

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**EFEITO DA APLICAÇÃO DE FONTES DE POTÁSSIO VIA
FERTIRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO SUBSUPERFICIAL NO
DESEMPENHO AGRONÔMICO DO FEIJOEIRO-COMUM**

MATEUS FERRARI GOMES

**Orientador: Prof. Dr. Leandro Borges Lemos
Coorientador: Prof. Dr. Anderson Prates Coelho**

2024

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CAMPUS DE JABOTICABAL**

**EFEITO DA APLICAÇÃO DE FONTES DE POTÁSSIO VIA
FERTIRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO SUBSUPERFICIAL NO
DESEMPENHO AGRONÔMICO DO FEIJOEIRO-COMUM**

MATEUS FERRARI GOMES

Orientador: Prof. Dr. Leandro Borges Lemos

Coorientador: Prof. Dr. Anderson Prates Coelho

**Trabalho apresentado à Faculdade de Ciências
Agrárias e Veterinárias - UNESP, Câmpus de
Jaboticabal, para graduação em ENGENHARIA
AGRONÔMICA.**

Jaboticabal - SP

2º semestre/2024

G633e Gomes, Mateus Ferrari

 Efeitos da aplicação de fontes de potássio via fertirrigação por gotejamento
 subsuperficial no desempenho agrônômico de feijoeiro-comum / Mateus Ferrari
 Gomes. -- Jaboticabal, 2025

 15 p.

 Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia Agrônômica) - Universidade
 Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal

 Orientador: Leandro Borges Lemos Coorientador: Anderson Prates
 Coelho

 1. Cloreto de potássio. 2. Subsurface drip irrigatio. 3. Fertirrigation. I. Título.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Câmpus Jaboticabal



NOME COMPLETO DO AUTOR

Mateus Ferrari Gomes

TÍTULO DO TRABALHO ACADÊMICO:

EFEITO DA APLICAÇÃO DE FONTES DE POTÁSSIO VIA FERTIRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO SUBSUPERFICIAL NO DESEMPENHO AGRONÔMICO DO FELJOEIRO-COMUM

Trabalho de Iniciação Científica apresentada à Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agrônômica.

Orientador: Prof. Dr. Leandro Borges Lemos

Coorientador: Prof. Dr. Anderson Prates Coelho

Área de Concentração: Fitotecnia - Agricultura

Data da defesa: 25/04/2025

☒ Aprovado

☐ Reprovado

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Leandro Borges Lemos

UNESP – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Campus de Jaboticabal

M. Sc. Cintia da Silva de Oliveira

UNESP/FCAV Jaboticabal

M. Sc. Hugo Manoel Santos Costa

UNESP/FCAV Jaboticabal

Ad referendum

Aprovado em reunião do Conselho do Departamento em:

28/04/2025

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar minha eterna gratidão à todas as pessoas que me apoiaram, me incentivaram e me encorajaram até a conclusão deste Trabalho de Conclusão de Curso.

Sou grato à Deus, onde sempre me apoiei e que me deu forças para encerrar este que seria o meu último trabalho na universidade.

Aos meus pais, Ana Paula Ferrari e Cleber Prado Gomes e Marcus Aurélio Duarte (padrasto) que foram minha base para tudo e sempre acreditaram em mim, também aos meus irmãos que tanto amo.

Gostaria também de expressar meus agradecimentos às minhas famílias, que são duas, família Ferrari e família Gomes, de sangue e à minha família de fraternidade, de república, República Power-Guido, foi neste segunda, onde pude vivenciar momentos que nunca mais poderei esquecer, momentos onde só quem morou e mora em república podem entender, foi minha segunda casa por 5.5 anos e sempre me deu segurança até o fim da minha graduação. Por isso, desejo Vida Longa à Power-Guido!

Nesta casa pude viver com figuras que tenho muita amizade como: Bocoio, Beréba, Popóta, Subáco, Gradicido, Makelelê, K-délo, Diz-like, Frescu, Cambão, Ru-ssel Malestar e Tim-maia à todos vocês, meu muito obrigado!

Não poderia de deixar de agradecer à todos os outros amigos que fiz durante esses anos, que sabem da minha gratidão e também à minha namorada Rafaela (Futrika), que não tenho palavras para expressar sobre tantos momentos que me ajudou e me apoiou.

Além de tudo isso, quero deixar meus profundos agradecimentos à FCAV, por todo o aprendizado, à todos os professores que foram essenciais ao meu desenvolvimento, especialmente para a conclusão deste trabalho, o Prof. Dr. Leandro Borges Lemos e o Prof. Dr. Anderson Prates Coelho.

Um grande abraço à todos!

ÍNDICE	página
1 - RESUMO.....	1
2 - ABSTRACT.....	1
3 - INTRODUÇÃO.....	2
4 - MATERIAL E MÉTODOS.....	3
5 - RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	5
6 - CONCLUSÃO.....	8
7 - AGRADECIMENTOS.....	8
8 - REFERÊNCIAS.....	8

Trabalho escrito nas normas da Revista IRRIGA

**EFEITO DA APLICAÇÃO DE FONTES DE POTÁSSIO VIA FERTIRRIGAÇÃO
POR GOTEJAMENTO SUBSUPERFICIAL NO DESEMPENHO AGRONÔMICO DO
FEIJOEIRO-COMUM**

**MATEUS FERRARI GOMES¹; LEANDRO BORGES LEMOS¹; ANDERSON
PRATES COELHO²**

¹ Departamento de Produção Vegetal, Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Via de Acesso Professor Paulo Donato Castellane, s/n km 5, 14884-900, Jaboticabal, São Paulo, Brasil. mateus.ferrari@unesp.com.br; leandro.lemos@unesp.br

² Departamento de Engenharia, Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Via de Acesso Professor Paulo Donato Castellane, s/n km 5, 14884-900, Jaboticabal, São Paulo, Brasil. anderson.coelho@unesp.br

1 RESUMO

Objetivou avaliar o efeito da aplicação de fontes de potássio fornecidas via fertirrigação por gotejamento subsuperficial no desempenho agronômico da cultura do feijoeiro-comum cultivado no período de outono-inverno. O delineamento experimental foi de blocos casualizados com doze repetições. Os tratamentos foram constituídos pela aplicação de duas fontes de potássio (K), cloreto e nitrato de K, aplicadas via fertirrigação por gotejamento subsuperficial. A cultivar utilizada foi a TAA Dama, semeada no espaçamento de 0,50 m, em 06 de junho de 2023. Durante a condução do experimento foram avaliados o número de vagens por planta, número de grãos por vagem, massa de 100 grãos, população final de plantas, produtividade de grãos, teor e exportação de N e K pelos grãos. Os dados foram analisados por meio do teste F e a comparação de médias pelo teste de Tukey. Também foi realizada o estudo de correlação de Pearson entre as variáveis avaliadas. As fontes de nitrato e de cloreto de K, aplicadas por gotejamento subsuperficial, não promoveram diferenças no desempenho agronômico do feijoeiro-comum, bem como no acúmulo de K e N nos grãos, obtendo produtividade média de grãos de 4.163 kg ha⁻¹.

Palavras-chave: desempenho agronômico, cloreto de potássio, nitrato de potássio, produtividade de grãos.

**MATEUS FERRARI GOMES; LEANDRO BORGES LEMOS; ANDERSON PRATES
COELHO**

**EFFECT OF APPLYING POTASSIUM SOURCES VIA SUBSURFACE DRIP
FERTIGATION ON THE AGRONOMIC PERFORMANCE OF COMMON BEAN**

2 ABSTRACT

The objective was to evaluate the effect of applying potassium sources supplied via subsurface drip fertigation on the agronomic performance of common bean crops grown in the autumn-winter period. The experimental design was randomized blocks with twelve replications. The

treatments consisted of the application of two sources of potassium (K), K chloride and nitrate, applied via subsurface drip fertigation. The cultivar used was TAA Dama, sown at a spacing of 0.50 m, on June 6, 2023. During the experiment, the number of pods per plant, number of grains per pod, mass of 100 grains, population final plant, grain productivity, content and export of N and K by grains. Data were analyzed using the F test and comparison of means using the Tukey test. A Pearson correlation study was also carried out between the variables evaluated. The sources of nitrate and K and chloride, applied by subsurface drip, did not promote differences in the agronomic performance of common bean, as well as in the accumulation of K and N in the grains, obtaining an average grain productivity of 4,163 kg ha⁻¹.

Keywords: agronomic performance, potassium chloride, potassium nitrate, grain yield.

3 INTRODUÇÃO

O feijoeiro-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é uma das culturas mais importantes do ponto de vista socioeconômico no mundo. Por ser um produto de fácil acesso pela população, baixo custo e com elevado valor nutricional, é um dos principais alimentos responsáveis pela segurança alimentar mundial (Nassary et al. 2020), além de gerar renda para diversos produtores.

No Brasil, o feijoeiro-comum é cultivado ao longo do ano em três safras, sendo elas a safra das águas, com semeadura na primavera, a safra das secas, com semeadura no verão e a safra de inverno, com semeadura no outono (Lemos et al., 2015). Por necessidade de irrigação em grande parte do território brasileiro nessa época do ano, é consenso que a safra de inverno é a que possui os produtores com maior nível tecnológico.

A irrigação do feijoeiro-comum na safra de inverno iniciou no Brasil por volta da década de 1980, quando os primeiros pivôs centrais foram instalados. Desde então, a maior parte da área irrigada na safra de inverno do feijão é por pivô-central.

Incipientemente, as utilizações do sistema de irrigação por gotejamento subsuperficial têm aumentado em áreas de grãos no país, gerando maior economia de água e possibilidade de aplicação de fertilizantes junto com a água de irrigação (Dalri e Cruz, 2008; Dalri et al., 2021).

Nesse sistema, as mangueiras são enterradas a, aproximadamente, 20 cm de profundidade e espaçadas entre 60 e 80 cm, dependendo do tipo de solo. A utilização desse sistema de irrigação é comum em áreas de cana-de-açúcar e café (Faria et al., 2004; Dalri et al., 2021), mas ainda precisa de estudos para melhor abalizar a produção de grãos.

Nas culturas produtoras de grãos, as vantagens do gotejamento subsuperficial são a aplicação localizada de água e nutrientes diretamente nas raízes das plantas, evitando perdas e reduzindo custos com máquinas, implementos e mão-de-obra, não gera umidade na parte aérea das plantas, evitando desenvolvimento de doenças, além de possibilitar o uso de agrotóxicos para controle de pragas de solo.

Nesse sistema, deve-se ter atenção especial com o uso de fertilizantes, especialmente devido ao potencial de salinização do solo e à fonte utilizada.

Dentre todos os nutrientes de plantas, os dois mais absorvidos pelo feijoeiro-comum são o N e o K (Soratto et al., 2013; Coelho et al., 2024). Embora seja uma leguminosa, o feijoeiro-comum não é eficiente na fixação biológica do nitrogênio (FBN), ou seja, para elevadas produtividades é necessário a aplicação em cobertura de até 120 kg ha⁻¹ de N por meio de fertilizantes, dependendo do sistema de produção e produtividade esperada (Wutke et al., 2022). A exportação de N e K pelo feijoeiro-comum nas cultivares modernas está na faixa de 25 a 35

kg t⁻¹ e de 15 a 20 kg t⁻¹ de grãos colhidos, respectivamente (Soratto et al., 2013; Wutke et al., 2022; Coelho et al., 2024). O N faz parte de diversas moléculas importantes para a fisiologia das plantas, como aminoácidos e a clorofila, enquanto o K é o maior ativador enzimático das plantas (Prado, 2021). Sendo assim, uma nutrição adequada quanto aos dois macronutrientes mais exigidos pelas culturas é essencial para a obtenção de máximas produtividades.

Existem diversas fontes de potássio que podem ser utilizadas para a adubação, tais como o cloreto de potássio (KCl, 58 a 62% de K₂O), o sulfato de potássio (K₂SO₄, 50 a 53% de K₂O e 17% de S), o nitrato de potássio (KNO₃, 44 a 46% de K₂O e 13 a 14% de N) e o sulfato de potássio e magnésio (K₂O₄.2MgSO₄, 22% de K₂O, 22% de S e 12 a 18% de Mg).

Entretanto, devido ao menor custo por unidade de K₂O, o mais amplamente utilizado na agricultura brasileira é o cloreto de potássio. Embora o KCl apresente elevada concentração de K₂O, ele também possui altos níveis de cloro. É reconhecido na literatura que o excesso de cloro pode prejudicar a qualidade de alguns produtos, tais como a qualidade de bebida do café e a qualidade da folha do fumo (Geilfus, 2018; Moreira, 2020).

O excesso de Cl gera impactos relacionados ao efeito osmótico nas plantas, pode gerar necrose nas margens das folhas e o seu murchamento (Geilfus, 2018; Prado, 2021), além de perdas na produtividade. Van Loon e Van Den Berg (2003) verificaram que a aplicação de 400 kg ha⁻¹ de Cl reduziu a produtividade da batata em mais de 3 t ha⁻¹. Visto que pouco se sabe sobre o impacto de doses elevadas de Cl sobre o desempenho agrônomo e qualitativo do feijoeiro-comum, a avaliação do efeito de fontes potássicas alternativas ao KCl nesta cultura fertirrigada por gotejamento subsuperficial é necessária para recomendar manejos mais assertivos.

Portanto, a hipótese desse trabalho de pesquisa foi que as fontes de potássio aplicadas via fertirrigação em sistema de gotejamento subsuperficial interferem no desempenho agrônomo do feijoeiro-comum cultivado na safra de outono-inverno.

Assim, o objetivo desse trabalho de pesquisa foi avaliar os efeitos da aplicação de fontes de potássio como cloreto de potássio e nitrato de potássio, fornecidos via fertirrigação por gotejamento subsuperficial, no desempenho agrônomo da cultura do feijoeiro-comum cultivada no período de outono-inverno em Bebedouro, Norte do Estado de São Paulo.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Estação Experimental de Citricultura/Fundação Coopercitrus, situada às margens da Rodovia Brigadeiro Faria Lima, km 384, sul da cidade de Bebedouro, Estado de São Paulo (20°53'08" S; 48°28'06" W, altitude de 592 m), Brasil.

De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Aw, ou seja, clima tropical com verão chuvoso e inverno seco (Alvares et al., 2013). Durante o período experimental de 06 de junho de 2023 a 19 de setembro de 2023, a lâmina média de irrigação na área experimental foi de 301 mm, precipitação acumulada de 30 mm, evapotranspiração de referência de 208 mm, temperatura máxima de 37°C, temperatura mínima de 8°C, temperatura média de 21,65°C e umidade relativa de 66%.

Antes da semeadura do feijoeiro-comum, aplicou-se lâmina de irrigação de 80 mm para manter o solo em umidade ideal para a germinação, ou seja, a lâmina efetiva aplicada ao longo do ciclo da cultura (após a semeadura) foi de 221 mm.

O delineamento experimental foi de blocos casualizados, com doze (12) repetições. Foram utilizadas duas (02) fontes de potássio (K) nos tratamentos do feijoeiro-comum: Cloreto de Potássio e Nitrato de Potássio, aplicadas via fertirrigação por gotejamento subsuperficial.

No total foram avaliadas 24 parcelas experimentais, sendo cada parcela constituída de 5 linhas com 5 metros de comprimento, espaçadas em 0,50 m, sendo consideradas como área útil apenas as 3 linhas centrais.

A cultivar utilizada foi a TAA Dama, que possui o grão comercial do tipo carioca, hábito de crescimento indeterminado, crescimento prostrado, tipo III, ciclo normal (89 dias), massa de 100 grãos de 28,9 g, tolerância ao escurecimento do tegumento e elevado potencial produtivo (Rodrigues, 2018; RNC, 2023).

O feijoeiro-comum foi semeado em sistema de plantio direto sobre palhada de soja, no espaçamento entre linhas foi de 0,50m, utilizando-se na adubação base 300 kg ha⁻¹ do formulado 04-30-10, fornecendo 12, 90 e 30 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente. A adubação de cobertura foi parcelada via fertirrigação e constituiu em 90 kg ha⁻¹ de N e 70 kg ha⁻¹ de K₂O. Para o tratamento com cloreto de potássio, a dose integral de N foi através da ureia, enquanto para o tratamento de nitrato de potássio a dose de N em cobertura foi complementada com ureia, visto que o nitrato de potássio forneceu 16,4 kg ha⁻¹ de N. Além disso, aplicou-se 0,5 kg ha⁻¹ de B via fertirrigação nos dois tratamentos, utilizando-se ácido bórico.

As sementes foram tratadas com Fipronil (Start®), na dose de 0,02 L para cada 10 kg de sementes, Vitavax Thiram 200 SC, na dose de 0,02 L para cada 10 kg de sementes e aplicou-se o inseticida Ampligo, na dose de 0,5 L para um volume de calda de 210 L ha⁻¹. As doses de N em cobertura foram parceladas de 10 até 60 dias após a emergência, enquanto as doses de K foram parceladas de 20 até 70 dias após a emergência. A dose de B foi parcelada aos 20, 40 e 50 dias após a emergência. O controle de pragas, doenças e plantas daninhas foi realizado conforme as recomendações técnicas da cultura, utilizando-se de produtos registrados.

O sistema de irrigação adotado foi por gotejamento subsuperficial, instalado a 22 cm de profundidade. O manejo de irrigação foi via clima, suprimindo 100% da necessidade da demanda hídrica da cultura, levando-se em consideração a evapotranspiração diária e as precipitações. O manejo de irrigação apresentou turno de rega variável e lâmina de irrigação variável.

A colheita do experimento aconteceu dia 19 de setembro de 2023 e a trilha das parcelas dia 21 de setembro de 2023.

Durante a condução do experimento foram avaliadas as seguintes variáveis:

Por meio da coleta de dez plantas consecutivas na linha de cultivo de cada parcela, foram determinados os componentes de produção do feijoeiro-comum: número de vagens por planta, número de grãos por vagem, número de grãos por planta e massa de cem grãos.

- Número de vagens por planta - determinado a partir da relação entre o número total de vagens e o número total de plantas;

- Número de grãos por vagem - determinado a partir da relação entre o número total de grãos e o número total de vagens;

- Número total de grãos por planta - determinado pelo produto entre o número médio de vagens por planta e o número médio de grãos por vagem;

- Massa de cem grãos (g) - determinada por meio da pesagem de quatro subamostras de 100 grãos de cada parcela experimental, corrigindo-se os dados para umidade de 0,13 kg kg⁻¹ em base úmida;

- População final de plantas (plantas ha⁻¹) - determinada pela contagem das plantas de feijoeiro-comum em duas linhas úteis de cada parcela;

- Produtividade de grãos (kg ha⁻¹) - a colheita foi realizada mediante o arranquio manual das plantas presentes em três linhas da área útil de cada parcela. Após a secagem ao sol, foi realizada trilha mecanizada. Para obtenção da produtividade, determinou-se a umidade dos grãos, obtendo-se os valores em kg ha⁻¹, após padronização para 0,13 kg kg⁻¹ em base úmida.

- Exportação de N e K pelos grãos (g kg^{-1} e kg ha^{-1}) - seguiu a metodologia proposta por Malavolta et al. (1997). A exportação de N e K pelos grãos foi calculada em função dos dados de produtividade de grãos e dos teores de nutrientes nos grãos.

Os programas estatísticos utilizados foram o SpeedScat (Carvalho et al., 2020) e Statistica v.7 para a estatística univariada, multivariada e correlação de Pearson. Foi realizada uma matriz de correlação de Pearson entre todas as variáveis avaliadas. Além disso, devido à estrutura de dependência do conjunto original dos dados, foi utilizada a análise estatística exploratória multivariada por componentes principais (CPs) para a espacialização das variáveis e tratamentos (Hair et al., 2009). Os dados foram padronizados, apresentando média nula e variância unitária. A seleção do número de CPs foi realizada com base no critério de Kaiser, utilizando-se àqueles com autovalores superiores a 1 (Kaiser, 1958). Os dados foram analisados por meio de análise de variância, teste F ($p < 0,05$) e, quando necessário, a comparação de médias foi feita utilizando-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade (análise univariada).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os resultados obtidos, verificou-se que não houve diferença entre as fontes de potássio (K) para as variáveis de desempenho agrônomo do feijoeiro-comum relacionadas aos componentes de produção, produtividade de grãos e exportação de N e K pelos grãos (Tabela 1).

Tabela 1. Resumo da análise de variância e valores médios para a população de plantas (PF), número de vagens por planta (NVP), número de grãos por vagem (NGV), número de grãos por planta (NGP), massa de cem grãos (MCG), produtividade de grãos (PG), exportação de K (Exp. K) e exportação de N (Exp. N) do feijoeiro-comum fertirrigado por gotejamento subsuperficial em função de fontes de potássio (K).

Fontes de K	PF	NVP	NGV	NGP	MCG	PG	Exp. K	Exp. N
	mil pls ha^{-1}	-----	n°	-----	-- g --	-----	kg ha^{-1}	-----
Cloreto de K	198,3 a	10,8 a	6,00 a	70,28 a	28,89 a	4.217 a	62,0 a	119,5 a
Nitrato de K	206,7 a	11,5 a	6,03 a	69,04 a	28,90 a	4.109 a	59,2 a	121,3 a
Valor-p								
Fontes de K	0,524	0,645	0,865	0,848	0,976	0,678	0,501	0,859
CV (%)	15,8	32,3	6,7	24,5	2,8	14,5	16,4	20,2
Média geral	202,5	11,1	6,01	69,66	28,90	4.163	60,62	120,37

CV: coeficiente de variação; significativo quando $p < 0,05$

A população final média foi de 202.500 plantas por hectare, valor considerado ideal para a cultivar TAA Dama, que possui crescimento indeterminado, porte prostrado e é classificada como tipo III. De acordo com Fancelli e Dourado Neto (1997), a população final (PF) ideal para cultivares Tipo III, como a TAA Dama, situa-se entre 170 e 230 mil plantas por ha. O número médio de vagens por planta (NVP) médio foi de 11,18. Segundo Leal et al. (2023), cada incremento unitário no NVP promove um aumento de produtividade do feijoeiro-comum de 86 kg ha^{-1} . A média para o número de grãos por vagem (NGV) foi de 6,01. A massa de cem grãos (MCG) média foi de 28,90 g, sendo um valor considerado elevado para o feijoeiro-comum. Avaliando a MCG para 16 cultivares de feijão carioca na safra de inverno no Estado de São

Paulo, Leal et al. (2019) observaram valores variando entre 23,7 e 29,53 g, enquanto Nunes et al. (2021) verificaram valores variando de 15,4 a 28,5 g. A MCG média encontrada neste experimento está próxima dos valores máximos encontrados nestes dois trabalhos citados, confirmando a elevada MCG para a cultivar TAA Dama.

Na média geral, a produtividade de grãos (PG) foi de 4.163,7 kg ha⁻¹, valor 68,9% superior à PG média do feijoeiro-comum para o estado de São Paulo na safra de inverno do ano de 2023 (Conab, 2023). Os elevados valores de PG estão relacionados ao sistema de produção em que o feijoeiro-comum foi mantido ao longo do ciclo, com fornecimento contínuo de água via gotejamento subsuperficial, fertilizações parceladas e frequentes, tudo isso associado a um manejo de irrigação racional e eficiente. Após a semeadura do feijoeiro-comum, foi aplicada uma lâmina efetiva de irrigação de 221 mm, ou seja, a produtividade da água de irrigação (ou eficiência de uso da água) no experimento foi de 18,8 kg de feijão produzido para cada mm de água aplicado via irrigação. No mesmo dia do presente experimento (06 de junho), foi instalado em Jaboticabal/SP (40 km de Bebedouro) um estudo de feijoeiro-comum irrigado por aspersão convencional. Neste estudo, a produtividade média foi de 3.900 kg ha⁻¹ e a lâmina de irrigação aplicada foi de 305 mm, gerando uma produtividade da água de irrigação de 13,0 kg de feijão produzido por mm de água aplicado. Esse valor é 31% inferior ao observado no presente experimento sob sistema de irrigação por gotejamento subsuperficial. Ainda na safra de inverno em Jaboticabal/SP, Coelho et al. (2023) observaram que a produtividade da água do feijoeiro-comum irrigação por aspersão convencional foi de 15 kg mm⁻¹, valor 20% inferior ao obtido aqui. Isso demonstra a elevada eficiência de aplicação de água e sanidade que o sistema de irrigação por gotejamento subsuperficial promove na produção de grãos, como o feijoeiro-comum.

A exportação média de K (Exp. K) foi de 60,62 kg ha⁻¹, ou 14,56 kg de K por tonelada de grãos produzido. A exportação média de N (Exp. K) foi de 120,37 kg ha⁻¹, ou 28,91 kg de N por tonelada de grãos produzido. Na literatura (Soratto et al., 2013; Coelho et al., 2024), a exportação relativa média de N e K para cultivares modernas de feijoeiro-comum de grão do tipo carioca é de 25 a 35 e de 15 a 20 kg t⁻¹, respectivamente, valores próximos aos observados no presente estudo. Silva e Moreira (2022) observaram que a exportação relativa de N e K para a cultivar TAA Dama foi de 26,3 e 15,0 kg t⁻¹, respectivamente, semelhante ao observado aqui.

Por meio da análise de correlação de Pearson (Tabela 2), observou-se que a PG foi diretamente correlacionada com o NGV, Exp. K e Exp. N, ou seja, quanto maiores os valores dessas variáveis, maior a PG. Leal et al. (2023) verificaram que, dependendo das condições edafoclimáticas, a PG do feijoeiro-comum pode aumentar em 812 kg ha⁻¹ para cada acréscimo unitário no NGV. O maior NGV pode ser justificado pela maior Exp. K, conforme demonstra a análise de correlação. Além disso, quanto maior o acúmulo e, conseqüentemente, a exportação dos dois nutrientes mais demandados pelo feijoeiro-comum (N e K), maior tende a ser a PG da cultura. Isso ocorre, pois, a nutrição adequada em N e K melhora a morfofisiologia das plantas (Prado, 2021) e promove maior potencial produtivo (Leal et al., 2019; Nunes et al., 2021; Coelho et al., 2024).

Tabela 2. Matriz de correlação de Pearson das variáveis analisadas no experimento do feijoeiro-comum em função das fontes de potássio (PF - população final de plantas, NVP - número de vagens por planta, NGV - número de grãos por vagem, NGP - número de grãos por planta, MCG - massa de cem grãos, PG - produtividade de grãos, ExpK e ExpN - exportação de K e N pelos grãos).

Variáveis	PF	NVP	NGV	NGP	MCG	PG	ExpK	ExpN
PF	1.00							
NVP	-0.33	1.00						
NGV	-0.13	-0.31	1.00					
NGP	-0.58**	0.72**	0.05	1.00				
MCG	-0.05	0.08	0.11	0.25	1.00			
PG	-0.18	-0.13	0.55*	0.06	0.19	1.00		
ExpK	-0.22	-0.11	0.51*	0.06	0.19	0.96**	1.00	
ExpN	0.15	-0.32	0.29	-0.30	0.13	0.73**	0.74**	1.00

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$

Quanto a análise multivariada de componentes principais (CP), os dois primeiros CPs explicaram 65,01% da variabilidade total dos dados, sendo 44,22% para o CP1 e 20,79% para o CP2 (figura 1). As variáveis relacionadas ao CP1 foram PG, MCG e NGV, sendo que elas se correlacionam diretamente entre si. No CP2, as variáveis foram NVP e PF, apresentando correlação indireta. Em relação aos tratamentos, 7 parcelas ficaram próximas aos vetores de PG e MCG, das quais em 4 situações a fonte utilizada foi o nitrato de potássio e em 3 situações foi o cloreto de potássio. Isso demonstra o equilíbrio entre as fontes de K em relação ao desempenho produtivo do feijoeiro-comum, conforme analisado na análise univariada.

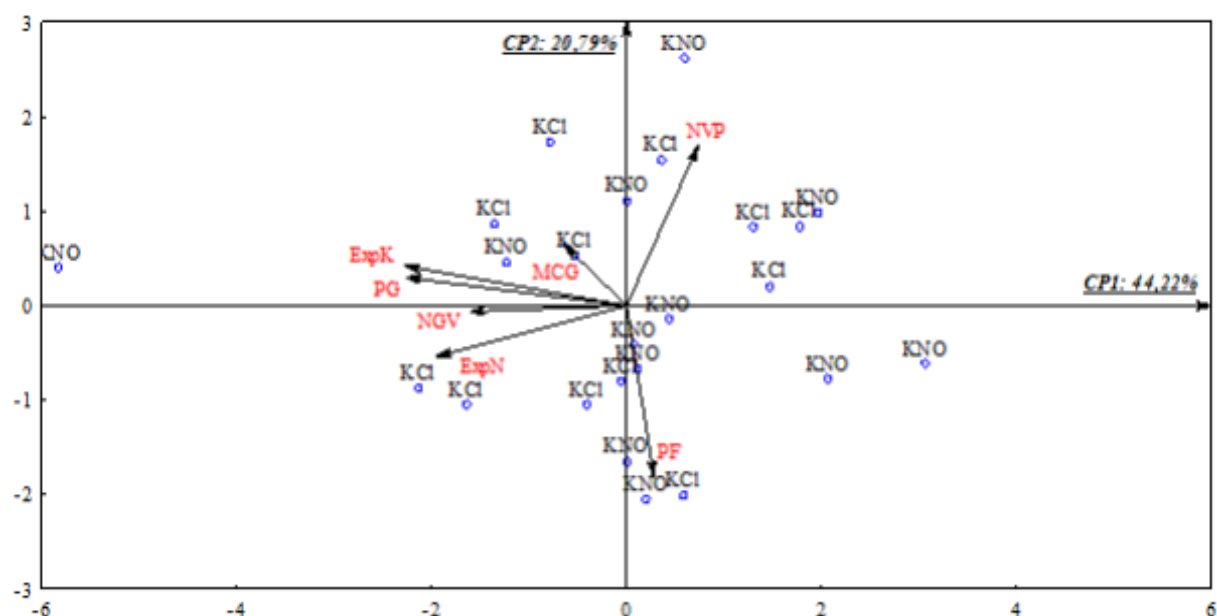


Figura 1. Análise de componentes principais para espacialização em gráfico biplot dos tratamentos e variáveis. PG: produtividade de grãos; MCG: massa de cem grãos; K: teor de K nos grãos; NVP: número de vagens por planta; PF: população final de plantas; KNO: nitrato de potássio; KCl: cloreto de potássio.

6 CONCLUSÃO

As fontes nitrato de potássio e cloreto de potássio, aplicadas por gotejamento subsuperficial, não promoveram diferenças no desempenho agrônômico do feijoeiro-comum, bem como no acúmulo de K e N nos grãos.

7 AGRADECIMENTOS

A empresa Netafim pela parceria na realização deste trabalho de pesquisa.

8 REFERÊNCIAS

ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

CARVALHO, A. M. X. de et al. SPEED Stat: a free, intuitive, and minimalist spreadsheet program for statistical analyses of experiments. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 20, n. 3, p. e327420312, 2020.

COELHO, A. P. et al. Irrigation management of common bean cultivars with contrasting growth habits. **Scientia Agricola**, v. 80, p. e20220038, 2023.

COELHO, A. P. et al. What are the impacts of water deficit, cultivars, and agricultural years on the dynamics of nutrient uptake by common bean? Part I: n, P, and K. **Journal of Plant Nutrition**, p. 1-21, 2024.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). Grãos - Safra 2023/24 – 3º levantamento. Disponível em: < <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos> > Acesso em 12 Dez. 2023.

DALRI, A. B.; CRUZ, R. L. Produtividade da cana-de-açúcar fertirrigada com N e K via gotejamento subsuperficial. **Engenharia Agrícola**, v. 28, p. 516-524, 2008.

DALRI, A. B. et al. Adaptation and responsiveness of sugarcane cultivars under irrigated and rainfed production systems. **Engenharia Agrícola**, v. 41, p. 496-503, 2021.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Ecofisiologia e fenologia do feijoeiro**. Tecnologia da Produção do Feijão Irrigado. Tradução. Piracicaba: Esalq-Depto Agricultura/Fealq, 1997.

FARIA, L. F. et al. Variação de vazão de gotejadores de fluxo normal enterrados na irrigação de café. **Engenharia Agrícola**, v. 24, p. 589-602, 2004.

GEILFUS, C. M. Review on the significance of chlorine for crop yield and quality. **Plant Science**, v. 270, p. 114-122, 2018.

HAIR, J. F. et al. **Análise Multivariada de Dados (Multivariate Data Analysis)**. 6th ed.. Porto Alegre: Bookman, 2009. 536 p.

KAISER, H. F. The varimax criterion for analytic rotation in factor analysis. **Psychometrika**, v. 23, n. 3, p. 187-200, 1958.

LEAL, F. T. et al. Selection of common bean cultivars for the irrigated production system. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 27, p. 882-891, 2023.

LEMOS, B. L. et al. Cultivares. In: ARF, O. et al. (Eds). **Aspectos gerais da cultura do feijão *Phaseolus vulgaris***. Botucatu: FEPAF, 2015. p. 181-207.

MALAVOLTA, E. et al. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2ª ed., Piracicaba: POTAFOS, 1997, 319 p.

MOREIRA, D. T. **Efeito do manejo de fontes de potássio na produtividade do cafeeiro e na qualidade da bebida**. 2020. Tese de Doutorado. IAC.

NASSARY, E. K. et al. Intensification of common bean and maize production through rotations to improve food security for smallholder farmers. **Journal of Agriculture and Food Research**, v. 2, p. 100040, 2020.

NUNES, H. D. et al. Agronomic performance, quality and nitrogen use efficiency by common bean cultivars. **Journal of Plant Nutrition**, v. 44, n. 7, p. 995-1009, 2021.

PRADO, R. M. **Mineral nutrition of tropical plants**. Switzerland: Springer Nature, 2021, 392p.

REGISTRO NACIONAL DE CULTIVARES (RNC). TAA Dama – *Phaseolus vulgaris* L. Disponível em: < https://sistemas.agricultura.gov.br/snpc/cultivarweb/cultivares_registradas.php > Acesso em 12 Dez. 2023.

RODRIGUES, L. L. **Controle genético do escurecimento dos grãos de feijão com diferentes tipos de grão e origens**. 2018. 62 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2018.

SILVA, C. G. M.; MOREIRA, S. G. Nutritional demand and nutrient export by modern cultivars of common bean. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 57, p. e02248, 2022.

SORATTO, R. P. et al. Nutrient extraction and exportation by common bean cultivars under different fertilization levels: I-macronutrients. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, p. 1027-1042, 2013.

VAN LOON, C. D.; VAN DEN BERG, W. The effect of chloride fertilization on blackspot susceptibility and other quality characteristics and on yield of potato. **Potato Research**, v. 46, p. 147-154, 2003.

WUTKE, E. B. et al. Feijão (*Phaseolus vulgaris*). In: CANTARELLA, H. et al. (Eds.). **Boletim 100: Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2ed. Campinas, IAC. 2022. p.246-249.