAN, S.; GANAPATHY, M. N. K. Nitrate reductase activity in tea as influenced by various levels of nitrogen and potassium fertilizers. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 35, p. 1283-1291, 2004.

YOST, M. A.; RUSSELLE, M. P.; COULTER, J. A.; SHEAFFER, C. C.; KAISER, D. E. Potassium management during the rotation from alfalfa to corn. **Agronomy Journal**, v. 103, p. 1785-1793, 2011.