

USO DA FERTIRRIGAÇÃO PARA MANEJO EFICIENTE DA ADUBAÇÃO POTÁSSICA NA CULTURA DA BETERRABA

JUVENALDO FLORENTINO CANJA¹; BENITO MOREIRA DE AZEVEDO²;
MATHEUS AMORIM FERREIRA²; BRUNO HARRISSON DA SILVA
MENDONÇA²; FRANCISCO HERMESON RODRIGUES COSTA² E ALEXSANDRO
OLIVEIRA DA SILVA³

¹Instituto de Desenvolvimento Rural, Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Avenida da Abolição, 3 – Centro, 62790-000, Redenção – CE, Brasil, e-mail: batchijuve@gmail.com; ORCID (<https://orcid.org/0000-0002-1342-4326>)

²Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará, Av. Mr Hull, Pici, 60455-760, Fortaleza-CE, Brasil, e-mail: benito@ufc.br; brunoharrisson5@gmail.com; hermesonrc@gmail.com; ORCID (<https://orcid.org/0000-0001-7391-1719>, <https://orcid.org/0000-0002-9276-8177>)

³Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal Rural de Pernambuco, rua dom Manoel de Medeiros, Dois Irmãos, 52171-900, Recife, PE, Brasil, e-mail: alexandro.osilva@ufrpe.br; ORCID (<https://orcid.org/0000-0001-5528-9874>)

1 RESUMO

O uso da técnica de fertirrigação pode aumentar a eficiência do uso de fertilizantes pelas culturas possibilitando maiores produtividades. O objetivo deste trabalho foi determinar o potencial de produção e desenvolvimento da cultura da beterraba submetida a diferentes doses e formas de aplicação de potássio. O experimento foi realizado, na cidade de Fortaleza, Ceará, Brasil, entre agosto e outubro de 2022, em condições de campo com delineamento experimental em blocos casualizados, com quatro doses de potássio (0, 60, 120 e 240 kg ha⁻¹) e duas formas de aplicação (convencional e fertirrigada), com quatro repetições. Na adubação convencional foram aplicadas as doses de potássio na fundação e cobertura sendo parceladas em 60 e 40%, respectivamente. Na adubação fertirrigada foi feita a aplicação semanalmente. Foram avaliados altura da planta, número de folhas, diâmetro do tubérculo, comprimento do tubérculo, massa fresca do tubérculo, massa seca das folhas e produtividade. A forma de aplicação fertirrigada promoveu maior altura da planta, diâmetro do tubérculo, massa seca das folhas, massa fresca do tubérculo e produtividade, entretanto não foram observadas alterações no comprimento do tubérculo entre as formas de aplicação. Recomenda-se o uso de 176 kg ha⁻¹ de K₂O para aplicação via fertirrigação e 240 kg ha⁻¹ de K₂O para aplicação via adubação convencional na cultura da beterraba.

Palavras-chaves: *Beta vulgaris* L., potássio, quimigação.

CANJA, J. F.; AZEVEDO, B. M.; FERREIRA, M. A.; SILVA, B.H.; COSTA, F. H. R.;
SILVA, A. O.

USE OF FERTIGATION FOR EFFICIENT MANAGEMENT OF POTASSIUM
FERTILIZATION IN BEETROOT CROPS

2 ABSTRACT

The use of fertigation can increase the efficiency of fertilizer use by crops, thereby increasing yields. The objective of this work was to determine the production and development potential of beet crops subjected to different doses and forms of potassium application. The experiment was conducted in Fortaleza, Ceará, Brazil, from August to October 2022 under field conditions using a randomized block design with four potassium application rates (0, 60, 120, and 240 kg ha⁻¹) and two application methods (conventional and fertigation), with four replications. In the conventional fertilization treatment, potassium was applied at planting and as topdressing, which were split into 60% and 40%, respectively. In the fertigation treatment, potassium was applied weekly. The following parameters were evaluated: plant height, number of leaves, tuber diameter, tuber length, fresh mass, dry mass, and yield. Increased plant height, tuber diameter, leaf dry mass, fresh tuber mass, and yield were associated with increased fertigation; however, no differences in tuber length were observed between the application methods. The application of 176 kg ha⁻¹ K₂O via fertigation and 240 kg ha⁻¹ K₂O via conventional fertilization for beetroot cultivation is recommended.

Keywords: *Beta vulgaris* L.; potassium; quimigation

3 INTRODUÇÃO

A beterraba (*Beta vulgaris* L.) é um vegetal de raiz tuberosa originário da Europa e pertencente à família Amaranthaceae. Trata-se de uma cultura anual, herbácea, que produz uma raiz tuberosa comestível, de formato esférico a globular-achatado e um sabor bastante adocicado (Filgueira, 2008). Embora seja adaptada a baixas temperaturas, sua introdução na região Nordeste, caracterizada por temperaturas elevadas, é relativamente recente, devido ao aprimoramento genético dessa cultura (Ebmeyer; Fiedler-Wiechers; Hoffmann, 2021), dessa forma, torna-se essencial compreender as condições ideais de fertilidade do solo e necessidade de adubação para essa cultura.

Entre os elementos necessários para cultivos agrícolas, o potássio (K) desempenha diversas funções vitais para o crescimento e desenvolvimento das hortaliças, dentre estas a cultura da beterraba (Artyszak; Gozdowski; Siuda, 2021; Silva; Silva; Klar, 2017; Xie *et al.*, 2022), contribuindo para o desenvolvimento adequado de tubérculos (Aksu; Altay,

2020b; Silva Silva; Klar, 2016; Silva *et al.*, 2015). Além disso, o potássio está associado à melhoria da cor, do sabor e da resistência das hortaliças ao armazenamento após a colheita, tornando-as mais atraentes para o consumidor (Aksu; Altay, 2020a; Artyszak; Gozdowski; Siuda, 2021). Portanto, garantir a presença adequada de K no solo é fundamental para o crescimento das plantas e a produção de colheitas de alta qualidade, proporcionando benefícios tanto para os agricultores quanto para os consumidores. O manejo adequado desse nutriente é essencial para otimizar a produtividade e a qualidade das hortaliças cultivadas (Barbosa *et al.*, 2024; El-Mageed *et al.*, 2022; Yan *et al.*, 2022).

A aplicação de adubos de maneira convencional é chamada assim por ser uma prática comum e amplamente utilizada na agricultura. No entanto, é importante mencionar que, em algumas situações, essa forma de adubação pode apresentar algumas limitações, como a perda de nutrientes por lixiviação em solos mais arenosos (Demattê; Demattê, 2024) ou a dificuldade de alcançar uma distribuição homogênea dos nutrientes em grandes áreas, o que pode elevar os

custos com fertilizantes e muitas vezes reduzir o potencial produtivo das culturas (Shahena *et al.*, 2021).

Dentre os fertilizantes com maiores riscos de perdas, destaca-se os fertilizantes potássicos, no qual tende a se movimentar facilmente na solução do solo e, em alguns casos, pode ser lavado para profundidades abaixo da zona radicular, onde as raízes das plantas não conseguem alcançá-lo, resultando em uma baixa disponibilidade do nutriente para as plantas, reduzindo assim sua eficácia como fertilizante (Silva; Silva; Bassoi, 2016).

Uma estratégia para otimizar o uso de fertilizantes como K_2O , que vem comumente sendo utilizado é a fertirrigação (Parra, 2019; Silva *et al.*, 2024). Essa prática consiste na injeção de fertilizantes no sistema de irrigação para transportar nutrientes necessários às plantas (Kumar; Singh; Pathania, 2022; Parra, 2019), levando em consideração características como a qualidade da água (Lira *et al.*, 2019) e a solubilidade dos fertilizantes. Com a fertirrigação, é possível ajustar as quantidades de nutrientes de acordo com as demandas específicas de cada fase de crescimento das plantas. Essa precisão na aplicação contribui para um uso mais eficiente dos insumos e evita o excesso ou a escassez de nutrientes, favorecendo o desenvolvimento saudável das culturas (Silva; Silva; Klar, 2016; Kumar; Singh; Pathania, 2022).

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi determinar o potencial de produção e desenvolvimento da cultura da

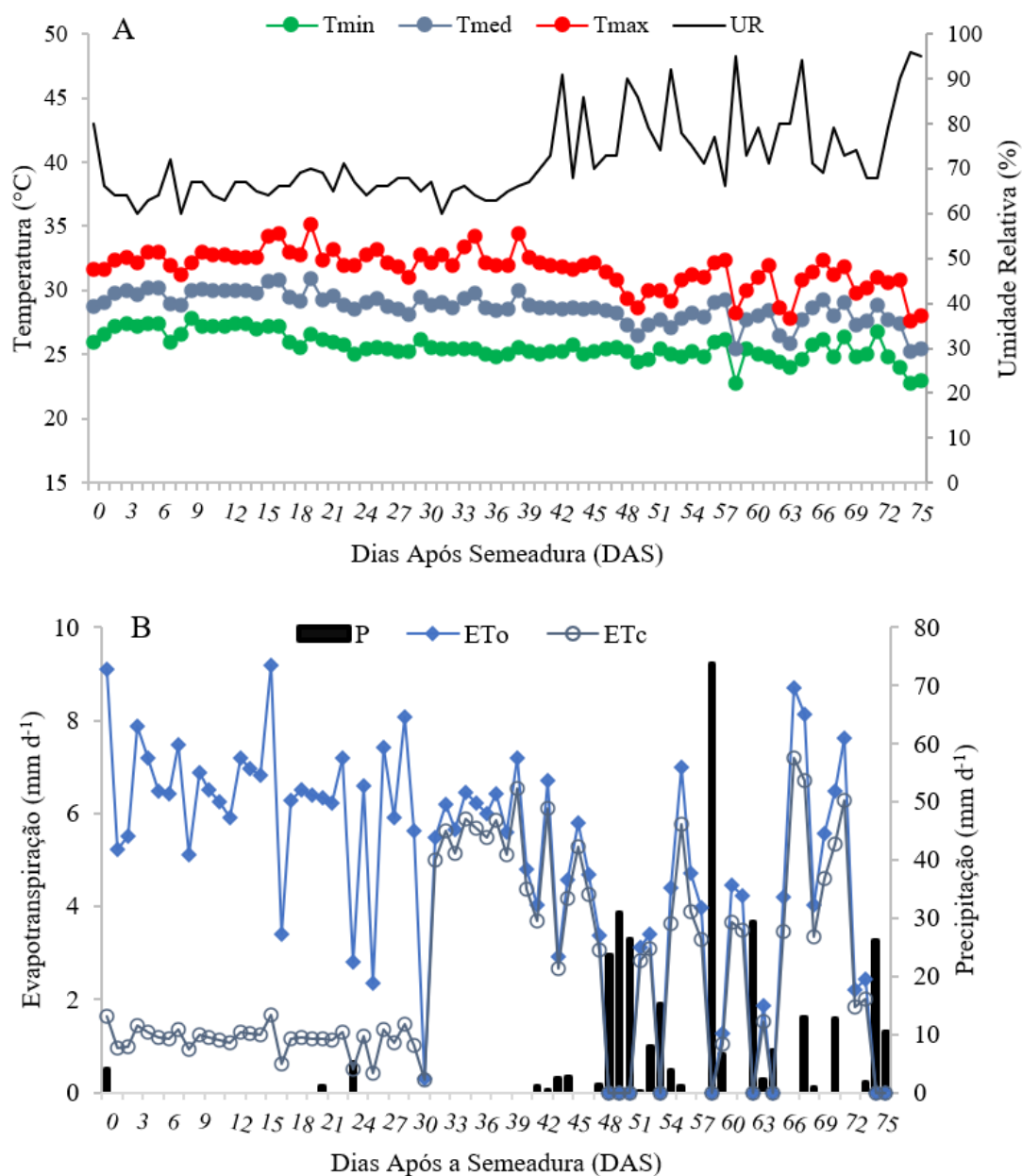
beterraba submetida a diferentes doses e formas de aplicação de potássio.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Localização e características da área experimental

O experimento foi conduzido na área experimental da Estação Meteorológica do Departamento de Engenharia Agrícola, da Universidade Federal do Ceará, Campus do Pici, entre agosto e outubro de 2022. A área experimental está localizada na cidade de Fortaleza, Ceará, Brasil, a uma altitude de 19,5m, latitude de 03°43'02" S e longitude de 38°32'35" W e 19,5 m O clima da região, de acordo com a classificação climática de Koppen, é do tipo Aw' (tropical chuvoso, muito quente, com chuvas predominantes nas estações do verão e outono), com temperaturas médias de 26,5 °C (Nogueira *et al.*, 2023).

Durante a realização do experimento, foram obtidos dados climáticos de estação meteorológica automática a uma distância de 10 metros do experimento, no qual foram observadas temperaturas médias de 28,6°C e umidade relativa de 72% (Figura 1A), a precipitação acumulada foi de 310 mm, com maior ocorrência de chuvas nos últimos 20 dias (183,5 mm) para o encerramento do experimento (Figura 1B). A evapotranspiração de referência (ET_o) e a evapotranspiração da cultura (ET_c) ocorreram em média nos valores de 4,90 mm d⁻¹ e 2,50 mm d⁻¹, respectivamente.

Figura 1. Dados climáticos durante a realização do experimento.

Fonte: Autor (2024)

O solo da área experimental é classificado como argissolo vermelho amarelo de textura franco arenosa (Santos *et al.*, 2018). As amostras de solo foram

coletadas a 0-0,20 m de profundidade, antes da instalação do experimento, para análise dos atributos químicos e físicos do solo (Tabela 1).

Tabela 1. Atributos químicos e granulométricos da camada de 0-0,20 m de solo Argiloso.

pH	CE	M.O.	P	K ⁺	Ca ²⁺	Na	Mg ²	H+Al ³	SB	PST	V
H ₂ O	dS m ⁻¹	g.kg ⁻¹	--mg.kg ⁻¹ --		-----cmol _c .dm ⁻³ -----					---- (%) ----	
6,4	0,9	0,93	103	0,4	0,5	0,05	0,3	3,96	1,07	4	58,3
Argila			Silte		Areia total			Areia grossa		Areia fina	
-----g.kg ⁻¹ -----											
195			50		755			ns		ns	

pH – potencial hidrogeniônico; M.O. – matéria orgânica; P – fósforo; K – potássio; Ca – cálcio; Na – sódio; Mg – magnésio; H + Al – acidez potencial; SB – soma de bases; V – saturação por bases; S – enxofre; CE – condutividade elétrica.

Sementes de beterraba da cultivar Early Wonder foram semeadas a uma profundidade de 2 cm no topo do solo em canteiros com 1,2 m de largura e 0,3 m de altura, sendo três sementes por cova e um espaçamento de 0,3 x 0,15 m. Durante o cultivo foi feito controle de ervas daninhas, realizado por meio de capinas. Após a emergência, foram mantidas apenas uma planta por cova. A adubação de plantio foi realizada com o uso de 17,4 kg ha⁻¹ de ureia (45% de N), 38,4 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio (58% K₂O) e 116 kg ha⁻¹ de superfosfato simples (18% de P₂O₅, 16% de Ca e 10% de S). A adubação de cobertura (160 kg ha⁻¹ de N), basearam-se nos padrões de Tivelli *et al.* (2011).

4.2. Delineamento e condução experimental

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com quatro doses de potássio (0, 60, 120 e 240 kg ha⁻¹ de K₂O) e duas formas de aplicação (convencional e fertirrigação), totalizando 32 parcelas experimentais com quatro repetições. Cada parcela foi composta por 10 plantas, totalizando 320 plantas no experimento. Para avaliação, foram consideradas as oito plantas centrais de cada parcela, descartando as bordaduras.

O sistema de irrigação utilizado foi o gotejamento com emissores possuindo vazão de 1,5 L h⁻¹ e pressão de funcionamento de 10 mca (Bernardo *et al.*, 2019), sendo utilizada uma bomba

centrífuga com potência de 0,5 cv. O manejo de irrigação foi realizado por intermédio de dados climáticos com a lâmina a ser irrigada estimada pela evapotranspiração da cultura (ET_c), obtida através do produto da ETo (Penman Monteith-FAO) pelo coeficiente de cultivo da cultura (K_c) conforme Allen, Pereira e Raes (1998). Foi utilizado o coeficiente de localização (K_l) para determinação da evapotranspiração localizada ($ET_{c_{loc}} = ET_c \times K_l$), obtido com base na área ocupada pelas plantas em relação a área total (Bernardo *et al.*, 2019; Frizzzone *et al.*, 2012). O espaçamento utilizado entre fitas gotejadoras e emissores foram iguais ao espaçamento da cultura, com um emissor por planta. A eficiência do sistema de irrigação (E_a = 90%) foi determinada pela uniformidade de distribuição (UD = 91%) e área adequadamente irrigada (A_R = 90%) conforme Frizzzone *et al.* (2012).

Foi montado um sistema de fertirrigação com bomba injetora com vazão de 30 L h⁻¹, no qual o fertilizante potássico foi inserido em reservatórios para sucção e inserção no sistema (Parra, 2019), sendo este usado semanalmente para as doses de potássio via aplicação de cloreto de potássio (58% de K₂O).

4.3 Variáveis analisadas

Após a colheita, realizada aos 80 dias após a semeadura (DAS), deu-se início a análise das variáveis, no qual foram utilizadas cinco plantas por parcela

experimental, retiradas manualmente de forma aleatória.

A altura da planta (AP) foi obtida, medindo-se com a utilização de uma trena, no qual as plantas foram medidas da superfície do solo até a folha mais desenvolvida. O número de folhas (NF) foi obtido por contagem manual. As variáveis diâmetro do tubérculo (DT) e comprimento do tubérculo (CT), foram obtidas com auxílio de paquímetro digital (cm). A variável massa de matéria fresca do tubérculo (MFT) foi obtida após a separação do tubérculo das folhas, que foi pesado em balança de precisão de 0,01g. A variável massa de matéria seca das folhas (MSF), foi obtida após acondicionamento do material vegetal em sacos de papel e submetimento das amostras a uma temperatura constante de 65°C em estufa de secagem até as amostras atingirem peso constante (48h, aproximadamente), o material foi pesado em balança de precisão (0,01g). A variável produtividade (P) foi obtida considerando a massa fresca do tubérculo e o espaçamento

da cultura, estimando-se para uma área de 1 ha.

Os resultados foram submetidos ao teste anova (Teste F) no software *R statistics*, quando significativos a 1% ($p < 0,01$) ou 5% ($0,05 < p$) de probabilidade pelo teste F, utilizou-se modelos de regressão linear e quadrático para estimar o comportamento dos dados.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observa-se na Tabela 2 no resumo da análise de variância para o fator formas de aplicação (FA), efeito significativo ($p < 0,05$) para todas as variáveis estudadas, excetuando-se apenas a variável NF. Para o fator doses de K_2O , observa-se que todas as variáveis foram influenciadas ($p < 0,01$), enquanto a interação dos fatores (FA x Doses), apenas a variável NF, não demonstrou nenhuma influência dos tratamentos aplicados.

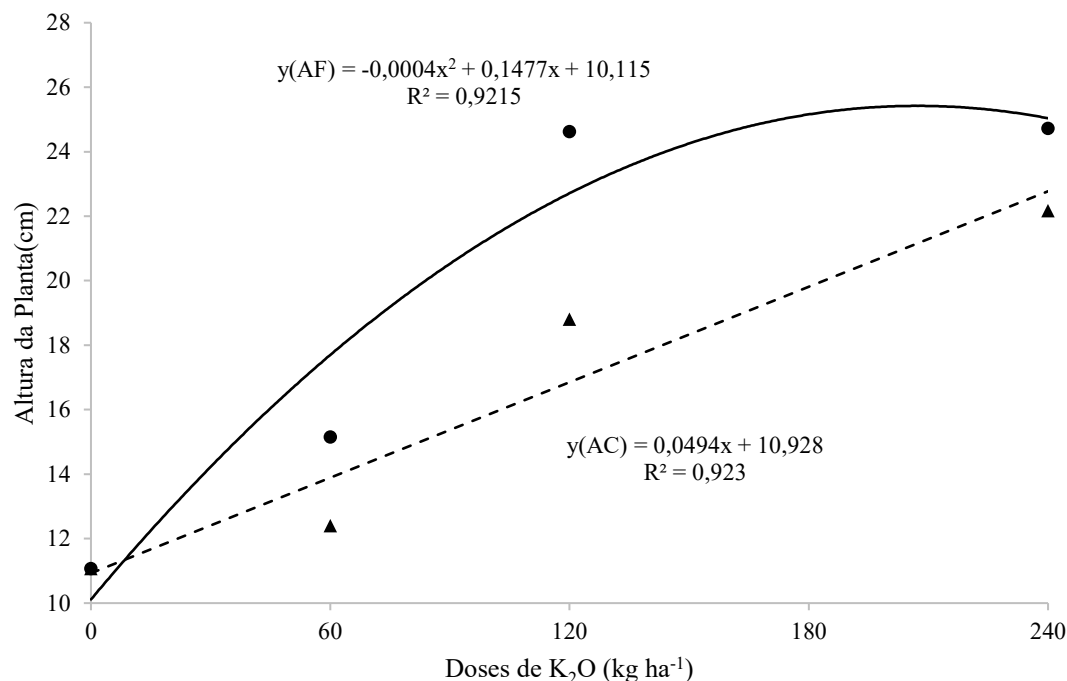
Tabela 2. Resumo da análise de variância para as variáveis altura de plantas (AP), número de folhas (NF), diâmetro e comprimento do tubérculo (DT e CT), massa seca do tubérculo (MFT), massa seca das folhas (MSF) e produtividade comercial (P) da beterraba em função de diferentes doses de potássio e formas de aplicação.

Quadrado médio								
FV	GL	AP	NF	DT	CT	MFT	MSF	P
Blocos	3	3,0*	0,2 ^{ns}	0,9 ^{ns}	0,03 ^{ns}	77,4	1,2**	470488,3 ^{ns}
FA	1	61,8**	0,7 ^{ns}	4,4**	1,4**	807,1**	37,7**	3992928,8**
Doses (D)	3	288,8**	19,5**	19,7**	14,7**	1418,3**	73,6**	59569375,8**
FA x D	3	11,36**	0,9 ^{ns}	0,6*	0,3**	175,9*	8,1**	2213461,7**
Resíduo	21	0,8	1,7	0,1	0,07	41,1	1,2	447021,2
CV (%)		5,33	16,92	13,13	8,88	10,33	12,92	10,62

FV – fonte de variação; GL – grau de liberdade; FA – formas de aplicação; Doses – doses de K_2O ; CV – coeficiente de variação; ns – não significativo; ** e * – significativo a 0,01 e 0,05 pelo teste de Tukey, respectivamente.

Na Figura 2 observa-se o comportamento da variável AP em função das diferentes doses de K_2O aplicada na adubação convencional (AC) e adubação via fertirrigação (AF), respectivamente, para o ciclo de produção da beterraba. Para AF, o

modelo polinomial quadrático apresentou-se como o mais adequado com as maiores doses de K_2O observadas de 184,62 kg ha⁻¹ para uma AP máxima de 23,75 cm. Para AC, o ajuste foi linear com AP máxima de 22,78 cm.

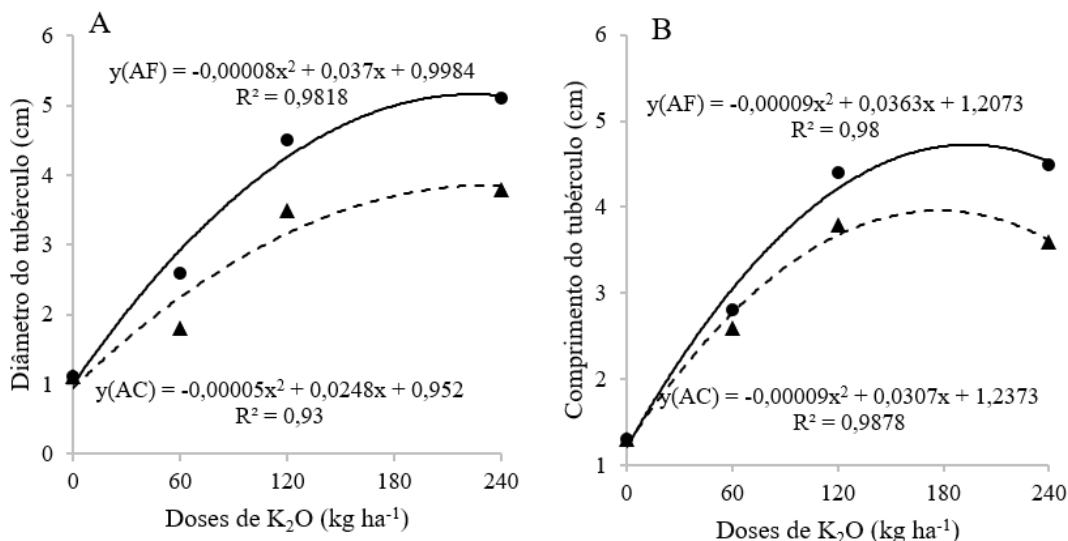
Figura 2. Altura de plantas de beterraba em função da dose de potássio e formas de aplicação.

Fonte: Autor (2024)

Em estudos com manejo da fertirrigação na cultura da beterraba, Silva; Silva e Klar (2015), observaram valores próximos a 41 cm para AP, diferenciando dos observados no presente estudo. Contudo, possivelmente a técnica de transplântio e as diferenças no cultivo desta hortaliça, podem ter corroborado para as diferenças observadas. Observa-se que maiores doses de K₂O contribuíram para o desenvolvimento da cultura, estando de acordo com os resultados obtidos na literatura, no qual o K é um dos elementos de maior absorção pela cultura, contribuindo para um adequado desenvolvimento desta (Artyszak; Gozdowski; Siuda, 2021; Silva; Silva; Klar, 2017).

Na Figura 3, observa-se, respectivamente, o comportamento da variável DB em função das diferentes doses de K₂O aplicada convencionalmente e via fertirrigação (Figura 3A). O ajuste foi quadrático para ambas as formas de aplicação de K₂O, no qual máximos valores para a variável DB, foram de 5,27 cm para uma dose ótima de 231,25 kg ha⁻¹ e 4,03 cm para 248 kg ha⁻¹ de K₂O, respectivamente para AF e AC. Na Figura 3B visualiza-se o comportamento da variável CB, no qual o ajuste foi quadrático para ambos os métodos de fertilização, onde o máximo valor para a variável foram de 4,87 cm para uma dose ótima de 201,7 kg ha⁻¹ de K₂O e 3,85 cm para 170 kg ha⁻¹ de K₂O, respectivamente para AF e AC.

Figura 3. Diâmetro (A) e comprimento (B) do bulbo da beterraba em função da dose de potássio e formas de aplicação.



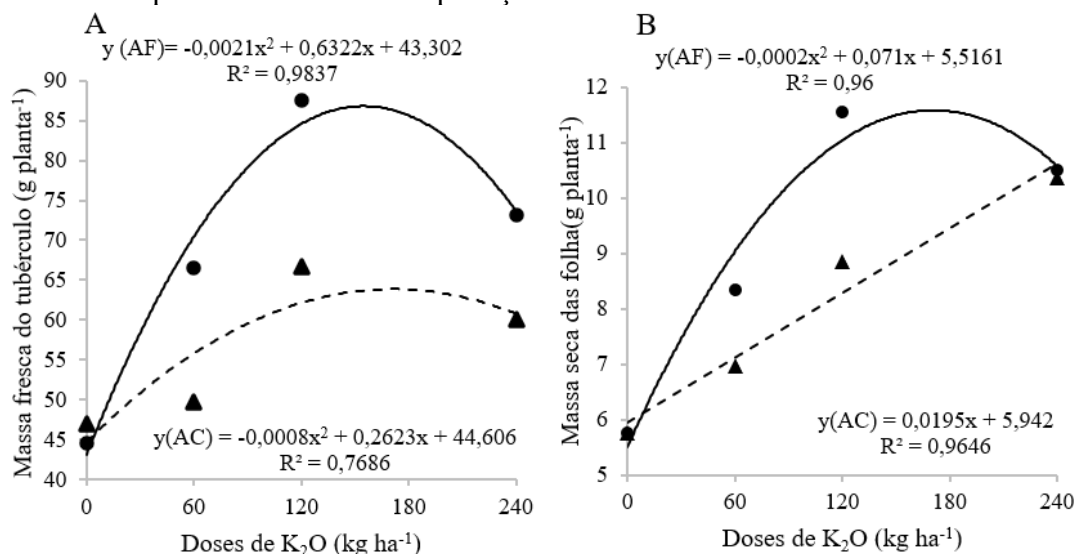
Fonte: Autor (2024)

Os íons de potássio (K^+) presentes na solução do solo podem ser adsorvidos pelo solo, absorvidos pelas plantas ou lixiviados. Logo, as perdas de potássio devido à lixiviação são significantes, havendo maior precaução nos cultivos em solos arenosos, favorecendo, portanto, o uso de sistemas de irrigação localizados e o uso da fertirrigação (Silva *et al.*, 2020; Yan *et al.*, 2022), tais fatores favorecem um maior desenvolvimento de hortaliças como a beterraba, já que a umidade próximo à capacidade de campo (Gabriel Filho *et al.*, 2022; Silva *et al.*, 2015), como mantida por sistemas de irrigação por gotejamento e uma adubação potássica adequada (El-Mageed *et al.*, 2022) favorecem o desenvolvimento do tubérculo e outros parâmetros de crescimento nesta cultura.

Na Figura 4, observa-se, respectivamente para a massa fresca do

tubérculo (MFT) e massa seca das folhas (MSF), o comportamento destas variáveis em função das diferentes doses de potássio aplicadas por meio de adubação convencional e fertirrigação. Para a variável MFT (Figura 4A), observa-se para as doses de K_2O via AF, um ajuste quadrático com maiores valores de MFT ($90,9\ g\ planta^{-1}$) observados para a dose de $150,5\ kg\ ha^{-1}$ de K_2O . Para aplicação via AC, o ajuste foi quadrático com maiores valores de MFT observados ($66,11\ g\ planta^{-1}$) para a dose de $163,9\ kg\ ha^{-1}$ de K_2O . Para a variável MSF (Figura 4B), doses de K_2O via AF, foram ajustadas ao modelo quadrático com maiores valores observados ($11,8\ g\ planta^{-1}$) em $177,5\ kg\ ha^{-1}$ de K_2O . Para a aplicação via AC, o ajuste foi linear com incremento de $0,0195\ g\ planta^{-1}$ para cada dose de K_2O aplicada.

Figura 4. Massa fresca do tubérculo e massa seca de folhas de beterraba em função da dose de potássio e formas de aplicação.



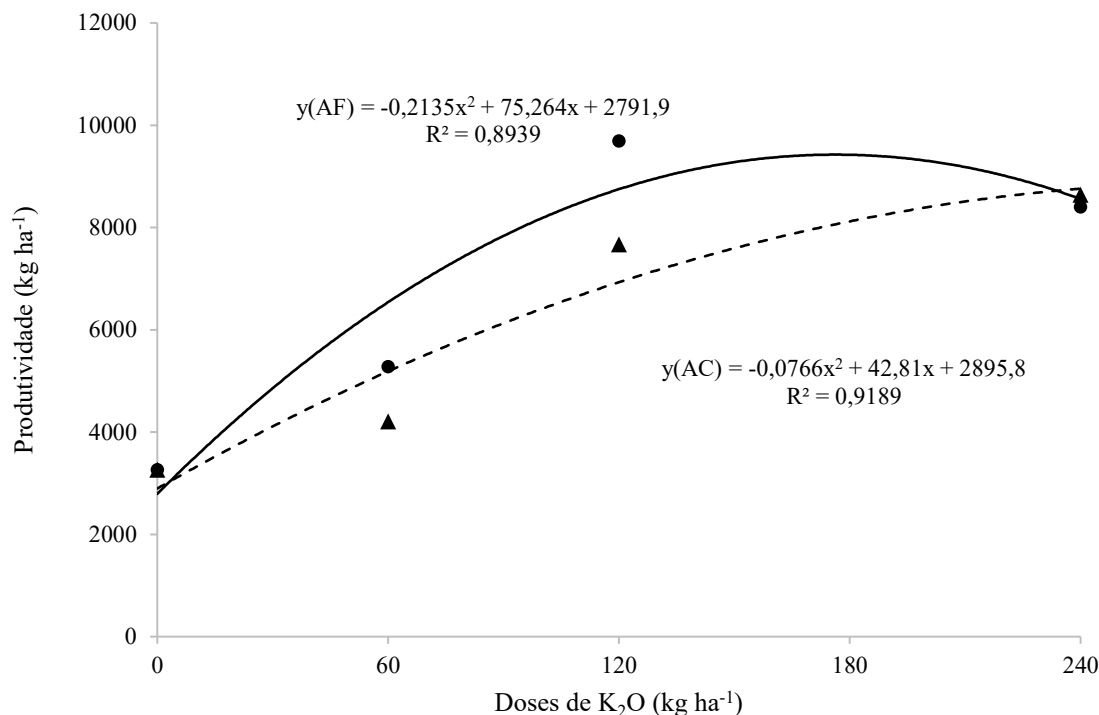
Fonte: Autor (2024)

Dentre as vantagens observadas pela aplicação de K₂O via fertirrigação no presente experimento, destaca-se a redução das doses aplicadas em comparação à adubação convencional, propiciando melhores resultados com menores quantidades de fertilizantes aplicadas. Os resultados da presente pesquisa corroboram com os estudos de El-Mageed *et al.* (2022), no qual os autores observaram que o uso de 144 kg ha⁻¹ de K₂O, proporcionaram os melhores resultados para a cultura da beterraba. Contudo, as condições de fertilidade do solo, condições climáticas e

cultivares podem variar as doses aplicadas para esta cultura.

Na Figura 5 observa-se, respectivamente para a produtividade, o comportamento em função das diferentes doses de potássio aplicadas por meio de adubação convencional e fertirrigação. Para todos os casos estudados o modelo quadrático apresentou-se como o mais adequado com maiores valores observados para a variável P de 9.425 (VF) e 8.758 (AC) kg ha⁻¹ em função das doses de 176,26 e 240 kg ha⁻¹ de K₂O, respectivamente.

Figura 5. Produtividade comercial da beterraba em função da dose de potássio e formas de aplicação.



Fonte: Autor (2024)

Tais resultados expõem a necessidade de uma correta aplicação de fertilizantes, além de doses adequadas de K₂O, podendo maximizar a produtividade otimizando os custos, pois a absorção de K pela cultura é elevada, podendo acarretar consumo de luxo em aplicações excessivas como demonstram Silva, Silva e Klar (2017), em estudos sobre acúmulo de nutrientes na cultura da beterraba. Além da produtividade, a aplicação de fertilizantes potássicos pode melhorar outros atributos importantes na cultura, tais como a concentração de açúcares (Artyszak; Gozdowski; Siuda, 2021), aumento da disponibilidade de água através da tolerância a seca (Aksu; Altay, 2020b), além da valorização do produto comercial. Silva, Silva e Klar (2016), em estudos sobre fertirrigação na cultura da beterraba, observaram que o aumento da condutividade elétrica do solo pela adubação, em valores superiores aos 4 dS m⁻¹, podem prejudicar a produtividade da cultura, sendo,

portanto, importante parcelar a aplicação dos fertilizantes durante o ciclo.

6 CONCLUSÃO

A aplicação de fertilizantes potássicos via fertirrigação, se mostrou eficiente, elevando a produtividade e otimizando a dose aplicada.

Recomenda-se o uso de 176 kg ha⁻¹ de K₂O para aplicação via fertirrigação e 240 kg ha⁻¹ de K₂O para aplicação via adubação convencional na cultura da beterraba.

O parcelamento da adubação potássica na cultura da beterraba pode ser uma estratégia importante para redução de perdas por lixiviação, sendo necessários novas investigações sobre o tema.

7 REFERÊNCIAS

- AKSU, G.; ALTAY, H. The effects of potassium applications on drought stress in sugar beet: part I. sugar beet quality components. **Journal of Scientific Perspectives**, Çanakkale, v. 4, n. 2, p. 157-168, 2020a.
- AKSU, G.; ALTAY, H. The effects of potassium applications on drought stress in sugar beet. **Sugar Tech**, New Delhi, v. 22, n. 6, p. 1092-1102, 2020b. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12355-020-00851-w>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12355-020-00851-w>. Acesso em: 12 mar. 2026.
- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. (Irrigation and Drainage Paper, n. 56). Disponível em: <https://www.fao.org/4/x0490e/x0490e00.htm>. Acesso em: 5 maio 2020.
- ARTYSZAK, A.; GOZDOWSKI, D.; SIUDA, A. Effect of the application date of fertilizer containing silicon and potassium on the yield and technological quality of sugar beet roots. **Plants**, Basel, v. 10, n. 2, p. 1-12, 2021.
- BARBOSA, A.; SOUSA, G. G.; SOUZA, M. V. P.; FREIRE, M. H. C.; GOES, G. F.; PEREIRA, A. P. A.; VIANA, T. V. A.; COSTA, R. N. T.; LACERDA, C. F.; SILVA, G. F.; ROLIM, M. M. Brackish Water, Phosphate Fertilization and Trichoderma in the Agronomic Performance of Beet Crops. **Agronomy**, Basel, v. 14, n. 6, article 1306, 2024. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4395/14/6/1306>. Acesso em: 4 mar. 2025.
- BERNARDO, S.; MANTOVANI, E. C.; SILVA, D. A.; SOARES, A. A. **Manual de Irrigação**. 9. ed. Viçosa, MG: UFV, 2019. 545 p.
- DEMATTÊ, J. L. I.; DEMATTÊ, J. A. M. **Manejo de solos arenosos: fundamentos e aplicações**. 1. ed. Piracicaba: LSO: ESALQ, 2024. 350 p. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/9786587391496>. Disponível em: <https://www.livrosabertos.abcd.usp.br/porta-ldelivrosUSP/catalog/book/1403>. Acesso em 12 jan. 2025.
- EBMEYER, H.; FIEDLER-WIECHERS, K.; HOFFMANN, C. M. Drought tolerance of sugar beet – Evaluation of genotypic differences in yield potential and yield stability under varying environmental conditions. **European Journal of Agronomy**, Amsterdam, v. 125, article 126262, 2021.
- EL-MAGEED, T. A. A.; MEKIDAD, A. A. A.; RADY, M. O. A.; ABDELBAKY, A. S.; SAUDY, H. S.; SHAABAN, A. Physio-biochemical and agronomic changes of two sugar beet cultivars grown in saline soil as influenced by potassium fertilizer. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, Berlim, v. 22, p. 3636-3654, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s42729-022-00916-7>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s42729-022-00916-7>. Acesso em: 05 mar. 2026.
- FILGUEIRA, F. A. R. **Novo Manual de Olericultura**. 3. ed. Viçosa, MG: UFV, 2008. 209 p.
- FRIZZONE, J. A.; FREITAS, P. S. L.; REZENDE, R.; FARIA, M. A. **Microirrigação: gotejamento e microaspersão**. 1. ed. Maringá: EDUEM, 2012. 356 p.

- GABRIEL FILHO, L. R. A.; SILVA, A. O.; GABRIEL, C. P. C.; PUTTI, F. F. Fuzzy modeling of the effect of irrigation depths on beet cultivars. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 42, n.1, p. e20210084, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v42n1e20210084/2022>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/eagri/a/w7LFbCYLghzfkpWGXPmW9np/?lang=en>. Acesso em: 15 mar. 2026.
- KUMAR, A.; SINGH, H.; PATHANIA, S. Potassium Fertigation Improved Growth, Yield and Quality of Kinnow Mandarin in Potassium Rich Soils. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, Oxfordshire, v. 53, n. 14, p. 1767-1776, 2022.
- LIRA, R. M.; SILVA, Ê. F. F.; SILVA, A. O.; MEDEIROS, P. R. F.; SILVA, G. F.; SOARES, H. R. Watercress and chinese cabbage in a hydroponic system using groundwater. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 32, n. 4, p. 1038-1047, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-21252019v32n420rc>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rcaat/a/VPp9bpkgdT7xqptSPPVmPqs/?lang=en>. Acesso em: 15 jan. 2026.
- NOGUEIRA, D. B.; SILVA, A. O.; GIROLDO, A. B.; SILVA, A. P. N.; COSTA, B. R. S. Dry spells in a semi-arid region of Brazil and their influence on maize productivity. **Journal of Arid Environments**, Amsterdam, v. 209, article 104892, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2022.104892>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0140196322001872?via%3Dihub>. Acesso em: 22 mar. 2026.
- PARRA, I. R. V. **Fertirrigación: desde la teoría a la práctica**. 1. ed. Chillán: Editorial Universidad de Concepción, 2019. 253 p.
- SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAÚJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. Brasília, DF: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária: Centro Nacional de Pesquisas de Solos, 2018. 356 p.
- SHAHENA, S.; RAJAN, M.; CHANDRAN, V.; MATHEW, L. Conventional methods of fertilizer release. In: LEWU, F. B.; VOLOVA, T.; THOMAS, S.; RAKHIMOL, K. R. (org). **Controlled release fertilizers for sustainable agriculture**. 1. ed. Amsterdam: Academic Press, 2021. cap. 1, p. 1-24. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819555-0.00001-7>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/Chapter/edited-volume/abs/pii/B9780128195550000017?via%3Dihub>. Acesso em 12 jan. 2025.
- SILVA, A. O.; COSTA, B. R. S.; OLDONI, H.; SILVA, D. J.; BASSOI, L. H. Potassium fertigation and organic fertilisation in 'Syrah' grape in Northeastern Brazil: yield, must characteristics and phenolic compounds. **Oeno One**, Villenave d'Ornon, v. 58, n. 1, p. 1-11, 2024. DOI: <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2024.58.1.7799>. Disponível em: <https://oeno-one.eu/article/view/7799>. Acesso em: 15 mar. 2025.
- SILVA, A. O.; SILVA, B. A.; SOUZA, C. F.; AZEVEDO, B. M.; BASSOI, L. H.; VASCONCELOS, D. V.; BONFIM, G. V.; JUAREZ, J. M.; SANTOS, A. F.;

- CARNEIRO, F. M. Irrigation in the age of agriculture 4.0: management, monitoring and precision. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 51, p. 1-17, 2020. DOI: <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20200090>. Disponível em: <https://periodicos.ufc.br/revistacienciaagronomica/article/view/84922>. Acesso em: 22 jan. 2026.
- SILVA, A. O.; SILVA, D. J.; BASSOI, L. H. Nitrate and potassium concentration in fertigated soil cultivated with wine vines. **Ciencia e Agrotecnologia**, Lavras, v. 40, n. 3, p. 305-316, 2016.
- SILVA, A. O.; SILVA, Ê. F. F.; KLAR, A. E. Acúmulo e exportação de macronutrientes em beterraba sob diferentes manejos de fertirrigação e salinidade. **Bragantia**, Campinas, v. 76, n.1, p.125-134, 2017.
- SILVA, A. O.; SILVA, Ê. F. F.; KLAR, A. E. Manejo da fertirrigação e salinidade do solo no crescimento da cultura da beterraba. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 35, n. 2, p. 320-241, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v35n2p230-241/2015>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/eagri/a/WBH8rPZ7fDpzYywwvpX9g7q/?lang=pt>. Acesso em: 12 mar. 2026.
- SILVA, A. O.; SILVA, Ê. F. F.; KLAR, A. E. Yield of beet cultivars under fertigation management and salinity control in a protected environment. **Chilean Journal of Agricultural Research**, Chillán, v. 76, n. 4, p. 463-470, 2016.
- SILVA, A. O.; SILVA, Ê. F. F.; BASSOI, L. H.; KLAR, A. E. Desenvolvimento de cultivares de beterraba sob diferentes tensões da água no solo. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 33, n. 1, p. 12-18, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-053620150000100003>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/WnV6F67yR3Pv33JSGZLkPhx/?lang=pt>. Acesso em: 15 mar. 2026.
- TIVELLI, S. W.; FACTOR, T. L.; TERAMOTO, J. R. S.; FABRI, E. G.; MORAES, A.R. A.; TRANI, P. E.; MAY, A. **Beterraba**: do plantio à comercialização. Campinas: IAC, 2011. 45 p. (Boletim Técnico, n. 210).
- XIE, X.; ZHU, Q.; XU, Y.; MA, X.; DING, F.; LI, G. Potassium Determines Sugar Beets' Yield and Sugar Content under Drip Irrigation Condition. **Sustainability**, Basel, v. 14, n. 19, article 12520, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/su141912520>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/14/19/12520>. Acesso em: 12 mar. 2026.
- YAN, F.; XIAOQIANG, L.; WENQIANQ, B.; FAN, J.; ZHANG, F.; XIANG, Y.; HOU, X.; PEI, S.; DAI, Y.; ZENG, H.; WANG, Y. Multi-objective optimization of water and nitrogen regimes for drip-fertigated sugar beet in a desert climate. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 288, article 108703, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2022.108703>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S037842902200274X?via%3Dihub>. Acesso em: 16 mar. 2026.