



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Botucatu



HENRIQUE VASQUE

**PRODUÇÃO E PÓS-COLHEITA DA BETERRABA EM FUNÇÃO DA
ADUBAÇÃO POTÁSSICA EM COBERTURA**

Botucatu

2023

HENRIQUE VASQUE

**PRODUÇÃO E PÓS-COLHEITA DA BETERRABA EM FUNÇÃO DA
ADUBAÇÃO POTÁSSICA EM COBERTURA**

Tese de Doutorado, apresentada à
Faculdade de Ciências Agronômicas da
Unesp, Câmpus de Botucatu, para a
obtenção do título de Doutor em
Agronomia (Energia na Agricultura)

Orientador: Prof. Dr. Rogério Lopes Vieites

Botucatu

2023

V335p

Vasque, Henrique

Produção e pós-colheita da beterraba em função da adubação potássica em cobertura / Henrique Vasque. -- Botucatu, 2023
84 p.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp),
Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu
Orientador: Rogério Lopes Vieites

1. Alimento funcional. 2. Betalainas. 3. Adubação potássica. 4.
Compostos bioativos. 5. Pós-colheita. I. Título.

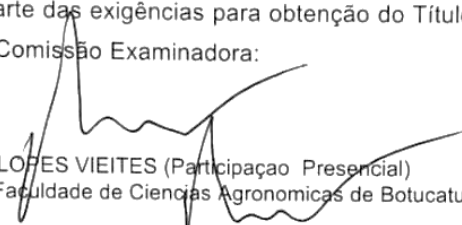
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: PRODUÇÃO E PÓS-COLHEITA DA BETERRABA EM FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO POTÁSSICA EM COBERTURA

AUTOR: HENRIQUE VASQUE

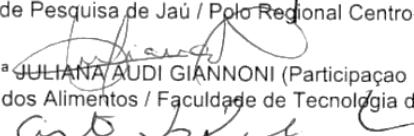
ORIENTADOR: ROGÉRIO LOPES VIEITES

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em Agronomia (Energia na Agricultura), pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. ROGÉRIO LOPES VIEITES (Participação Presencial)
Produção Vegetal / Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu UNESP

Pesquisadora ELISANGELA MARQUES JERONIMO TORRES (Participação Virtual)
Unidade de Pesquisa de Jaú / Polo Regional Centro-Oeste - Apta Regional



Prof.ª Dr.ª JULIANA AUDI GIANNONI (Participação Presencial)
Ciências dos Alimentos / Faculdade de Tecnologia de Marília



Prof. Dr. ANTONIO ISMAEL INÁCIO CARDOSO (Participação Presencial)
Produção Vegetal / Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu

Profa. Dra. MARIA CECÍLIA DE ARRUDA (Participação Virtual)
Unidade de Pesquisa e Desenvolvimento de Bauru / Apta Regional - Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo

Botucatu, 29 de junho de 2023

Dedico, aos meus
amados pais, Arlete e João, as
minhas avós Leonilda e Ester, e a
minha companheira Stefany.

AGRADECIMENTOS

À Deus, sempre e acima de tudo.

Ao meu pai João e minha mãe Arlete, por serem o suporte em minha vida.

À minha companheira Stefany por ser exatamente como é e estar sempre ao meu lado.

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP, Faculdade de Ciências Agrônômicas – FCA e ao Programa de Pós-Graduação em Energia na Agricultura por ter me acolhido e pela oportunidade de realização do curso de Doutorado.

À secretaria da Seção de Pós-graduação pelo suporte acadêmico.

Ao meu orientador Prof. Dr. Rogério Lopes Vieites, pelos ensinamentos, amizade, oportunidade, conhecimento, conselho, paciência e acima de tudo pelo exemplo de Professor.

A todos os Professores e funcionários da FCA.

À banca examinadora pelas considerações e melhoria do trabalho.

E a todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) Código de Financiamento 001.

RESUMO

O fornecimento balanceado de nutrientes é essencial para o desenvolvimento das plantas, que por sua vez, afeta diretamente a produtividade e a qualidade final do produto. Neste contexto, objetivou-se com este estudo avaliar os efeitos da adubação potássica aplicada em cobertura na produção e qualidade pós-colheita da cultura da beterraba cultivar Tall Top Early Wonder, armazenada sob refrigeração sob refrigeração em câmara fria a temperatura de 5 ± 1 °C e umidade relativa de 85 ± 5 %. Este trabalho foi realizado na Fazenda Experimental de São Manuel pertencente a Faculdade de Ciências Agronômicas. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com cinco tratamentos constituídos por diferentes doses de K_2O (0, 60, 120, 180 e 240 kg ha⁻¹) aplicados em cobertura na forma de KCl, sendo parcelados aos 15, 30, 45 e 60 dias após o transplante (DAT), nas porcentagens de 20%, 30%, 30% e 20% em relação ao total recomendado no período, com cinco repetições. Verificou-se para as características de produção que o potássio proporcionou aumento linear no comprimento e diâmetro da raiz e na produtividade. A maior porcentagem de raízes comerciais (98,1%) foi obtida na dose de 194 kg ha⁻¹ de K_2O . Na pós-colheita, a adubação potássica proporcionou aumento na firmeza e acidez titulável, bem como redução da atividade respiratória e porcentagem de perda de massa fresca das raízes durante o período de armazenamento, influenciando positivamente na aparência e aumento da vida útil das raízes de beterraba. Para as características bioquímicas, o incremento de K_2O promoveu maior estabilidade nos valores de luminosidade e nos teores de betalaínas.

Palavras-chave: atributos físico-químicos; *Beta vulgaris* L.; betalaínas; compostos bioativos; potássio.

ABSTRACT

The balanced supply of nutrients is essential for plant development, which in turn directly affects productivity and the final quality of the product. In this context, the objective of this study was to evaluate the effects of potassium fertilization applied as cover on the production and post-harvest quality of the beet crop, cultivar Tall Top Early Wonder, under refrigeration in a cold chamber at a temperature of 5 ± 1 °C and relative humidity of $85 \pm 5\%$. This work was carried out at the Experimental Farm of São Manuel belonging to the Faculty of Agricultural Sciences. The experimental design was in randomized blocks, with five treatments consisting of different doses of K_2O (0, 60, 120, 180 and 240 kg ha⁻¹) applied in cover in the form of KCl, being split at 15, 30, 45 and 60 days after transplantation (DAT), in the percentages of 20%, 30%, 30% and 20% in relation to the recommended total in the period, with five repetitions. It was verified for the production characteristics that potassium provided an increase in the length and diameter of the root and in the productivity. The highest percentage of marketable roots (98.1%) was obtained at the dose of 194 kg ha⁻¹ of K_2O . In the post-harvest, potassium fertilization provided an increase in firmness and titratable acidity, as well as a reduction in respiratory activity and percentage of loss of fresh mass of the roots during the storage period, positively influencing the appearance and increase in the useful life of the roots of beet. For biochemical characteristics, the increase in K_2O promoted greater stability in light values and betalain levels.

Keywords: *Beta vulgaris* L.; bioactive compounds; betalains; physicochemical attributes; potassium.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL.....	15
CAPÍTULO 1 - DESEMPENHO AGRONÔMICO DA BETERRABA EM FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO POTÁSSICA EM COBERTURA.....	18
1.1 INTRODUÇÃO.....	20
1.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	21
1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	25
1.4 CONCLUSÃO.....	30
REFERÊNCIAS.....	31
CAPÍTULO 2 - QUALIDADE PÓS-COLHEITA DA BETERRABA EM FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO POTÁSSICA EM COBERTURA.....	34
2.1 INTRODUÇÃO.....	36
2.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	38
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	41
2.4 CONCLUSÃO.....	69
REFERÊNCIAS.....	71
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	81
REFERÊNCIAS.....	83

INTRODUÇÃO GERAL

Além da preocupação com o aumento da demanda de alimentos no mundo, observa-se um crescente interesse dos consumidores e das indústrias alimentícias na procura de alimentos que contribuem para a manutenção da saúde (CHÁVEZ-DULANTO et al., 2021).

Dentre as hortaliças, a beterraba (*Beta vulgaris* L.) se destaca por apresentar diversas propriedades nutricionais benéficas para a saúde, como fonte de vitaminas, minerais e compostos bioativos que auxiliam na prevenção de diversas doenças como hipertensão, diabetes e câncer (BANGAR et al., 2022).

Para aumentar a produtividade e garantir a qualidade dos alimentos, é fundamental que todas as etapas de produção, colheita e pós-colheita sejam bem planejadas e realizadas de forma integrada (AMORIM et al., 2020; AKHIYAROV et al., 2018; SILVA CURVÊLO et al., 2018).

Por outro lado, falhas em uma dessas etapas, podem causar distúrbios fisiológicos na planta e, conseqüentemente, perdas no potencial produtivo, nas características sensoriais e nutricionais do produto, resultando em redução da qualidade e perdas econômicas (SILVA et al., 2020).

Entre os fatores que comprometem a qualidade da beterraba, o principal é a condição inadequada de armazenamento, isso porque depois de colhidas, as raízes geralmente ficam condicionadas à temperatura e umidade ambiente, que variam ao longo do tempo, levando a uma rápida perda de água e murchamento (ARRUDA et al., 2004).

Cada hortaliça necessita de condições específicas de temperatura e umidade relativa para seu armazenamento, por isso é fundamental que a beterraba após colhida, seja acondicionada em local apropriado de armazenamento, com temperatura próxima a 5°C e umidade relativa entre 85 e 95% (TESSARIOLI NETO et al., 1998).

Combinado com a refrigeração, o acondicionamento das raízes em bandeja envoltas com filme plástico de policloreto de vinila (PVC) pode contribuir com o aumento da vida útil deste vegetal, pois atua como proteção contra perdas por injúrias mecânicas, redução de perda de água e murchamento das raízes (DURIGAN et al., 2009).

Arruda et al. (2004) observaram que o filme de PVC foi o mais eficaz para conservar as raízes de beterraba, atingindo perdas de massa de 2,7%. Já o tratamento

sem embalagem (controle), as perdas aumentaram para mais de 23%. O nível de hidratação em que o tecido vegetal se encontra é fator indispensável na decisão de compra e está diretamente relacionado à aparência e vida útil do produto (ALBUQUERQUE et al., 2013).

Outro fator importante ligado à qualidade da beterraba, é a quantidade de nutrientes disponível para a planta (ALVES et al., 2008). O fornecimento balanceado de nutrientes é essencial na regulação dos processos fisiológicos e bioquímicos dos produtos hortícolas (FAQUIN; ANDRADE, 2004).

Por outro lado, uma recomendação nutricional inadequada pode limitar a produtividade e provocar alterações indesejáveis nas características fisiológicas e bioquímicas da planta (ALVES et al., 2008).

Em nutrição de plantas, o potássio é considerado o "elemento da qualidade". Na cultura da beterraba, possui efeitos benéficos no desenvolvimento das raízes, aparência, sabor, valor nutricional e no valor de mercado (IMAS, 2013; CARDOSO et al., 2017).

Este elemento é essencial na translocação de carboidratos da parte aérea para as raízes, ativação de importantes enzimas (ATPase, das sínteses de amido e de proteínas), resistência a ataques de pragas e doenças, além de atuar na regulação da pressão osmótica, por meio do controle da abertura e fechamento dos estômatos (ALI et al., 2018; FERNANDES et al., 2018; ZHANG et al., 2018).

Sua deficiência provoca diminuição no acúmulo de carboidratos, afetando diretamente na produção de raízes (ALVES et al., 2008). Em doses elevadas, principalmente em condições de alta precipitação, o potássio é facilmente lixiviado, provocando salinização do solo, redução da absorção de Ca e Mg, e, conseqüentemente, queda na produção e qualidade do produto (MALAVOLTA, 2006).

Embora exista recomendação geral de adubação com potássio na cultura da beterraba (TRANI et al., 2018), ela pode variar em função de diversos fatores como o tipo de solo, diferenças de cultivares, condições edafoclimáticas, época de plantio, tipo de fonte de potássio utilizada, fertilidade do solo, entre outros (TRANI et al., 2005). Ademais, tal recomendação não considera as condições após a colheita, como os cuidados no manuseio e as condições de armazenamento, os quais também exercem influência na qualidade final do produto (RAJAPAKSHA et al., 2021).

Considerando que o potencial produtivo e a melhoria da qualidade da beterraba estão relacionados aos fatores envolvidos de forma conjunta em todo processo

agronômico, tanto na fase de campo e pós-colheita, objetivou-se com esta pesquisa avaliar a influência do potássio aplicado em cobertura nas características de produção e na qualidade da beterraba cultivar Tall Top Early Wonder armazenada sob refrigeração em câmara fria a temperatura de 5 ± 1 °C e umidade relativa de 85 ± 5 %.

CAPÍTULO 1

DESEMPENHO AGRONÔMICO DA BETERRABA EM FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO POTÁSSICA EM COBERTURA

RESUMO

O fornecimento de nutrientes em quantidade equilibrada é fundamental para o desenvolvimento da planta, que por sua vez, afeta diretamente a produtividade e a qualidade final do produto. Neste contexto, objetivou-se com este estudo avaliar os efeitos da adubação potássica aplicada em cobertura nas características de produção da cultura da beterraba. O presente trabalho foi realizado na Fazenda Experimental de São Manuel, pertencente à Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP, Campus de Botucatu-SP. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, compostos por cinco doses de K_2O aplicados em cobertura (0, 60, 120, 180 e 240 $kg\ ha^{-1}$). Os tratamentos foram parcelados aos 15, 30, 45 e 60 dias após o transplante (DAT), nas porcentagens de 20%, 30%, 30% e 20% em relação ao total recomendado no período, com cinco repetições. De acordo com os resultados obtidos, o K_2O proporcionou aumento no comprimento e diâmetro da raiz, com incrementos de 1 mm e 0,87 mm para cada 10 $kg\ ha^{-1}$ de K_2O aplicados em cobertura, respectivamente. Para a massa da matéria fresca da parte aérea, raiz e total foram observados aumentos lineares em função das doses de K_2O . Em relação a produtividade das raízes, houve aumento de 0,58 $t\ ha^{-1}$ a cada 10 $kg\ ha^{-1}$ de K_2O aplicados. O maior percentual de raízes comercializáveis (98,1%) foi obtido na dose de 194 $kg\ ha^{-1}$ de K_2O .

Palavras-chave: *Beta vulgaris* L.; doses de potássio; nutrição mineral; produtividade; raízes comerciais.

CHAPTER 1
AGRONOMIC PERFORMANCE OF BEET DUE TO FERTILIZATION
POTASSIUM IN COVERAGE

ABSTRACT

The supply of nutrients in a balanced amount is essential for the development of the plant, which in turn directly affects the productivity and final quality of the product. In this context, the objective of this study was to evaluate the effects of potassium fertilization applied as cover on the production characteristics of the beet crop. The present work was carried out at the Experimental Farm of São Manuel, belonging to the Faculty of Agricultural Sciences, UNESP, Campus of Botucatu-SP. The experimental design was in randomized blocks, composed of five doses of K₂O applied in coverage (0, 60, 120, 180 and 240 kg ha⁻¹). The treatments were split at 15, 30, 45 and 60 days after transplantation in the percentages of 20%, 30%, 30% and 20% in relation to the recommended total in the period, with five replications. According to the results obtained, K₂O provided an increase in root length and diameter, with increments of 1 mm and 0.87 mm for each 10 kg ha⁻¹ of K₂O applied in coverage, respectively. For shoot, root and total fresh matter mass, linear increases were observed as a function of K₂O doses. Regarding root productivity, there was an increase of 0.58 t ha⁻¹ for every 10 kg ha⁻¹ of K₂O applied. The highest percentage of marketable roots (98.1%) was obtained at the dose of 194 kg ha⁻¹ of K₂O.

Keywords: *Beta vulgaris* L.; commercial roots; potassium doses; mineral nutrition; yield.

1.1 INTRODUÇÃO

A beterraba (*Beta vulgaris* L.) pertence à família Quenopodiácea, nativa das regiões de clima temperado da Europa e Norte da África e classificada como uma raiz tuberosa, formado pelo entumescimento do hipocótilo. Ela apresenta três tipos principais: a beterraba açucareira, usada para a produção de açúcar e etanol, a beterraba forrageira, destinada ao consumo animal como alimento e a beterraba de mesa ou hortícola, cujas raízes são apreciadas como hortaliça, sendo a única comercializada no Brasil, (FILGUEIRA, 2008).

No Brasil, a estimativa de produtividade da beterraba de mesa varia entre 20 a 35 toneladas por hectare, resultando em uma produção próxima a 120.476 toneladas (CONAB, 2022). Porém o potencial produtivo dessa cultura pode variar de acordo com as práticas de cultivo, em destaque, o manejo nutricional da planta (SILVA et al., 2015; LI et al., 2019).

A adubação mineral é essencial na regulação dos processos fisiológicos e bioquímicos dos produtos hortícolas (FAQUIN; ANDRADE, 2004). Por outro lado, uma recomendação nutricional realizada de forma inadequada pode causar alterações fisiológicas indesejáveis na planta, e com isso reduzir a produtividade e provocar graves perdas econômicas (ALVES et al., 2008).

Dentre os nutrientes, o potássio se destaca por exercer influência no desenvolvimento fisiológico e na qualidade da beterraba (CARDOSO et al., 2017; SILVA; SILVA; KLAR, 2017), também atua na síntese de proteínas, na ativação de enzimas e como atenuador do estresse hídrico (GRZEBISZ et al., 2013; ZHANG et al., 2018; AKSU e ALTAY, 2020).

As fontes mais comuns utilizadas de potássio na agricultura são o cloreto de potássio (KCl), sulfato (K_2SO_4) e nitrato (KNO_3). Dentre estas, o KCl é considerado o mais utilizado pelos agricultores devido, ao menor custo (ZANCANARO et al., 2002). Porém, quando aplicado em doses elevadas interfere negativamente no crescimento das plantas, devido ao excesso de Cl presente (SILVA et al., 2001) o qual provoca aumento na condutividade elétrica do solo dificultando a absorção de água pelas plantas (MELO et al., 2020; HOSHIBA et al., 2017).

A deficiência de potássio também prejudica o desenvolvimento da beterraba, pois interfere no transporte de carboidratos da parte aérea para as raízes, comprometendo o tamanho das raízes (ALVES et al., 2008).

De acordo com Trani et al. (2018), a recomendação oficial de potássio utilizada como referência no estado de São Paulo para a cultura de beterraba, é a aplicação de 90 kg ha⁻¹ de K₂O em cobertura, parcelada em quatro aplicações, aos 15, 30, 45 e 60 dias após a germinação. No entanto, na literatura há controvérsia entre os pesquisadores sobre as doses de K₂O e os efeitos na produção da cultura da beterraba.

Magro et al. (2015) não verificaram efeito do potássio nas características de produção de beterraba híbrida Boro aplicadas em cobertura na dose de 60 kg ha⁻¹ de K₂O. Já Franco et al. (2021) avaliando doses distintas de K₂O (60, 120 e de 240 mg dm⁻³ de potássio) e fontes de potássio (KCl, K₂SO₄ e KNO₃) observaram que a adubação potássica, independente da fonte e dose, proporcionou acréscimo no crescimento da planta e na produção de raízes da beterraba de mesa.

A resposta da cultura à adubação potássica depende de outros fatores que estão interligados entre si como o tipo de manejo agrícola utilizado, fertilidade do solo, fonte e modo de aplicação de potássio, diferenças de cultivares, época de plantio e condições climáticas (FRANCO et al., 2021; TRANI et al., 2005). A interação destes fatores, possivelmente ilustra as diferenças nos resultados e nas doses distintas de potássio indicadas em literatura.

Diante disso, ainda persistem dúvidas sobre a dose mais indicada de potássio para a cultura da beterraba. Deste modo, objetivou-se com esta pesquisa avaliar a influência de diferentes doses de potássio em cobertura nas características de produção da beterraba cultivar Tall Top Early Wonder.

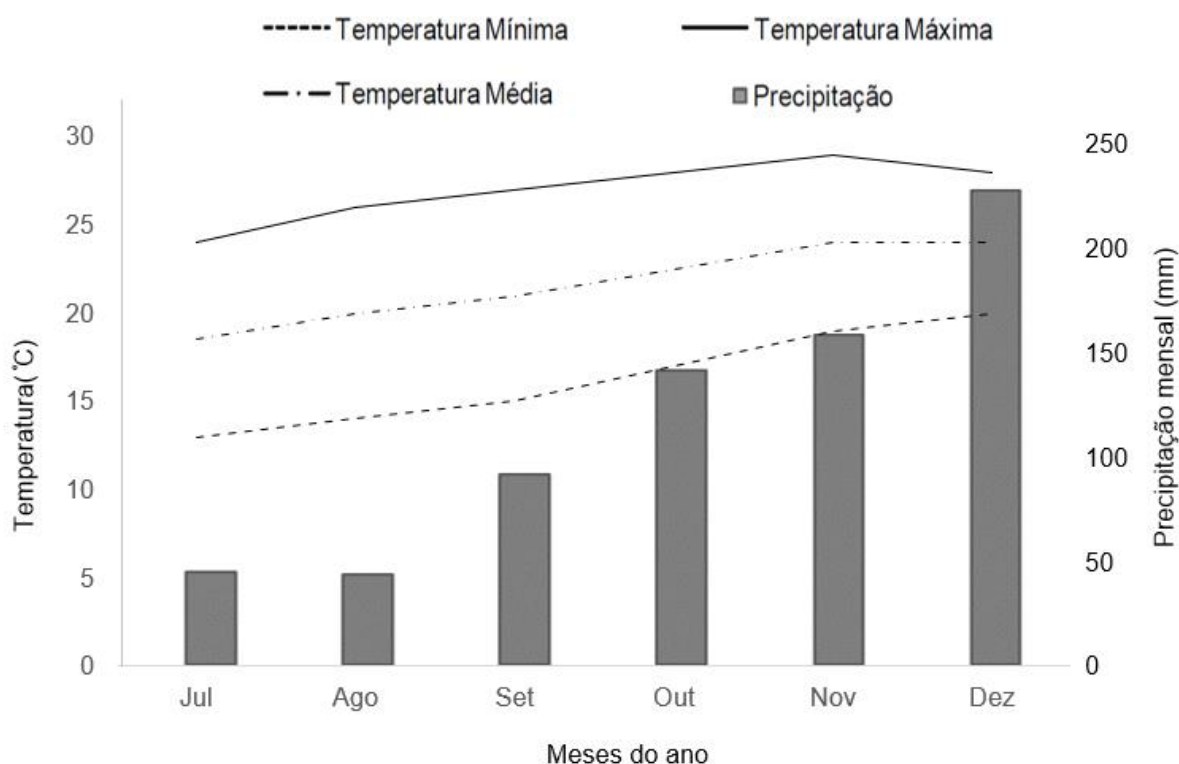
1.2 MATERIAL E MÉTODOS

Esta pesquisa foi realizada na Fazenda Experimental São Manuel pertencente a Faculdade de Ciências Agronômicas - UNESP, Campus de Botucatu-SP.

O clima predominante é o do tipo temperado quente úmido com temperatura e precipitação média anual de 21° C e 1445 mm, respectivamente (CUNHA; MARTINS, 2009).

Os dados de temperatura e precipitação observados durante o período de realização do experimento estão representados na Figura 1.

Figura 1 - Temperaturas máximas, mínimas, médias (°C) e precipitação pluvial acumulada (mm) nos meses de julho a dezembro de 2021, no município de São Manuel, SP.



Fonte: Departamento de Ciências Florestais, Solos e Ambiente da FCA/UNESP – Botucatu-SP

O solo onde o experimento foi realizado foi denominado como Latossolo Vermelho Distrófico Típico, textura arenosa (EMBRAPA, 2013).

Conforme os resultados da análise de solo (Tabela 1) e com base na recomendação de Trani et al. (2018), a calagem não foi necessária, pois a saturação por bases foi superior a 80%.

Tabela 1. Análise química do solo da área onde foi instalado o experimento.

FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2021

pH	M.O.	P _{resina}	H+Al	K	Ca	Mg	SB
CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	-----mmolc dm ⁻³ -----				
6,5	11	123	9	2,4	26	12	40,4
S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	CTC	V%
-----mg dm ⁻³ -----							
13	0,14	2,5	58	4,7	3,6	49,4	82

Fonte: Laboratório de análise de solos do Departamento de Ciências Florestais, Solos e Ambiente

A adubação foi definida com base na análise do solo e na recomendação do Boletim técnico 251 (TRANI et al., 2018). Na adubação de plantio, foram aplicados em todos os tratamentos 35 kg ha⁻¹ de nitrogênio (ureia), 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (superfosfato triplo), 80 kg ha⁻¹ de K₂O (cloreto de potássio) e em cobertura 120 kg ha⁻¹ de N na forma de ureia parcelados aos 15, 30, 45 e 60 dias após o transplante (DAT).

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com cinco tratamentos constituídos por diferentes doses de potássio na forma de K₂O (Tabela 2), aplicados em cobertura, sendo parcelados aos 15, 30, 45 e 60 dias após o transplante (DAT), nas porcentagens de 20%, 30%, 30% e 20% em relação ao total recomendado no período, com cinco repetições.

Tabela 2 - Descrição dos tratamentos

Tratamentos	K ₂ O (Kg ha ⁻¹)
1	0
2	60
3	120
4	180
5	240

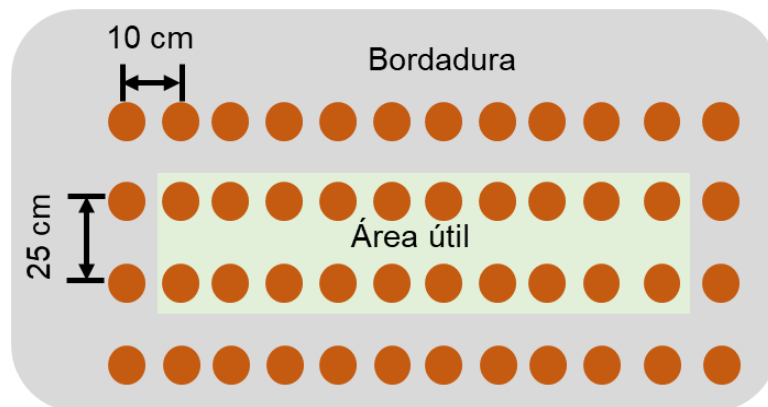
K₂O: Adubação potássica

Para os tratamentos foram utilizados como referência a dose mínima indicada em cobertura para a cultura da beterraba (60 kg ha⁻¹ de K₂O), conforme recomendação de (TRANI et al., 2018).

As mudas de beterraba, cultivar Early Wonder Tall Top, foram produzidas em bandejas de polipropileno de 288 células, contendo substrato comercial Carolina, e o desbaste foi realizado 15 dias após a semeadura, deixando apenas uma plântula por célula.

Os canteiros foram preparados através da aração e passagem de rotocanteirador. Posteriormente, aos 30 dias após a semeadura, as mudas foram transplantadas. Cada parcela foi composta por quatro linhas longitudinais espaçadas de 25 cm, e entre plantas de 10 cm, sendo representadas como área útil de cada parcela as duas linhas centrais (Figura 2).

Figura 2 - Croqui da parcela experimental em função da coleta e avaliação das plantas. FCA/UNESP, São Manuel, 2021



Durante o ciclo da cultura, foram realizadas capinas manuais para o controle de plantas espontâneas e a remoção de restos vegetais. A irrigação foi realizada por aspersão de acordo com a evapotranspiração do Tanque Classe A e conforme as necessidades da cultura como recomendada por (NETO et al., 2014).

A colheita da beterraba foi realizada aos 75 dias após o transplante e levadas para o Departamento de Produção Vegetal da UNESP/FCA, Campus de Botucatu/SP, onde foram lavadas em água corrente e secas em temperatura ambiente em bancada devidamente higienizada.

As características de produção avaliadas foram altura de planta (cm), número de folhas por planta, massa seca da parte aérea, massa seca da raiz e massa seca total, massa fresca da raiz, matéria fresca da parte aérea e matéria fresca total por planta (g planta^{-1}), comprimento da raiz (mm), diâmetro da raiz (mm), percentagem de raízes não comerciais (com defeitos aparentes: rachaduras, deformações e lesões), percentagem de raízes comerciais (ausência de defeitos aparentes) e produtividade total das raízes (t ha^{-1}), seguindo a metodologia apresentada por (MALAVOLTA et al., 1997).

Análise estatística

Os resultados foram submetidos à análise de regressão para verificar o efeito das doses de potássio nas características de produção utilizando o programa estatístico SISVAR 5.3 (FERREIRA, 2011).

1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para número de folhas por planta, altura da planta, massa da matéria seca da parte aérea, da raiz e total, não foram obtidas diferenças significativas a 5% de probabilidade em função das doses de potássio, com médias de 9,3 folhas, 37,2 mm, 7,62 g planta⁻¹, 23,02 g planta⁻¹ e 30,64 g planta⁻¹, respectivamente (Tabela 3).

Tabela 3. Número de folhas (NF), altura da parte aérea (APA), massa da matéria seca da parte aérea (MSPA), massa da matéria seca da raiz (MSR) e massa da matéria seca total (MST) por planta da beterraba em função das doses de K₂O aplicadas em cobertura

Doses de K ₂ O (Kg/ha)	NF	APA (mm)	MSPA (g planta ⁻¹)	MSR (g planta ⁻¹)	MST (g planta ⁻¹)
0	9,5	32,92	6,43	19,28	25,71
60	9,0	36,71	7,35	23,52	30,87
120	9,0	36,21	7,22	23,43	30,65
180	9,25	39,54	7,33	24,09	31,42
240	9,75	40,62	9,78	24,76	34,54
F	0,65 ^{ns}	2,59 ^{ns}	2,16 ^{ns}	0,97 ^{ns}	1,62 ^{ns}
CV (%)	8,72	10,11	22,52	19,06	16,26

CV = Coeficiente de variação

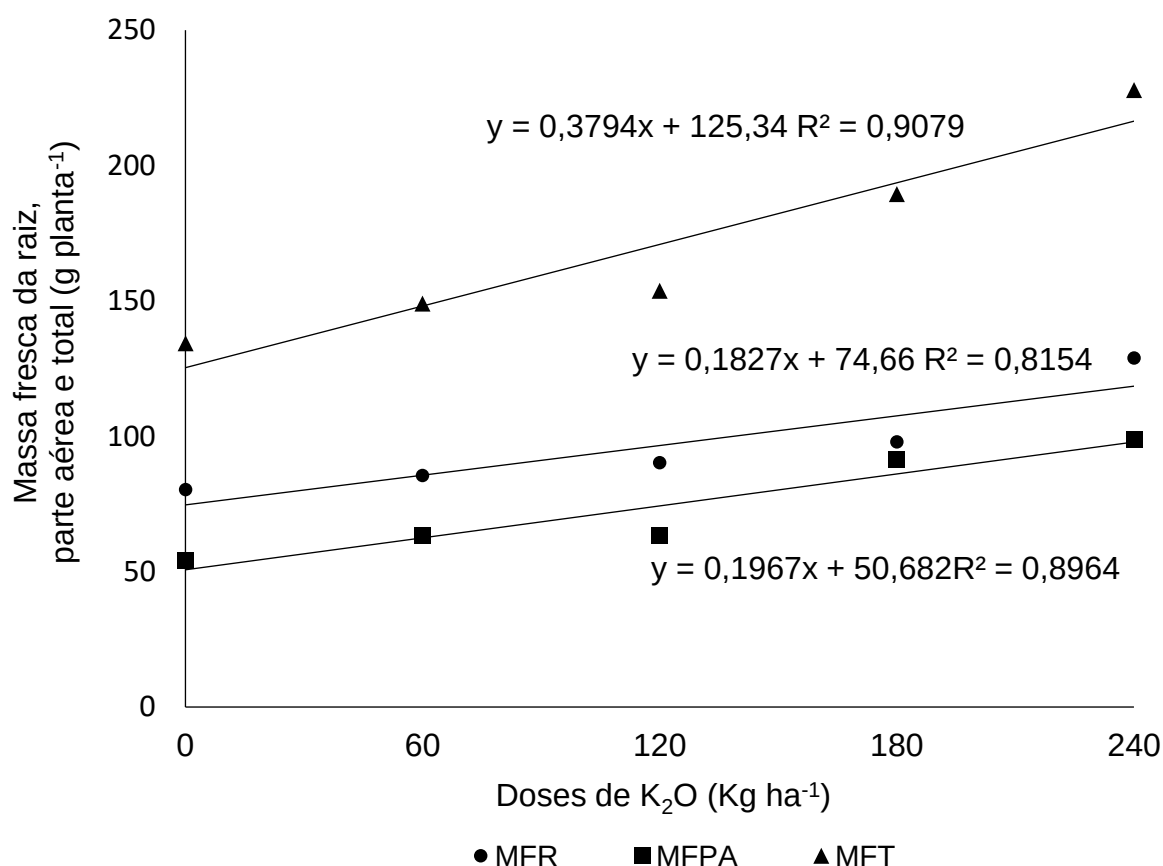
ns = não significativo a 5% de probabilidade

Os resultados encontrados no presente estudo foram próximos aos obtidos por outros autores. Magro et al. (2015) verificaram que a adubação potássica em cobertura não causou efeito significativo no número de folhas por planta e massa da matéria seca da raiz de beterraba. Nogueira (2020) também não observou efeito significativo na altura da parte aérea em beterraba com a adubação potássica em cobertura.

Para a massa da matéria fresca da parte aérea, raiz e total, comprimento da raiz e diâmetro da raiz, foram observados aumentos lineares em função das doses de potássio (Figura 3).

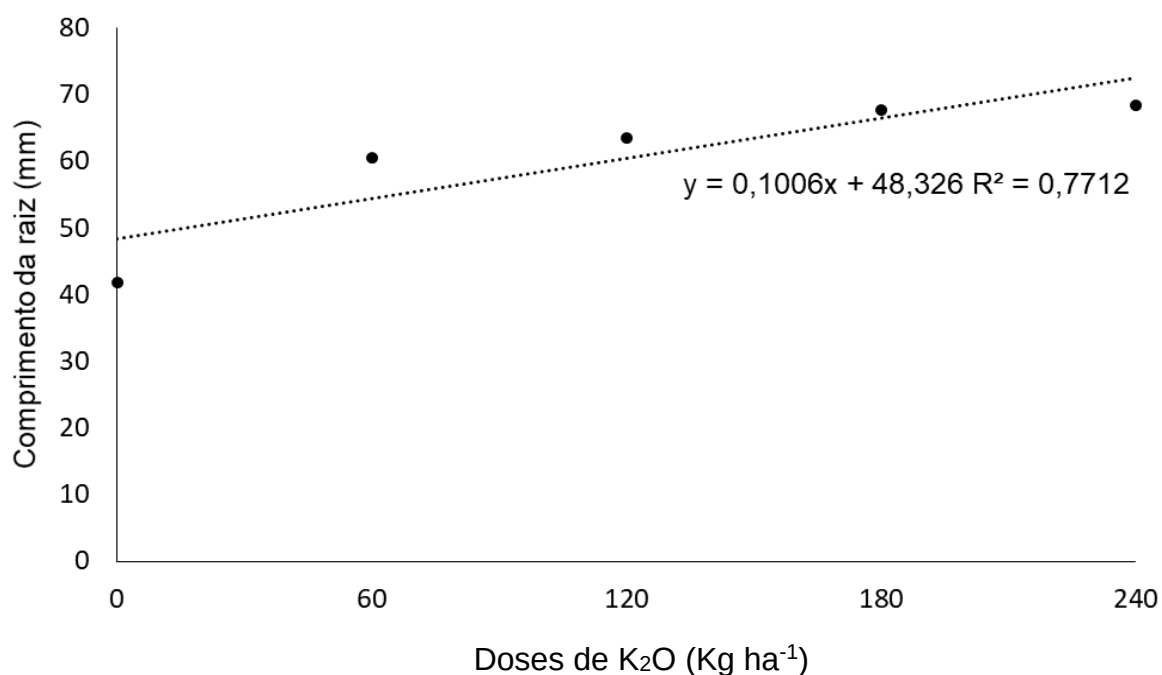
A adubação potássica em cobertura proporcionou incremento de 53,5 g na dose 0 kg ha⁻¹ de K₂O para 99,1 g na dose 240 kg ha⁻¹ de K₂O na MFPA, o que representa um aumento de 85,9%. Também, houve aumento da MFR de 80,3 g planta⁻¹ na dose 0 kg ha⁻¹ K₂O, para 128,9 g planta⁻¹ na dose 240 kg ha⁻¹ K₂O, o que indica um incremento de 60,5% (Figura 3).

Figura 3. Massa da matéria fresca da parte aérea (MFPA), raiz (MFR) e total (MFT) das plantas de beterraba em função das doses de K₂O aplicadas em cobertura



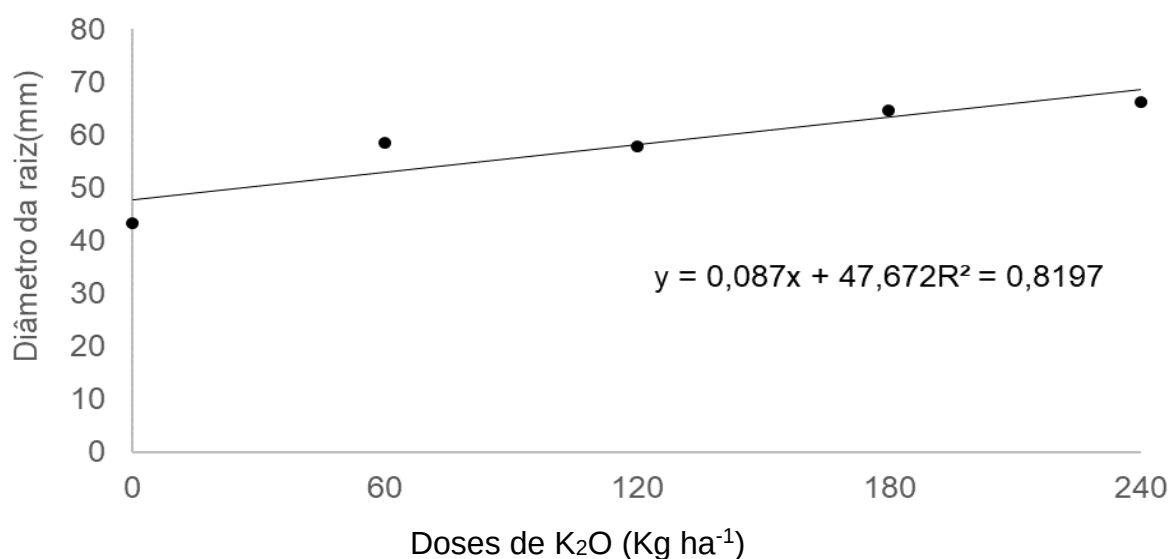
Em relação a MFT, houve acréscimo de 134,3 g na dose 0 kg ha⁻¹ de K₂O para 227,9 g na dose 240 kg ha⁻¹ de K₂O, o que indica um aumento significativo de 70% (Figura 3). O ganho de MFPA e MFR proporcionado pela adubação potássica revela a importância deste nutriente para plantas armazenadoras de reserva em órgãos subterrâneos, refletindo positivamente no comprimento e diâmetro das raízes (ALVES et al., 2008).

Figura 4. Comprimento da raiz de beterraba em função das doses de K₂O aplicadas em cobertura



O comprimento da raiz aumentou de 41,83 mm na dose 0 kg ha⁻¹ K₂O, para 68,4 mm na dose 240 kg ha⁻¹ K₂O (Figura 4) e o diâmetro da raiz de 43,19 mm na dose 0 kg ha⁻¹ K₂O, para 66,23 mm na dose 240 kg ha⁻¹ K₂O (Figura 5), o que indica um incremento de 63,5% e 53,3%, respectivamente.

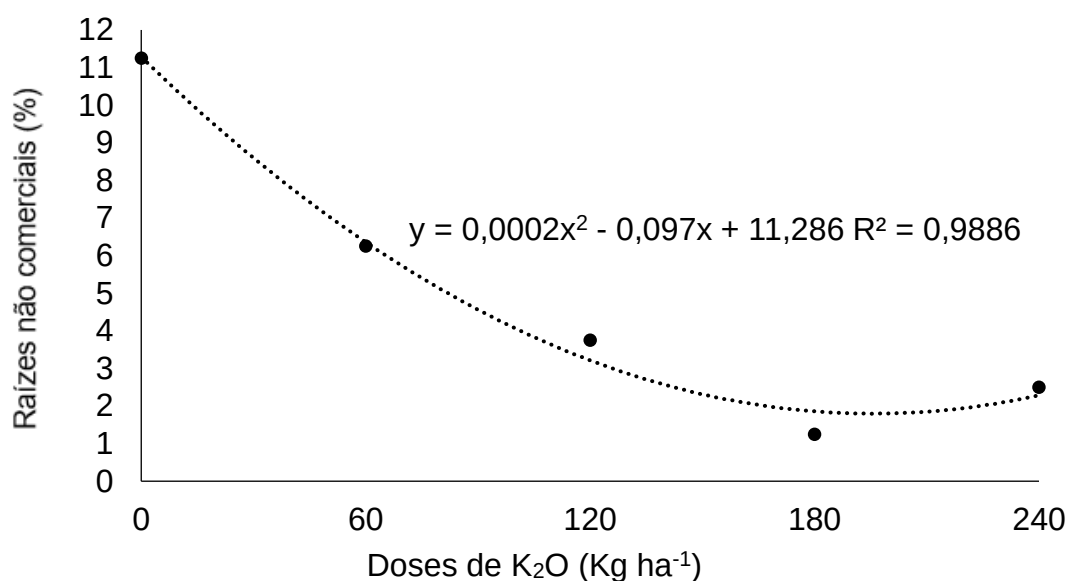
Figura 5. Diâmetro da raiz de beterraba em função das doses de K₂O em cobertura



A resposta significativa para o aumento de comprimento e diâmetro das raízes da beterraba proporcionado pelo potássio pode ser explicado pela importância deste nutriente como ativador de várias enzimas que participam no metabolismo da planta, como fotossíntese, extensão celular e translocação de carboidratos (FILGUEIRA, 2008; MALAVOLTA, 2006; MARSCHNER, 1995; TAIZ; ZEIGER, 2004).

Para porcentagem de raízes não comerciais houve diminuição do percentual de raízes não comerciais com o aumento da dose de potássio, alcançando o menor valor percentual de raízes não comerciais (1,9%) na dose de 194 kg ha⁻¹ de K₂O. De outro modo, verificou-se que o maior percentual de raízes não comerciais (11,2%) foi obtido na dose de 0 kg ha⁻¹ de K₂O, conforme a Figura 6.

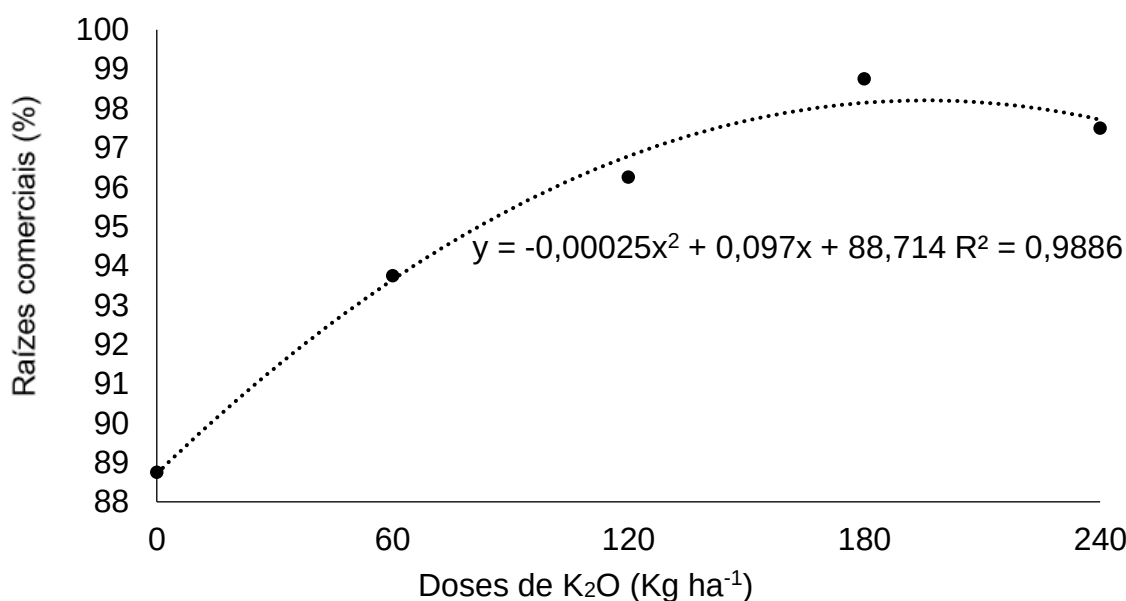
Figura 6. Porcentagem de raízes não comerciais de beterraba em função das doses de K₂O aplicadas em cobertura



Para porcentagem de raízes comerciais houve diferença significativa com ajuste da equação quadrática, conforme houve aumento nas doses de K₂O, com maior valor obtido (98,1%) na dose de 194 kg ha⁻¹ de K₂O (Figura 7). Conforme os dados da figura 7, a aplicação de potássio proporcionou maior percentual de raízes sem defeitos aparentes e maior qualidade do produto, estes resultados podem estar correlacionados ao fato deste nutriente estar envolvido na distribuição de carboidratos entre parte aérea e raiz, devido ao melhor carregamento de açúcares no floema e

maior eficiência do uso da água, refletindo positivamente na produção e qualidade das raízes comerciais (MALAVOLTA, 2006).

Figura 7. Porcentagem de raízes comerciais de beterraba em função das doses de K₂O aplicadas em cobertura



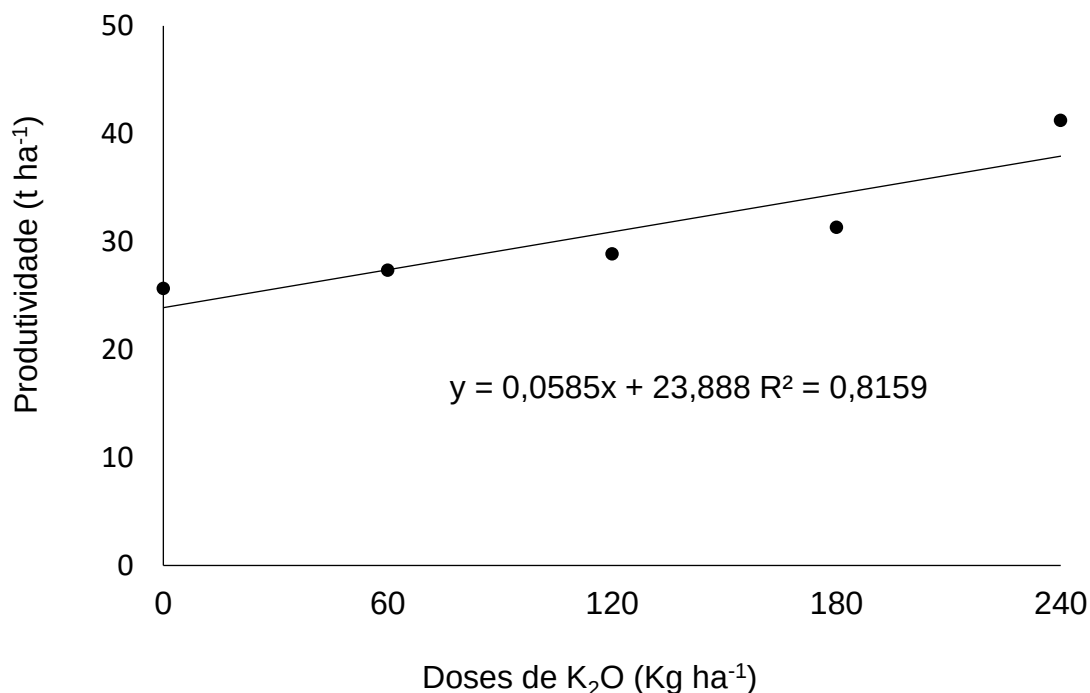
De outro modo, na dose 0 de K₂O as beterrabas atingiram maior percentual de raízes com defeitos aparentes e com tamanho reduzido (Figura 6). A deficiência de potássio provoca diminuição na fotossíntese e aumento na respiração, reduzindo o suprimento de carboidratos e o crescimento da parte aérea e das raízes dos vegetais (ANDRADE; FONSECA; GOMIDE, 2000).

Alves et al. (2008) avaliaram o desenvolvimento e estado nutricional da beterraba em função da omissão individual de K, N, P, Mg, Ca e S, e verificaram que as plantas com carência de potássio apresentaram raízes menores, fato este também observado no presente estudo.

Para a produtividade total das raízes de beterraba houve aumento linear com o acréscimo das doses de potássio aplicado em cobertura (Figura 8). Para cada 10 kg de K₂O adicionados em cobertura houve acréscimo de 0,58 t ha⁻¹ na produtividade, mostrando assim o benefício que o potássio proporciona na produção e melhoria na qualidade final do produto, por desempenhar inúmeras funções na planta, como translocação de carboidratos, ativação de importantes enzimas (ATPase, das sínteses de amido e de proteínas), resistência aos estresses (salinidade, seca e variação na

temperatura) por meio do controle da abertura e fechamento dos estômatos e na resistência da planta às doenças (ALI et al., 2018; FERNANDES et al., 2018; HAWKESFORD et al., 2012; ZHANG et al., 2018).

Figura 8. Produtividade de beterraba cultivar Tall Top Early Wonder em função das doses de K₂O aplicadas em cobertura



De acordo com Trani et al. (2018), a recomendação média de adubação potássica em cobertura para a cultura da beterraba é de 90 kg ha⁻¹. No entanto, observou-se no presente trabalho incrementos lineares em produtividade mesmo na dose de 240 kg ha⁻¹.

1.4 CONCLUSÃO

Nas condições em que foi desenvolvido este experimento pode-se concluir que:

- O aumento na dose de potássio em cobertura proporcionou incrementos nas características de produção da beterraba com a máxima porcentagem de raízes comerciáveis obtida na dose de 194 kg ha⁻¹ de potássio.

REFERÊNCIAS

- ALI, A.; KHAN, I. U.; JAN, M.; KHAN, H. A.; HUSSAIN, S.; NISAR, M.; YUN, D. J. The high-affinity potassium transporter EpHKT1; 2 from the extremophile *Eutrema parvula* mediates salt tolerance. **Frontiers in plant science**, v. 9, p. 1108 (2018). Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2018.01108/full>. Acesso em: 22 abr. 2022.
- ANDRADE, A. C.; FONSECA, D. M.; GOMIDE, J. A. et al. Produtividade e valor nutritivo do capim elefante cv. Napier sob doses crescentes de nitrogênio e potássio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 6, p. 1589-1595, 2000.
- AKSU, G.; ALTAY, H. The effects of potassium applications on drought stress in sugar beet. **Sugar Tech**, v. 22, n. 6, p. 1092-1102, 2020.
- ALVES, A. U.; PRADO, R. M.; GONDIM, A. R. O.; FONSECA, I. M.; CECÍLIO, A. B. Desenvolvimento e estado nutricional da beterraba em função da omissão de nutrientes. **Horticultura Brasileira**, v. 26, p. 292-295, 2008.
- CARDOSO, A. I. I.; MAGRO, F. O.; OLIVEIRA JÚNIOR, M. X. O.; ABRAHÃO, C.; TAVARES, A. E. B.; FERNANDES, D. M. Accumulation of macronutrients in beetroot plant. **Horticultura Brasileira**, v. 35, p. 328-334, 2017.
- CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. Boletim Hortigranjeiro/Companhia Nacional de Abastecimento, v.1, n.1, 2022. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/hortigranjeiros-prohort/boletim-hortigranjeiro>. Acesso em 13 abr. 2023.
- CUNHA, A. R.; MARTINS, D. Classificação climática para os municípios de Botucatu e São Manuel, SP. **Irriga**, Botucatu, v. 14, n. 1, p. 1-11, 2009. Disponível em: <https://revistas.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/3393>. Acesso em 13 abr. 2022.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação dos solos**. 3. ed. Brasília, 2013. 353 p.
- FAQUIN, V.; ANDRADE, A. T. Nutrição mineral e diagnose do estado nutricional das hortaliças. **Lavras: UFLA/FAEPE**, p. 88, 2004. Disponível em: https://dcs.ufla.br/images/imagens_dcs/pdf/Prof_Faquin/Nutricao_mineral_diagnose_hortalicas2_ed.pdf. Acesso em 13 abr. 2022.
- FERNANDES, M. S.; DE SOUZA, S. R.; SANTOS, L. **Nutrição Mineral de Plantas**. 2018.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.
- FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3ª edição. Viçosa: UFV, p. 421, 2008.

FRANCO, M. F. S.; AQUINO, L. A.; MACEDO, W. R.; MENDES, F. Q.; ARCEDA, E. U. Quality of table beets (*Beta vulgaris*) as a function of potassium sources and doses. **Research, Society and Development**. v. 10, n. 13, p. e333101321294, 2021. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/21294>. Acesso em 13 abr. 2022.

GRZEBISZ, W.; GRANSEE, A.; SZCZEPANIAK, W.; DIATTA, J. The effects of potassium fertilization on water-use efficiency in crop plants. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v. 176, n. 3, p. 355-374, 2013.

HAWKESFORD, M. *et al.* Functions of macronutrients. In: MARSCHNER, P. (Ed.). Marschner's mineral nutrition of higher plants. **New York: Elsevier**. v. 6, p.135-189, 2012.

HOSHIBA, C. K.; FATECHA, D. A.; COPPO, J. C.; ALVES, A. Influence of doses and of two sources of potassium in the maize root system and in the electrical conductivity in the soil. **Investigación Agraria**, v. 19, n. 1, p. 28-34, 2017.

LI, Z.; ZHANG, R.; XIA, S.; WANG, L. LIU, C.; ZHANG, R.; LIU, Y. Interactions between N, P and K fertilizers affect the environment and the yield and quality of satsumas. **Global Ecology and Conservation**. v. 19, 2019.

MAGRO, F. O.; SILVA, E. G.; TAKATA, W. H. S.; CARDOSO, A. I. I. FERNANDES, D. M.; EVANGELISTA, R. M. Organic compost and potassium top dressing fertilization on production and quality of beetroot. **Australian Journal of Crop Science**. v.10, p. 962-967, 2015. Disponível em: http://www.cropj.com/cardoso_9_10_2015_962_967.pdf. Acesso em 13 abr. 2022.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 1997.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006.

MARSCHNER, H. **Nutrición mineral de plantas superiores**. 1995.

MELO, R. R.; GONÇALVES, S. L.; BACCARIN, F. J.; VASCONCELOS, W. A.; MIRANDA, S. D. Influência de altas dosagens de cloreto de potássio no desenvolvimento de espécies em cultivo hidropônico. **PUBVET**, v. 14, p. 141, 2020. Disponível em: <https://ojs.pubvet.com.br/index.php/revista/article/view/596>. Acesso em: 15 jul. 2022.

NOGUEIRA, H. C. **Produtividade e qualidade de beterraba em função da adubação nitrogenada e potássica**. 2020. 39f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró-RN, 2020. Disponível em: https://repositorio.ufersa.edu.br/bitstream/prefix/6682/1/HenriqueCN_DISSERT.pdf. Acesso em: 24 nov. 2022.

B. VAN RAIJ. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. Campinas: IAC, 1997.

SILVA, A. O.; ÊNIO F. F.; SILVA; BASSOI, L. H.; KLAR, A. E. Desenvolvimento de cultivares de beterraba sob diferentes tensões da água no solo. **Horticultura Brasileira**. v. 33, n. 1, p. 12-18, 2015.

SILVA, A. O.; SILVA, E.; KLAR, A. E. Accumulation and exportation of macronutrients in beet under different managements of fertigation and salinity. **Bragantia**, p. 125-134, 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/brag/a/fKRFPWDgbK=pt&format=pdf>. Acesso em: 7 fev. 2022.

SILVA, M. A.; BOARETTO, A. E.; FERNANDES, H. G.; BOARETTO, R.; MELO, A.M.; SCIVITTARO, W. B. Características químicas de um latossolo adubado com uréia e cloreto de potássio em ambiente protegido. **Scientia Agricola**, v. 58, n. 3, p. 561- 566, 2001. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sa/a/hDVmHk4HqtP6ThfMjN/?lang=pt>. Acesso em: 5 jun. 2022.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5. ed. Porto Alegre, Artmed, 918 p, 2013.

TRANI, P. E. et al. Hortaliças, recomendações de calagem e adubação para o estado de São Paulo. **Campinas, SP: CATI**, 2018.

TRANI, P. E.; CANTARELLA, H.; TIVELLI, S. W. Produtividade de beterraba em função de doses de sulfato de amônio em cobertura. **Horticultura Brasileira**, v. 23, n. 3, p. 726-730, 2005.

ZANCANARO, L.; TESSARO, L. C.; HILLESHEIM, J. Adubação fosfatada e potássica da soja no cerrado. Piracicaba, POTAFOS, Informações Agronômicas, Piracicaba, n. 98, p. 1-5, 2002.

ZHANG, W.; LIU, X. WANG, Q.; ZHANG, H.; LI, M.; SONG, B.; ZHAO, Z. Effects of potassium fertilization on potato starch physicochemical properties. **International journal of biological macromolecules**, v. 117, p. 467-472, 2018. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29791875/>. Acesso em: 5 jun. 2022.

ZHANG, X.; WU, H. CHEN, L.; LIU, L.; WAN, X. Maintenance of mesophyll potassium and regulation of plasma membrane H⁺-ATPase are associated with physiological responses of tea plants to drought and subsequent rehydration. **The Crop Journal**, v. 6, n. 6, p. 611-620, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214514118300771>. Acesso em: 5 jun. 2022.

CAPÍTULO 2

QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE RAÍZES DE BETERRABA EM FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO POTÁSSICA

RESUMO

A beterraba é reconhecida como um alimento funcional promotor de saúde devido à presença de componentes essenciais como vitaminas, minerais, compostos fenólicos e betalaínas. No entanto, a concentração e a estabilidade destes compostos podem variar conforme as condições nutricionais da planta. Neste contexto, objetivou-se com este trabalho verificar os efeitos da adubação potássica na qualidade pós-colheita e na concentração de compostos bioativos em raízes de beterraba armazenadas em câmara fria a temperatura de 5°C e UR de 85%. Este trabalho foi realizado na Faculdade de Ciências Agrônômicas/Unesp de Botucatu/SP. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, compostos por cinco doses (0, 60, 120, 180 e 240 kg ha⁻¹) de K₂O aplicados em cobertura na forma de KCl. Os tratamentos foram parcelados aos 15, 30, 45 e 60 dias após o transplante (DAT), nas proporções de 20%, 30%, 30% e 20% em relação ao total recomendado no período, com cinco repetições. A adubação potássica proporcionou maior firmeza e acidez titulável, bem como, redução da atividade respiratória e porcentagem de perda de massa fresca das raízes durante o período de armazenamento, influenciando positivamente na aparência e aumento da vida útil das raízes de beterraba. Para as características bioquímicas, o incremento de K₂O promoveu maior estabilidade nos valores de luminosidade e nos teores de betalaínas.

Palavras-chave: alimento funcional; antioxidantes; *Beta vulgaris* L.; betalaínas; compostos bioativos; vida útil.

CHAPTER 2

POSTHARVEST QUALITY OF BEET ROOTS AS A FUNCTION OF POTASSIUM FERTILIZATION

SUMMARY

Beetroot is recognized as a health-promoting functional food due to the presence of essential components such as vitamins, minerals, phenolic compounds and betalains. However, the concentration and stability of these compounds may vary according to the nutritional conditions of the plant. In this context, the objective of this work was to verify the effects of potassium fertilization on postharvest quality and on the concentration of bioactive compounds in beet roots stored in a cold chamber at a temperature of 5°C and RH of 85%. This work was carried out at Fazenda Experimental São Manuel, from FCA-UNESP, in São Manuel-SP. The experimental design was in randomized blocks, composed of five doses of K₂O (0, 60, 120, 180 and 240 kg ha⁻¹) applied in coverage in the form of KCl. The treatments were split at 15, 30, 45 and 60 days after transplantation (DAT), in the proportions of 20%, 30%, 30% and 20% in relation to the recommended total in the period, with five replications. Potassium fertilization provided an increase in firmness and titratable acidity, as well as a reduction in respiratory activity and percentage of loss of fresh mass of the roots during the storage period, positively influencing the appearance and increase in the useful life of the beetroot roots. For biochemical characteristics, the increase in K₂O promoted greater stability in light values and betalain levels.

Keywords: antioxidants, *Beta vulgaris* L.; betalains; bioactive compounds; functional food; shelf life.

2.1 INTRODUÇÃO

Os metabólitos secundários são compostos naturais produzidos pelas plantas geralmente relacionados com o seu sistema de defesa contra a ação de estresses abióticos e bióticos (BORGES; AMORIM 2020).

Além de serem essenciais para o desenvolvimento e proteção dos vegetais, muitos destes metabólitos são compostos bioativos que contribuem com o aroma, sabor, coloração, vida de prateleira (PATEIRO et al., 2023) e na ação do produto como alimento funcional desempenhando efeitos benéficos na redução do risco de doenças crônicas degenerativas, como câncer e diabetes (BANGAR et al., 2022; ORTEGA; CAMPOS, 2019).

Kaur e Kapoor (2002) observaram que a maioria dos vegetais de coloração vermelha, púrpura ou violeta, dentre elas a beterraba, possuem altos teores de compostos fenólicos e atividade antioxidante. Além destes compostos, a beterraba apresenta elevada capacidade antioxidante proporcionada pelas betalaínas que são pigmentos naturais hidrossolúveis de estrutura química nitrogenada, denominada também como metabólito secundário (AHARONI; POLTURAK, 2018; CELLI; BROOKS, 2017).

Devido ao seu poder antioxidante, as betalaínas são muito apreciadas no setor alimentício, podendo ser utilizadas como corantes naturais, também como compostos antioxidantes em suplementos para atletas e fortificantes nutricionais de alimentos processados, tornando-o um dos mais poderosos compostos bioativos disponíveis no mercado e uma excelente alternativa na substituição de conservantes sintéticos (AMNAH, 2013; SAWICKI; WICZKOWSKI, 2018).

O vermelho de beterraba (INS 162), por exemplo, é um corante usado na indústria alimentícia que tem como principal componente a betalaína, o qual possui significativa propriedade antioxidante capaz de eliminar radicais livres e auxiliar na restauração do equilíbrio dos processos redox no organismo (CAROCHO et al., 2015; SAWICKI; WICZKOWSKI, 2018).

Outras propriedades funcionais importantes das betalaínas para a saúde humana incluem a inibição da peroxidação lipídica, aumento da resistência à oxidação de lipoproteínas de baixa densidade (LDL), atividades antimicrobianas e antivirais (GENGATHARAN et al., 2015; WU et al., 2006). No entanto, a preservação bem como a concentração destes compostos presentes na beterraba varia conforme as

condições ambientais em que a planta foi exposta (temperatura, luz e disponibilidade de água), manejo fitotécnico adotado (nutrição mineral, manejo do solo, irrigação, entre outros) e as condições de armazenamento que o vegetal foi submetido após a colheita (CHALKER-SCOTT; FUCHIGAMI, 2018).

Este fato ocorre devido à modificação que tais fatores provocam no vegetal como a indução do estresse oxidativo, formando espécies reativas de oxigênio (ROS), que envolve a síntese de metabólitos secundários antioxidantes, como os compostos fenólicos, betalaínas e outros compostos antioxidantes (BARBOSA et al., 2014). É importante destacar que cada hortaliça precisa de condições específicas de cultivo e de cuidados durante e após a colheita para expressar todo o seu potencial genético (PRADO; ROZANE, 2020).

Diante disso, para alcançar melhores ganhos produtivos e garantir a qualidade do produto, é fundamental que todas as etapas desde a produção, colheita e pós-colheita sejam bem planejadas e realizadas de forma integrada (AMORIM et al., 2020; AKHIYAROV et al., 2018; SILVA CURVÊLO et al., 2018).

Por outro lado, quando ocorrem falhas em uma destas etapas, pode provocar desordens fisiológicas no vegetal e consequentemente perdas expressivas no potencial produtivo, nas características sensoriais e nutricionais do produto, resultando na redução da qualidade e prejuízos econômicos (SILVA et al., 2020).

Dentre os fatores que comprometem a qualidade da beterraba, a inadequada condição de armazenamento é o principal, isso porque após serem colhidas, as raízes são geralmente condicionadas em condições sem refrigeração, levando a rápida perda de água e consequentemente murchamento e diminuição da vida útil do produto (ARRUDA et al., 2004).

Outro fator importante envolvido com a eficiência produtiva e a qualidade desta hortaliça é o fornecimento de nutrientes (ALVES et al., 2008). Quando a adubação é realizada de forma equilibrada melhora a eficiência produtiva e a conservação pós-colheita do produto (FAQUIN; ANDRADE, 2004).

Por outro lado, uma recomendação nutricional inadequada pode limitar a produtividade e provocar alterações indesejáveis nas características fisiológicas e bioquímicas da planta (ALVES et al., 2008).

Dentre os nutrientes, destaca-se o potássio, por ser considerado o "elemento de qualidade" em nutrição de plantas (WU et al., 2021b). Em beterraba, o potássio desempenha papel importante na ativação de enzimas que auxiliam na obtenção de

melhorias na aparência, sabor e qualidade nutricional das raízes (CARDOSO et al., 2017; IMAS, 2013).

No entanto, na literatura não foram encontrados estudos avaliando a influência deste nutriente na conservação pós-colheita, bem como seu possível efeito na concentração dos teores de compostos bioativos em raízes de beterraba.

Diante do aumento do interesse do mercado em potencializar a produção de compostos bioativos benéficos presentes na beterraba, pesquisas envolvendo o manejo nutricional e a conservação pós-colheita desta hortaliça ganham cada vez mais destaque, objetivou-se com este trabalho avaliar a influência da adubação potássica aplicada em cobertura sobre a qualidade pós-colheita da beterraba cultivar Tall Top Early Wonder armazenada sob refrigeração em câmara fria a temperatura de 5 ± 1 °C e umidade relativa de 85 ± 5 %.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

As beterrabas utilizadas nesta pesquisa foram produzidas na Fazenda Experimental de São Manuel, situada no município de São Manuel-SP, pertencente à Faculdade de Ciências Agronômicas/UNESP, Botucatu/SP, localizada nas seguintes coordenadas geográficas: 22° 46' 28" S e 48° 34' 37" W e altitude de 740m, no período de julho a novembro de 2021.

A adubação foi definida com base na análise do solo e na recomendação do Boletim técnico 251 (TRANI et al., 2018). Aos 30 dias antes do transplante das mudas foi realizado a adubação orgânica com a incorporação de 10 t ha⁻¹ de esterco de galinha em área total. Na adubação de plantio, em todos os tratamentos foram aplicados 35 kg ha⁻¹ de nitrogênio (ureia), 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (superfosfato triplo) e 80 kg ha⁻¹ de K₂O (cloreto de potássio) e em cobertura 120 kg ha⁻¹ de N na forma de ureia parcelados aos 15, 30, 45 e 60 dias após o transplante (DAT).

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, com cinco tratamentos constituídos por diferentes doses de K₂O (Tabela 1), aplicados em cobertura, sendo parcelados aos 15, 30, 45 e 60 dias após o transplante (DAT), nas porcentagens de 20%, 30%, 30% e 20% em relação ao total recomendado no período, com cinco repetições.

Tabela 1 - Descrição dos tratamentos

Tratamentos	K ₂ O (Kg ha ⁻¹)
1	0
2	60
3	120
4	180
5	240

K₂O: Adubação potássica

Cada parcela foi composta por quatro linhas longitudinais de 25 cm, e entre plantas de 10 cm, sendo representadas como parcela útil as duas linhas centrais.

A irrigação foi realizada por aspersão de acordo com a recomendada por Neto et al. (2014). As beterrabas após serem colhidas aos 75 DAT, foram acondicionadas em sacos devidamente identificados e imediatamente transportadas para o laboratório de Pós-colheita de Frutas e Hortaliças do Departamento de Produção Vegetal da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Campus de Botucatu, SP.

As raízes após serem submetidas à sanitização em solução contendo 200 ppm de cloro ativo durante 15 minutos e secas à temperatura ambiente, foram acondicionadas em bandejas de poliestireno expandido envoltas por filme de policloreto de vinila com espessura de 0,02 mm e armazenadas sob refrigeração em câmara fria a temperatura de 5 ± 1 °C e umidade relativa de 85 ± 5 % durante 28 dias.

Para a determinação das análises das características de qualidade físico-química e bioquímicas, foi empregado o delineamento inteiramente casualizados, com três repetições, sendo cada repetição representada por uma bandeja contendo três raízes, avaliadas aos 0, 7, 14, 21 e 28 dias após a colheita.

A perda de massa fresca das raízes foi determinada com o auxílio de uma balança semi-analítica Modelo BL 3200 e os resultados expressos em porcentagem (AOAC, 2005), através da equação:

$$PM (\%) = (MI - MF) / MI * 100.$$

Onde a PM (%) = perda de massa (%), MI = Massa inicial da amostra em gramas e MF= Massa final da amostra em gramas.

A firmeza foi medida por um Texturômetro (STEVENS–LFRA Texture Analyser) com ponta de 8 mm de diâmetro, em três pontos distintos da parte externa de cada raiz, sendo os resultados expressos em Newton.

O pH foi determinado por medição direta da polpa utilizando um potenciômetro digital DMPH-2, conforme metodologia do Instituto Adolfo Lutz (BRASIL, 2008).

A acidez titulável foi obtida por titulometria, com resultados expressos em g de ácido cítrico.100 g⁻¹ de polpa, conforme recomendação do Instituto Adolfo Lutz (BRASIL, 2008).

Os sólidos solúveis foram determinados por leitura refratométrica direta da polpa com auxílio do refratômetro digital (ATAGO), sendo os resultados expressos em °Brix, de acordo com os procedimentos descritos por Instituto Adolfo Lutz (BRASIL, 2008).

A determinação dos açúcares redutores foi realizada conforme metodologia descrita por Somogy e adaptada por Nelson (1944) e os resultados foram indicados em porcentagem.

A taxa respiratória da raiz foi quantificada através da taxa de produção de CO₂ em respirômetro, conforme metodologia adaptada de Bleinroth et al. (1976), e os valores expressos em mililitros de CO₂ kg⁻¹ h⁻¹.

A coloração foi determinada conforme descrição de Konica Minolta (1998), através da medição em três pontos internos da raiz da beterraba utilizando-se um colorímetro da marca Konica Minolta (Chroma meter, CR 400/410), e os valores expressos em L*, a* e b*. Onde L*, indica valores de luminosidade (0% = negro e 100% = branco), a* corresponde a variação de cor do verde (-) até o vermelho (+) e o b* representa a variação de cor do azul (-) até o amarelo (+). O ângulo Hue é o valor em graus equivalente ao diagrama tridimensional de cores 0° (vermelho), 90° (amarelo) e 270° (azul). C* representado pelo Choma que define a intensidade da cor, que varia de 0 (cor menos intensa) a 60 (cor mais intensa), conforme equações:

$$\text{Hue} = \tan^{-1}(b^*/a^*)$$

$$C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2}$$

Para as análises bioquímicas, as amostras foram resfriadas em nitrogênio líquido, e armazenados em freezer à temperatura de -18°C. Em seguida, foram maceradas até ficarem homogêneas e completamente pulverizadas em ambiente escuro. A medida da capacidade antioxidante dos extratos da raiz foi medida através do método DPPH (1,1-difenil-2picrilidrazil), descrito por Mensor et al. (2001) e os resultados indicados em % DPPH reduzido.

A quantidade de fenólicos totais na polpa da raiz de beterraba foi determinada por espectrofotometria através do método de Folin-Ciocalteau (LACHMAN et al. 2008) e os resultados expressos em mg de ácido gálico.

Os teores de betalaínas foram determinados de acordo com a metodologia de Tang e Norziah (2007). As amostras contendo 0,5g de extrato de beterraba foram homogeneizadas e transferidas para um balão volumétrico, onde o volume foi completado para 100 ml com água destilada. Em seguida, as amostras foram filtradas utilizando papel filtro Whatman nº1 e realizadas leituras espectrofotométricas em duplicata. Os resultados foram expressos em mg de betalaínas por 100g de polpa.

Análise estatística

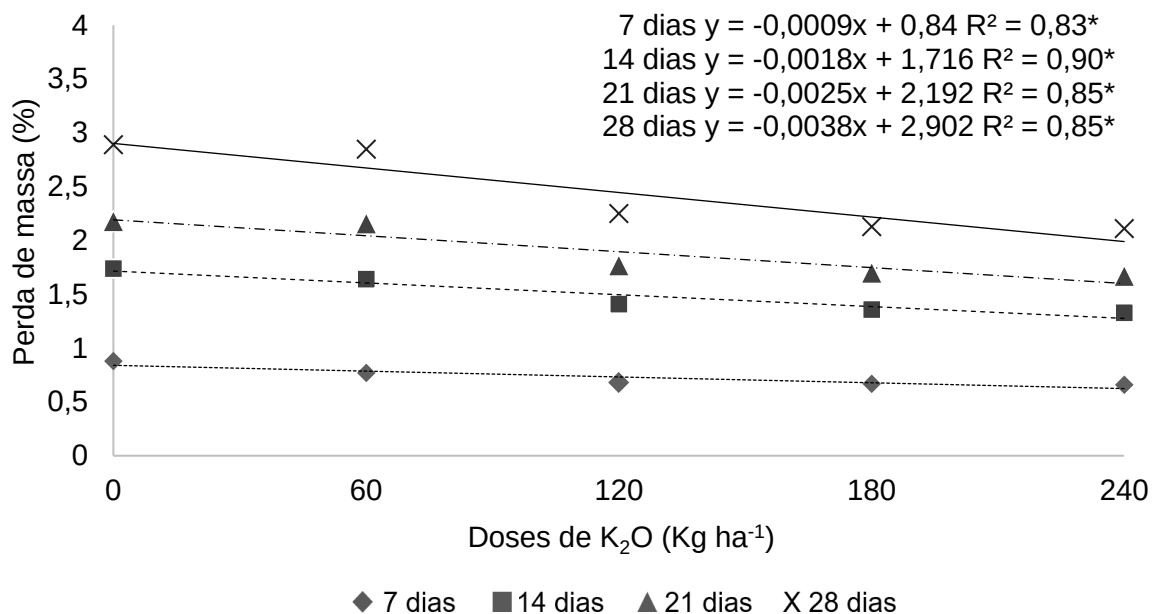
Para as características físico-química e bioquímicas das raízes de beterraba, foi aplicada a análise de regressão para verificar o efeito das doses de potássio e dos períodos de armazenamento através do programa estatístico SISVAR 5.3 (FERREIRA, 2011).

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicação de potássio em cobertura apresentou um efeito significativo na redução linear da perda de água pela raiz. O tratamento com a dose mais alta de potássio (240 kg ha⁻¹ de K₂O) demonstrou a menor perda de massa fresca (2,11%), exibindo uma redução de 27,01% na perda de massa fresca no último dia de avaliação em comparação ao tratamento com 0 kg ha⁻¹ de K₂O (2,89%), conforme demonstrado na Figura 1.

Sob condições abióticas desfavoráveis, o fornecimento de potássio aumenta o conteúdo da água nas beterrabas reduzindo os danos provocados pelo estresse oxidativo nos tecidos, resultando em melhor qualidade do produto (AKSU; ALTAY, 2020). Gouveia (2016) também observou redução de perda de massa da raiz de rabanete com o aumento nas doses de potássio aplicadas em cobertura, segundo a autora, a menor perda de massa (2,03%) foi obtida com a dose mais alta de potássio (90 kg ha⁻¹ K₂O).

Figura 1 - Perda de massa da raiz de beterraba em função das doses de K₂O, armazenadas por 28 dias (5°C ±1 e UR 85% ±5)



Conforme mencionado por Grangeiro et al. (2007) e Cardoso et al. (2017), o potássio é o nutriente mais requerido pela beterraba, atua na translocação e armazenamento de fitoassimilados da parte aérea para as raízes, na redução da perda de água por transpiração e no equilíbrio da abertura e fechamento de estômatos (SONNTAG, et al., 2020).

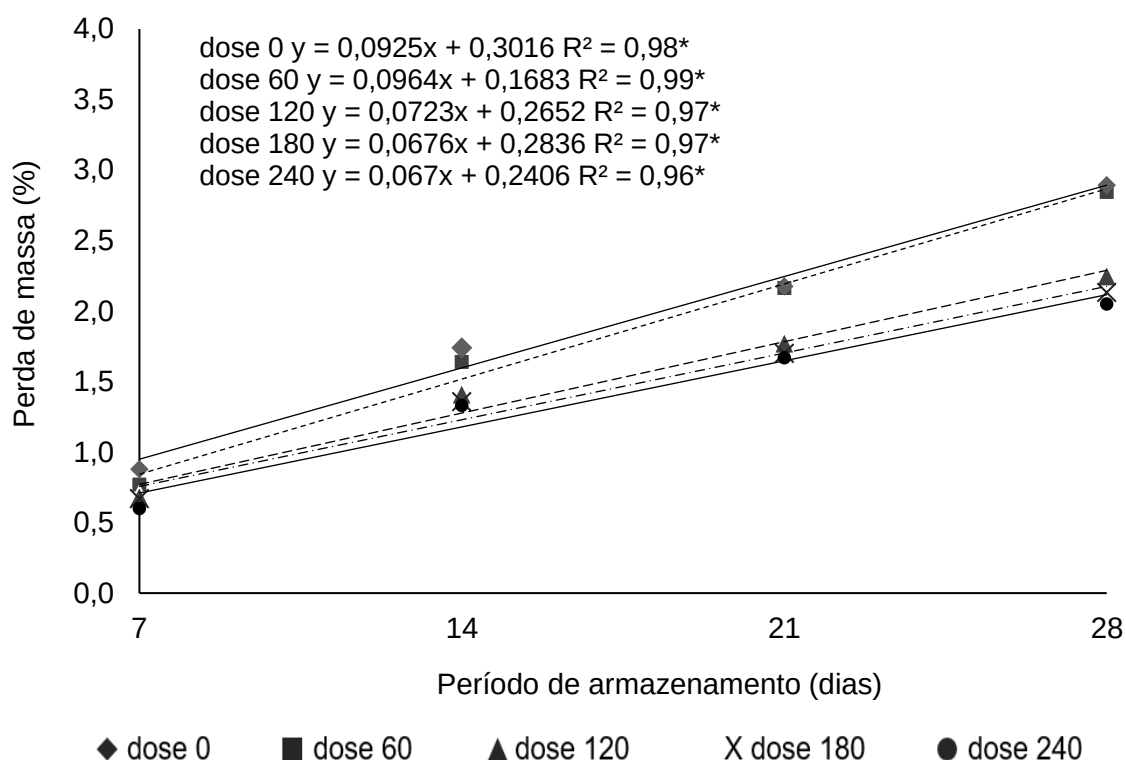
De acordo com os dados da figura 2, houve efeito significativo para a adubação potássica em função do período de armazenamento para perda de massa, com resposta linear crescente em função dos diferentes tratamentos.

A perda de massa fresca pode variar conforme a natureza do produto e tende a aumentar devido ao processo de perda de água pela transpiração e redução do material de reserva pela atividade respiratória das raízes durante o período de armazenamento (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Akan e Horzum (2022) verificaram que após 30 dias de armazenamento à 4 °C, raízes de beterraba apresentaram perda de massa fresca em torno de 2,73 %, resultado próximo ao encontrado neste experimento. Conforme descrito por Chitarra e Chitarra (2005) perdas de massa fresca na ordem de 3 a 6 % são suficientes para depreciar a qualidade pós-colheita para a maioria dos produtos hortícolas frescos, causando murchamento e amolecimento dos tecidos. Porém, no presente estudo, foi

verificado que ao longo dos 28 dias de armazenamento a porcentagem de perda de massa em todos os tratamentos foi menor que a citada na literatura, indicando a influência positiva da adubação potássica associada as condições de armazenamento das raízes (Figura 2).

Figura 2 - Perda de massa da raiz de beterraba em função do período de armazenamento ($5 \pm 1^\circ\text{C}$ e UR $85 \pm 5\%$) nas diferentes doses de K_2O



Apesar da importância da aplicação de um sistema de refrigeração adequado visando prolongar a vida útil dos produtos hortícolas (ALMEIDA, 2020) as beterrabas após serem colhidas são geralmente armazenadas em condições ambiente no mercado, onde a temperatura é normalmente elevada e com baixa umidade relativa do ar (TSUNECHIRO et al., 1994).

Nestas condições há uma maior transpiração e aumento da taxa respiratória dos tecidos vegetais, provocando perdas de massa fresca e diminuição da vida útil das raízes (JONES, 1992; VISKELIS et al., 2019). Vitti et al. (2005) verificaram que a taxa respiratória de beterrabas armazenadas a 15°C foi o dobro das armazenadas a 5°C .

Outro fator que influencia na preservação da qualidade do produto é o uso adequado das embalagens durante o armazenamento. Arruda et al. (2004), avaliando distintos tipos de embalagens na conservação das raízes de beterraba, observaram que o melhor tratamento foi obtido com o acondicionamento das raízes envoltas em filme de PVC, alcançaram perdas abaixo de 3 % aos 9 dias de armazenamento, valor superior à média obtida no presente estudo no 7º dia de armazenamento (0,73 %), conforme figura 2.

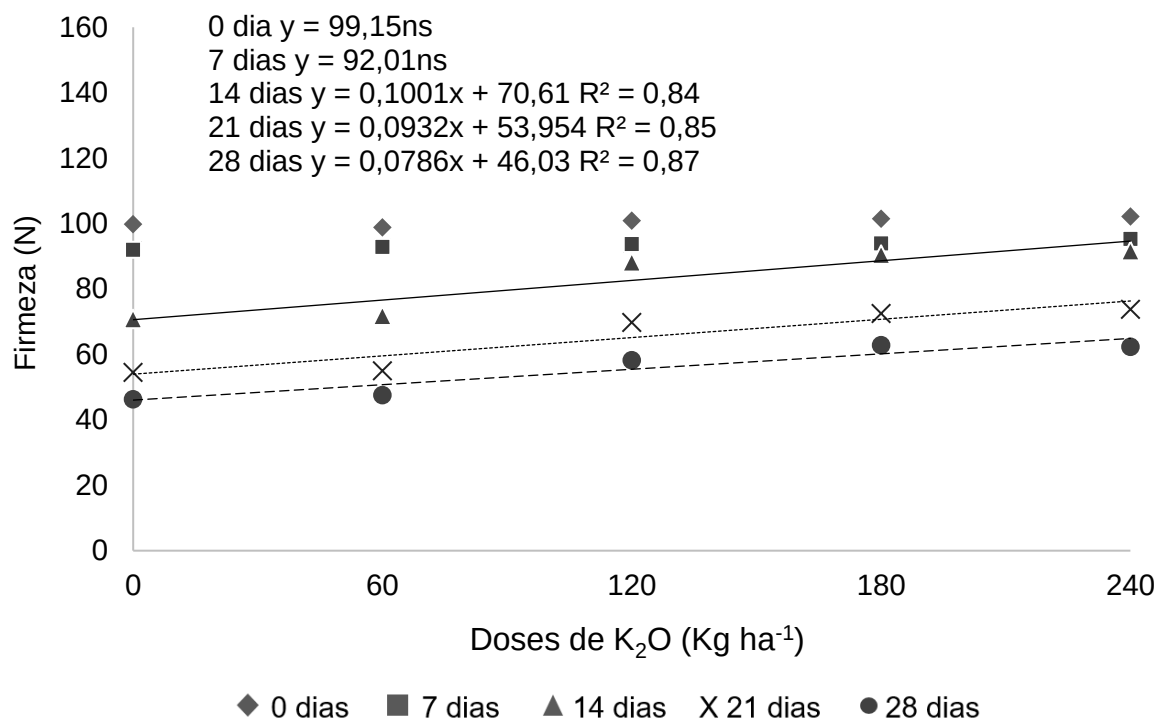
É importante ressaltar que no presente estudo, as raízes de beterraba foram acondicionadas em filme plástico (PVC) e armazenadas em câmara fria (5 ± 1 °C e 85 ± 5 % UR), o que proporcionou redução da perda de massa fresca das raízes, justificando as condições de armazenamento empregadas neste trabalho.

Em relação à firmeza das raízes, no 14º, 21º e 28º dias de armazenamento, foram observados aumentos lineares com o aumento da adubação potássica (Figura 3), indicando efeito benéfico da adubação potássica sobre a firmeza das raízes de beterraba. A firmeza é um atributo de qualidade importante na comercialização da beterraba, pois quanto maior a firmeza das raízes, mais resistentes elas serão às injúrias mecânicas durante o transporte e a comercialização, garantindo maior conservação e vida útil pós-colheita do produto (MAIA et al., 2011).

Franco et al. (2022) também verificaram aumento da firmeza da beterraba com o incremento da adubação potássica. Fato atribuído provavelmente à influência que este nutriente exerce em diversos processos vitais dos vegetais, como no aumento da espessura da casca, na translocação e armazenamento de fitoassimilados da parte aérea para as raízes e redução da perda de água por transpiração, equilibrando a abertura e fechamento de estômatos (SONNTAG et al., 2020).

De outro modo, a deficiência de potássio pode provocar aumento da taxa respiratória e degradação dos carboidratos nas raízes, o que leva a redução da firmeza e vida útil do produto (PETTIGREW, 2008), comportamento verificado nas raízes dos tratamentos com as doses mais baixas (0 e 60 kg ha⁻¹ de K₂O) que apresentaram as menores firmezas, com valores de 46,03 N e 50,74 N, respectivamente (Figura 3).

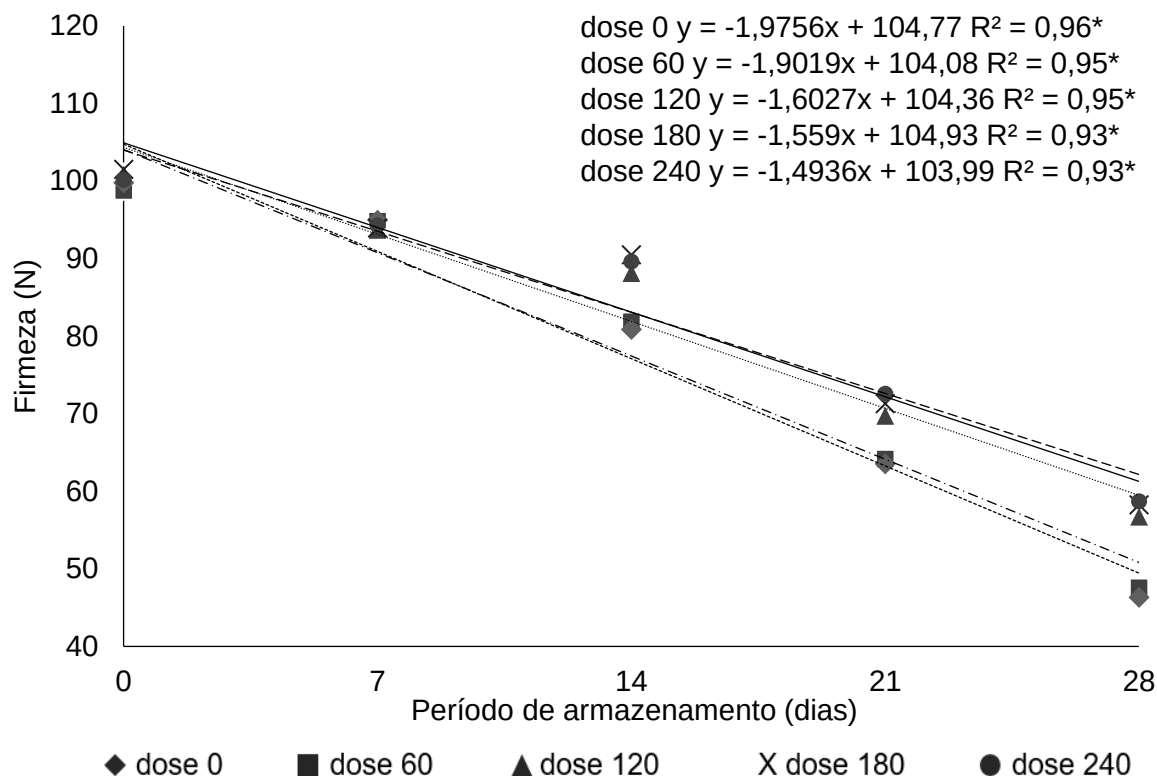
Figura 3 - Firmeza da raiz de beterraba em função das doses de K_2O , armazenadas por 28 dias ($5^{\circ}C \pm 1$ e UR $85\% \pm 5$)



Também foi observado diminuição da firmeza com ajuste da equação linear, em todos os tratamentos em função do período de armazenamento (Figura 4). A perda de firmeza no decorrer do experimento provavelmente ocorreu devido ao consumo das reservas para manutenção do vegetal durante a fase inicial de senescência, que resultou na desestruturação dos polissacarídeos da parede celular e murchamento das raízes (DRAKE et al., 2004; MENDONÇA et al., 2007).

Para evitar a perda da firmeza, o uso de embalagem apropriada aliada ao armazenamento refrigerado em condições de temperatura e umidade relativa adequadas protegem o vegetal contra injúrias mecânicas, diminui a taxa de transpiração das raízes, que por sua vez garantem a maior conservação da firmeza e vida útil do produto (DURIGAN et al., 2009). Este comportamento foi observado no presente estudo, já que o acondicionamento das raízes em filme plástico (PVC) e armazenadas em câmara fria ($5 \pm 1^{\circ}C$ e $85 \pm 5\%$ UR) proporcionou redução da perda de firmeza das raízes.

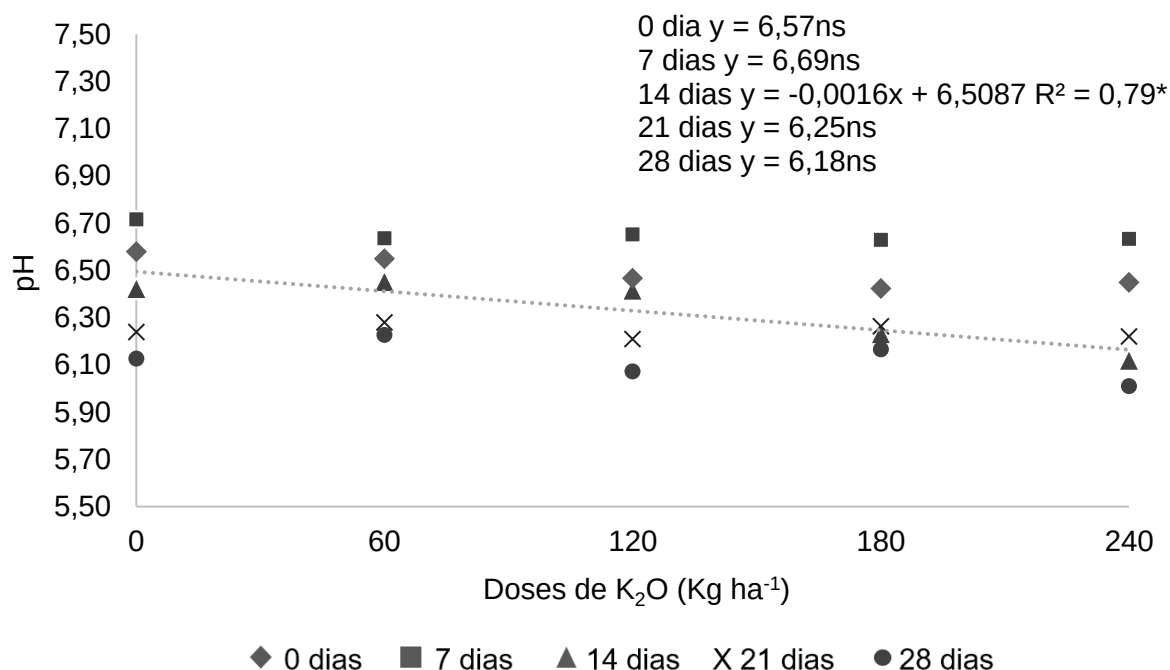
Figura 4 - Firmeza da raiz de beterraba em função do período de armazenamento ($5 \pm 1^\circ\text{C}$ e $\text{UR } 85 \pm 5\%$), nas diferentes doses de K_2O



Para pH, houve diferenças significativas entre as doses de potássio aplicadas em relação ao período de armazenamento somente no 14º dia de armazenamento (Figura 5), com redução linear do pH proporcionado pelo aumento da adubação potássica.

Fontes et al. (2000) também verificaram redução do pH em frutos de tomate com o aumento da quantidade de K_2O em cobertura. Porém, Corrêa et al. (2018) e Magro et al. (2015) não observaram efeito da adubação potássica em cobertura nos valores de pH nas culturas da batata-doce e beterraba, respectivamente. Já no cultivo de cebola, Barreto (2015) notaram efeito quadrático do pH com o incremento das doses de potássio na cultura da cebola, com quantidades variando entre 0 a 240 kg ha^{-1} de K_2O .

Figura 5 - pH da raiz de beterraba nas diferentes doses de K₂O, armazenada por 28 dias (5 ± 1 °C e UR 85 ± 5 %)

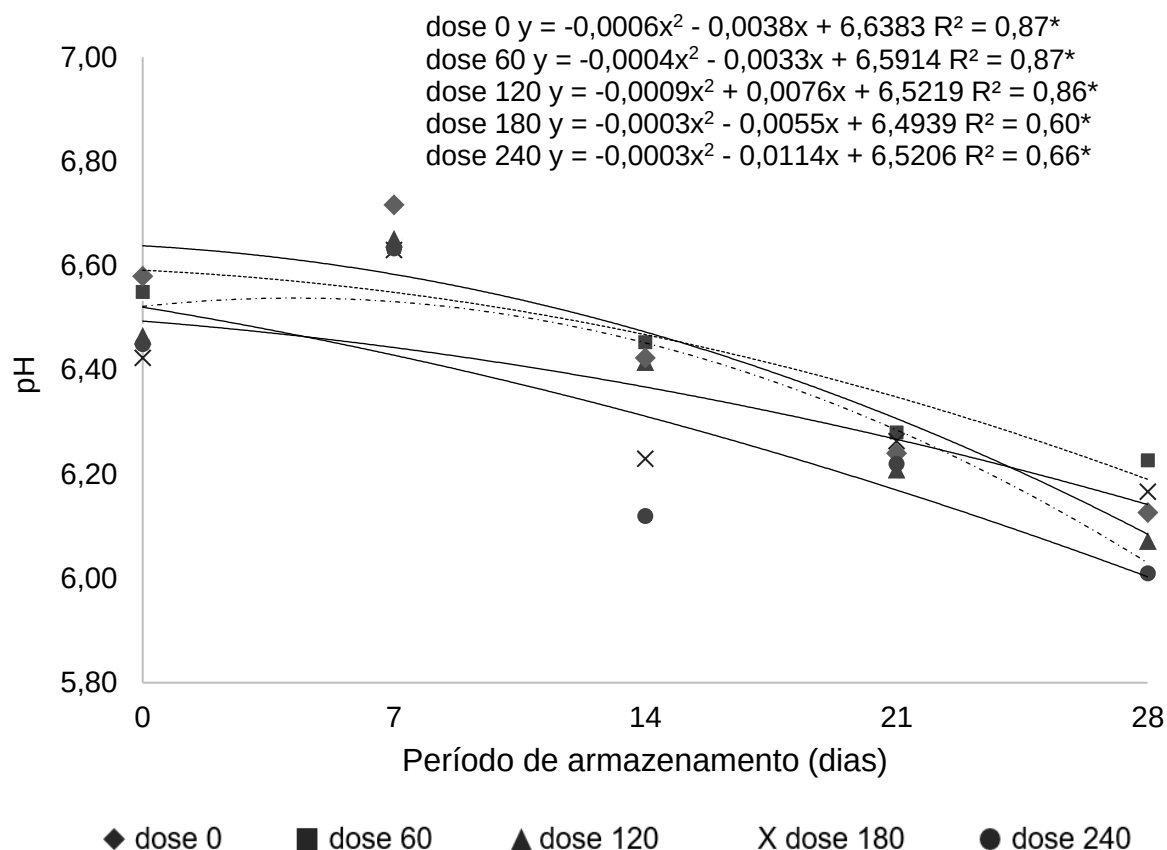


Em função do período de armazenamento, foram verificadas diferenças significativas para o pH com ajuste da equação quadrática em todos os tratamentos (Figura 6). O máximo valor de pH foi obtido no 7º dia de armazenamento, com a dose 0 kg ha⁻¹ de potássio em cobertura alcançando valor médio de 6,64.

Akan e Horzum (2022), trabalhando com beterrabas armazenados a 4 °C e UR 95 %, durante 30 dias em diferentes períodos de armazenamento (0, 30 e 60 dias), obtiveram pH entre 5,85 e 6,22, valores próximos aos alcançados neste trabalho, porém, acima de outros estudos, que foram de 5,87 (RAMOS, et al., 2016) e 5,96 (HERNANDES, 2006).

Segundo Marques et al. (2010), os atributos físico-químicos de um vegetal podem variar conforme o tipo de solo, variedade e estágio de maturação, fato que pode explicar a diferença dos valores de pH obtidos no presente estudo e os relatados na literatura.

Figura 6 - pH da raiz de beterraba em função do período de armazenamento ($5 \pm 1^\circ\text{C}$ e UR $85 \pm 5\%$) nas diferentes doses de K_2O



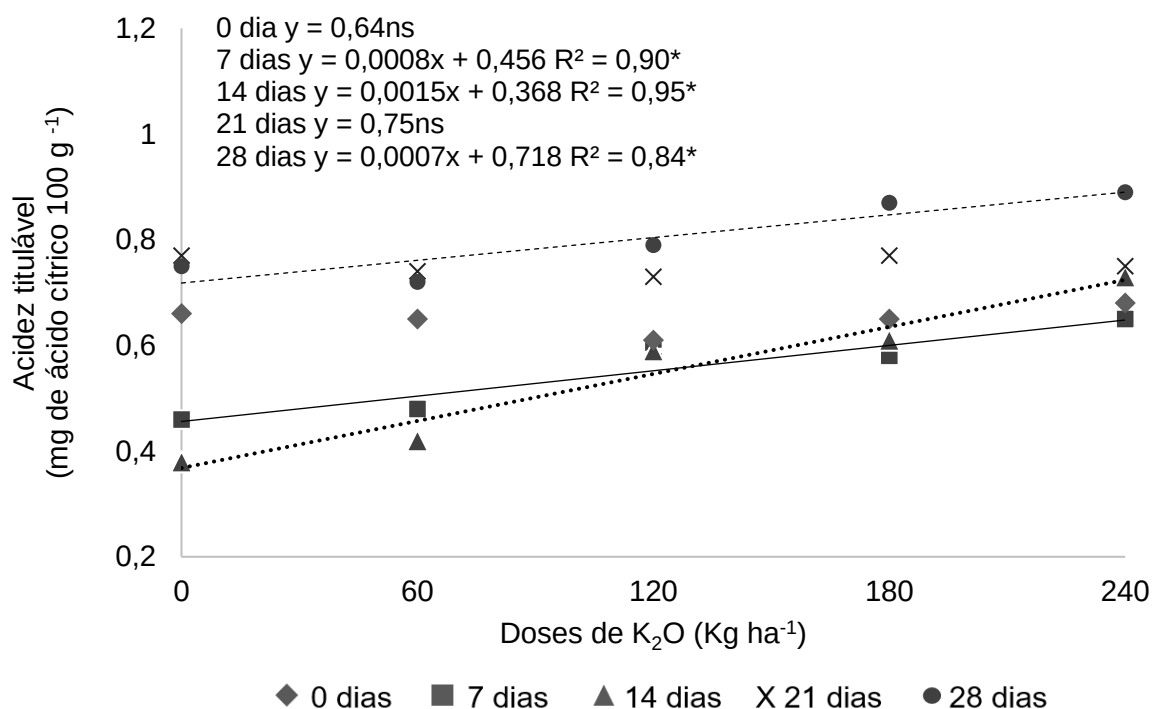
Para acidez titulável, houve diferenças significativas para o 7°, 14° e 28° dia de armazenamento com ajuste linear, em função da adubação potássica (Figura 7), com acréscimo nos teores de ácido cítrico conforme houve aumento nas quantidades de potássio aplicadas. O maior valor obtido foi na dose de 240 kg ha^{-1} de K_2O aos 28° dias de armazenamento, com valor médio de $0,81 \text{ mg}$ de ácido cítrico 100 g^{-1} .

Os ácidos orgânicos constituem sistemas tampões responsáveis pela regulação da atividade enzimática nos tecidos dos vegetais e estão associados com a disponibilidade de potássio (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Portanto, quanto maior a quantidade de potássio no tecido vegetal, maior a necessidade de ácidos dissociados para manter o equilíbrio de cargas negativas e positivas no meio (MALAVOLTA, 2006), tal relação implica no aumento da acidez titulável e diminuição do pH, fato semelhante verificado no presente estudo, em que o aumento da disponibilidade de K resultou no aumento da acidez titulável e diminuição do pH das raízes (Figura 7).

Franco et al. (2022), avaliando diferentes doses de potássio (60, 120 e de 240 mg/dm³ de K) na cultura da beterraba, verificaram aumento da acidez nas raízes de beterraba com o incremento de potássio. Também Fontes et al. (2000) observaram em frutos de tomate aumento linear na acidez em função das doses de potássio. Porém, Araújo et al. (2014) constataram redução linear para a acidez titulável nos frutos da abobrinha-de-moita em função das doses de potássio. Já Godoy et al. (2012) em couve-flor, Furlaneto et al. (2014) em batata e Magro et al. (2015) em beterraba, não encontraram efeito significativo da adubação potássica em cobertura para os teores de acidez titulável.

Segundo Thokar et al. (2022), a composição química dos vegetais é afetada por fatores ambientais, tipo de solo, manejo nutricional e condições de armazenamento, fato que pode explicar a diferença nos teores de acidez titulável entre os dados desse estudo (Figura 7) e os encontrados na literatura.

Figura 7 - Acidez titulável da raiz de beterraba nas diferentes doses de K₂O, armazenada por 28 dias (5 ± 1 °C e UR 85 ± 5 %)



Em relação ao período de armazenamento, foi observado diferenças significativas em todos os tratamentos, com ajuste da equação cúbica para as doses 0 kg e 60 ha⁻¹ K₂O e quadrática para os demais tratamentos (Figura 8).

A acidez titulável é atribuída à presença dos ácidos orgânicos que são encontrados de forma dissolvida nos vacúolos das células vegetais, sendo importante na determinação do aroma, sabor, cor, estabilidade e manutenção da qualidade dos produtos (NASSUR, 2009), e o seu teor pode variar conforme o estágio de maturação e condições de armazenamento que o vegetal foi acondicionado (ORTIZ; TAKAHASHI, 2015).

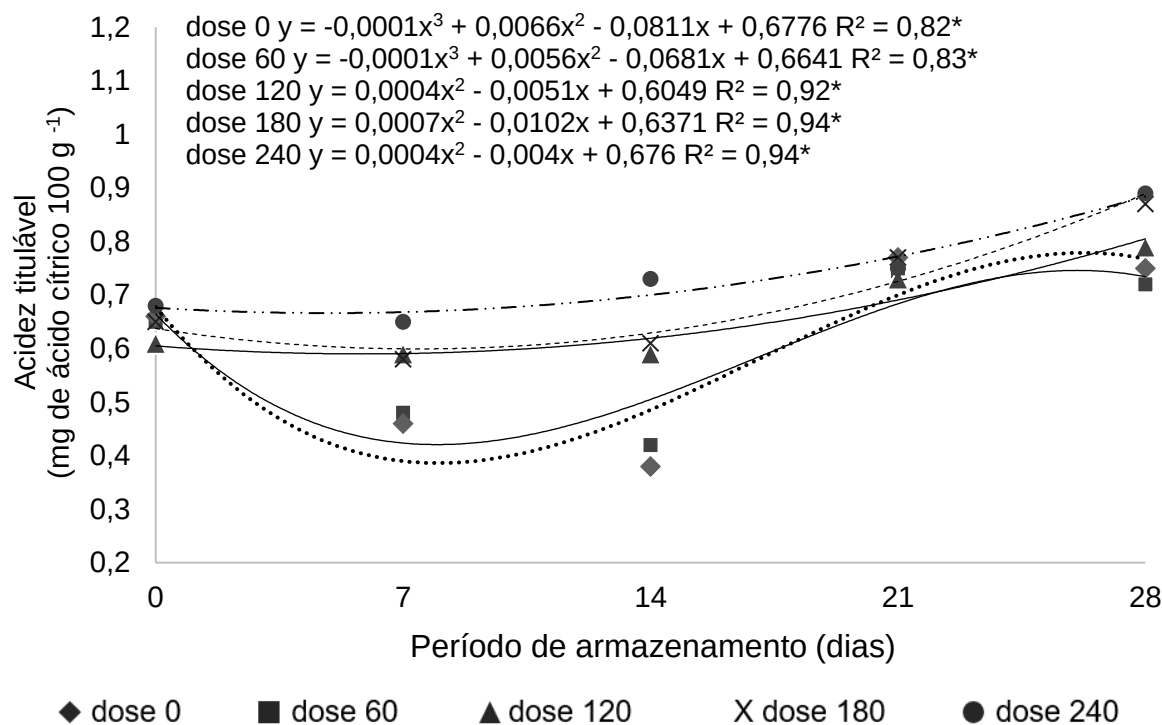
Sanches et al. (2017), ao avaliarem raízes de beterraba acondicionadas em bandejas de isopor de poliestireno revestidas com filme plástico de PVC e armazenadas em câmara fria a temperatura de 5°C e umidade relativa de 85%, também verificaram que o aumento da acidez titulável foi diretamente proporcional ao tempo de armazenamento, obtendo média de 0,05 g de ácido cítrico 100 g⁻¹ de raiz no 1º dia de avaliação e 0,23 g de ácido cítrico 100 g⁻¹ da raiz no 7º dia. Porém, estes valores foram abaixo dos obtidos no presente estudo (Figura 8).

Este aumento nos teores de acidez titulável em função do período de armazenamento provavelmente ocorreu devido ao acúmulo de ácidos orgânicos decorrente da degradação de componentes celulares presentes nos vegetais (MOURA, 1997; PEREIRA et al., 2017).

Conforme Morgan (2014), os ácidos tendem a se acumularem durante o desenvolvimento do vegetal, proporcionando o aumento da acidez, conforme observado nesse estudo no 28º dia de armazenamento. No entanto, a medida que avança o processo de maturação e amadurecimento ocorre o aumento do processo respiratório e diminuição dos ácidos orgânicos (GOUVEIA et al., 2016).

Em comparação a outros dados obtidos na literatura, os valores de acidez titulável em raiz de beterraba neste trabalho foram menores aos obtidos por Oliveira et al. (2005) e Ramos et al. (2016) os quais apresentaram valores de 1,05 g de ácido cítrico.100 g⁻¹ e 1,72 g de ácido cítrico.100 g⁻¹, respectivamente. Porém, superior ao observado por Filho et al. (2019) que foi de 0,23 g ácido cítrico.100 g⁻¹.

Figura 8 - Acidez titulável da raiz de beterraba em função do período de armazenamento (5 ± 1 °C e UR 85 ± 5 %), nas diferentes doses de K_2O



Para sólidos solúveis observou-se diferença significativa entre o período de armazenamento em função da adubação potássica, com redução nos teores com o aumento das doses de K_2O (Figura 9), com exceção no 21º e 28º dias de armazenamento, as quais não apresentaram variações estatisticamente significativas.

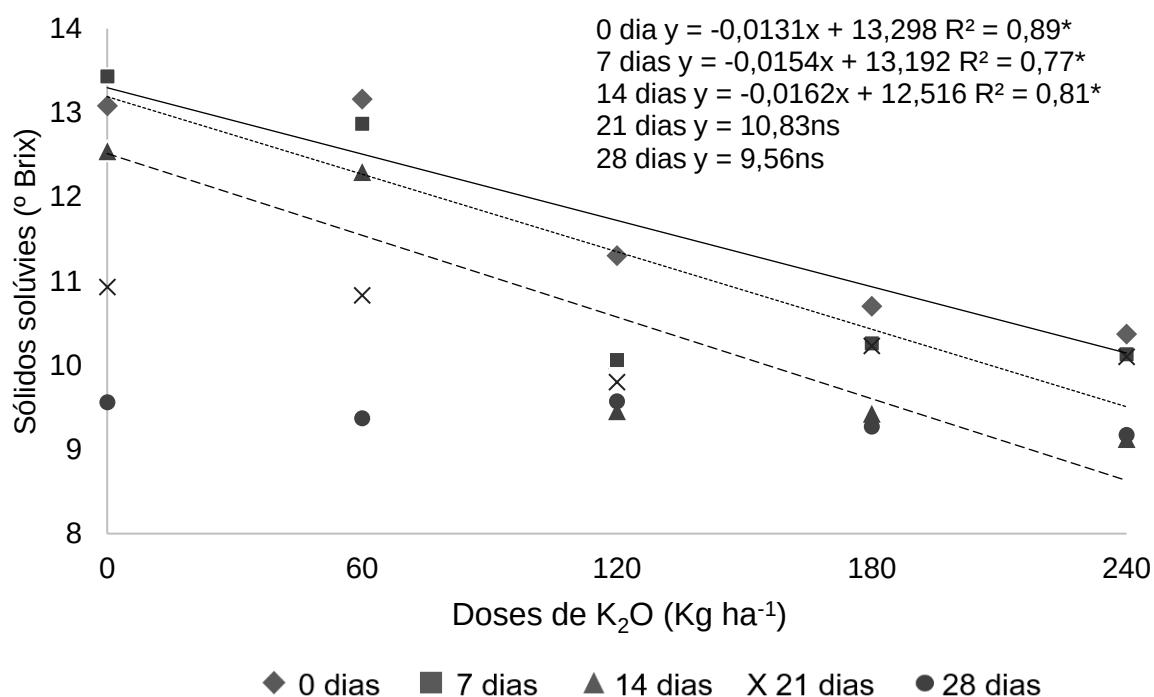
A deficiência de potássio pode resultar na diminuição do teor de sólidos solúveis além de diminuir a atividade fotossintética da planta (AKSU; ALTAY, 2020; MUBARAK et al. 2016). De outro modo, o incremento de potássio, geralmente proporciona incrementos nos teores de sólidos solúveis nas raízes de beterraba, conforme observado por Franco et al. (2022). Segundo os autores, a adubação potássica proporciona melhor eficiência nas funções bioquímicas dos nutrientes e, por consequência, maior incremento de carboidratos e sólidos solúveis nas raízes (LIMA et al., 2020; SOUZA et al., 2020).

Hartz et al. (1999), em frutos de tomate, Nannetti (2001) em pimentão e Aydin et al. (2002) em melão, também verificaram que a adubação potássica promoveu acréscimo nos teores de sólidos solúveis.

Já Araújo (2011), em estudos com frutos de abobrinha-de-moita, Salata et al. (2011) em ervilha-torta, Godoy et al. (2012) em couve-flor e Magro et al. (2015) em raízes de beterraba, a adubação potássica não influenciou significativamente nos teores de sólidos solúveis. No entanto, no presente estudo o potássio provocou redução nos teores de sólidos solúveis nas raízes de beterraba (Figura 9).

Segundo Trani et al. (2005) a influência da adubação potássica nas características físico-químicas pode variar conforme os fatores genéticos, ambientais, manejo do solo e fonte de nutriente fornecida para a cultura. Fato que pode explicar a diferença nos teores de sólidos solúveis entre os dados obtidos no presente estudo e os encontrados na literatura.

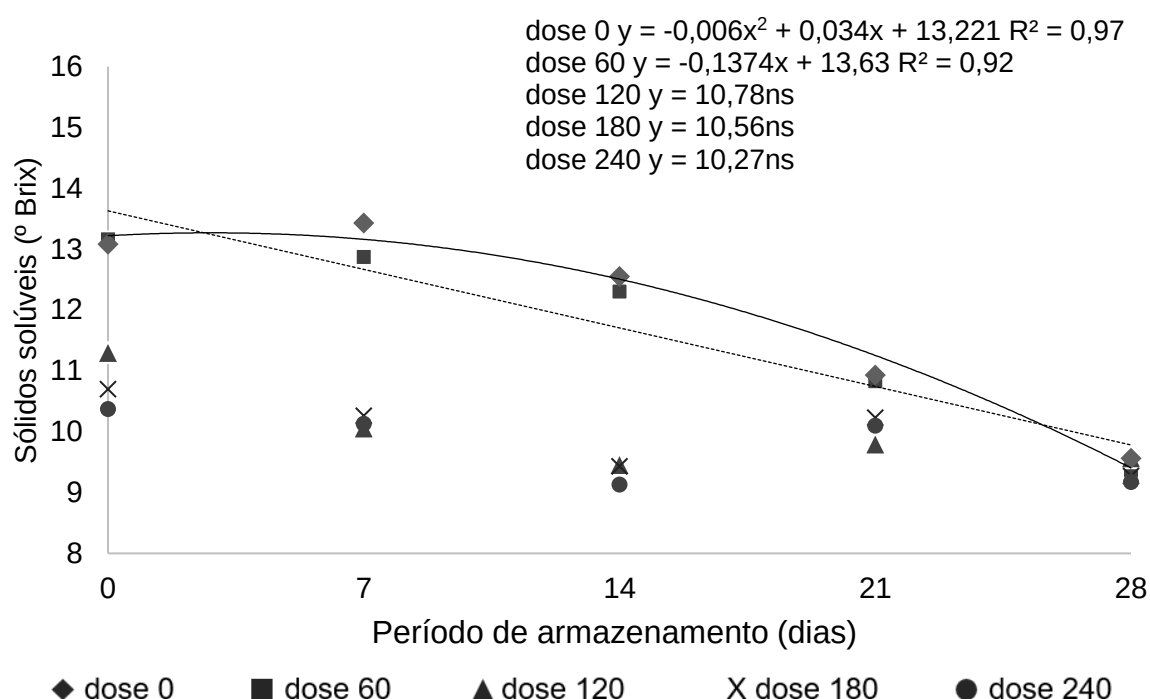
Figura 9 - Teores de sólidos solúveis na raiz de beterraba em função das doses de K_2O , armazenada por 28 dias a temperatura de $5 \pm 1^\circ C$ e umidade relativa (UR) $85 \pm 5\%$, FCA/UNESP, 2021



Em função do período de armazenamento, foi verificada diferença significativa para os tratamentos 0 e $60\ ha^{-1}\ K_2O$ para os teores de sólidos solúveis, com ajuste da equação quadrática para a dose $0\ ha^{-1}\ K_2O$ e linear para a dose $60\ ha^{-1}\ K_2O$ (Figura 10). O tratamento $0\ kg\ ha^{-1}$ de K_2O apresentou aumento nos teores até o 7º dia de armazenamento e diminuição após este período.

O teor de sólidos solúveis representa principalmente o conteúdo de açúcares e ácidos orgânicos dissolvidos no extrato aquoso de frutas e hortaliças e tende a aumentar com o avanço da maturação do vegetal (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Figura 10 - Teores de sólidos solúveis na raiz de beterraba em função do período de armazenamento ($5 \pm 1^\circ\text{C}$ e UR $85 \pm 5\%$), nas diferentes doses de K_2O

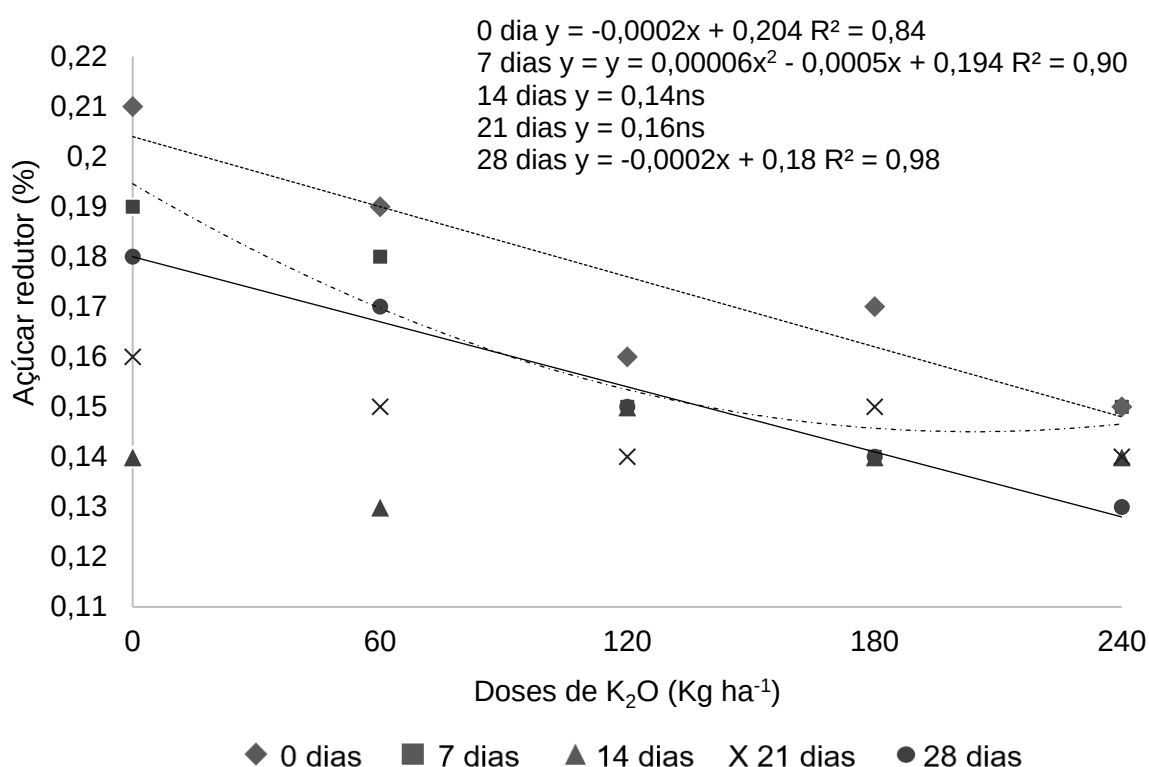


Sanches et al. (2017) avaliaram a conservação de diferentes cultivares de beterrabas acondicionadas em bandeja de isopor de poliestireno revestida com filme plástico de PVC e armazenadas em câmara fria a 5°C e 85% de UR, e mostraram que a média dos teores de sólidos solúveis entre as cultivares foi de $11,5^\circ\text{Brix}$, valor acima da média dos tratamentos encontrados neste trabalho que foi $10,6^\circ\text{Brix}$ (Figura 10).

Os açúcares, além de serem importantes na definição dos aspectos sensoriais dos produtos hortícolas, também são substratos essenciais para o metabolismo da planta, participando na geração de energia pela respiração e na formação de outros compostos derivados das vias metabólicas (VIEIRA, 2018). No presente estudo, foram observadas variações significativas na concentração de açúcares redutores em função da adubação potássica, com exceção do 14º e 21º dias de armazenamento, os quais obtiveram médias de 0,14% e 0,15%, respectivamente (Figura 11).

A adição de potássio normalmente proporciona incrementos de ácidos orgânicos e íons inorgânicos, promovendo incremento nos teores de sólidos solúveis e acúmulo de carboidratos no vegetal (PRECIADO-RANGEL et al., 2018). No entanto, no presente estudo, observou-se diminuição nos teores de açúcares redutores com o aumento das doses de potássio (Figura 11).

Figura 11 – Açúcares redutores na raiz de beterraba nas diferentes doses de K₂O aplicado, armazenados por 28 dias (5 ± 1 °C e UR 85 ± 5 %)



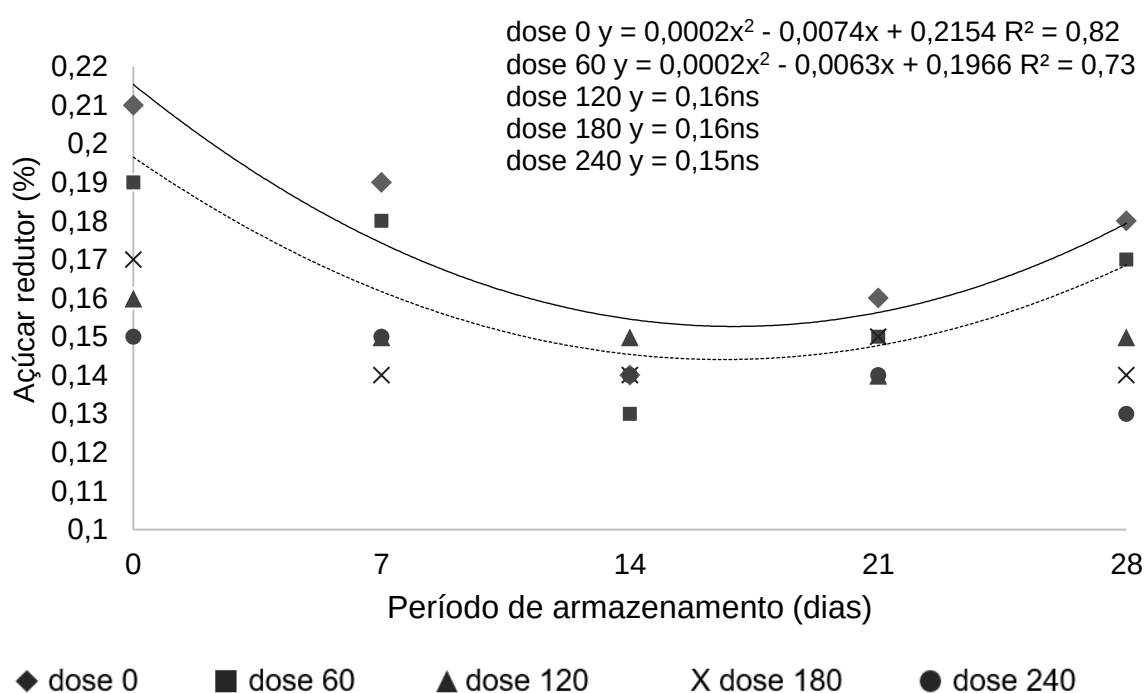
Segundo Malavolta et al. (2005), o potássio contribui com o aumento da translocação de carboidratos produzidos nas folhas para as raízes através do incremento da eficiência do uso da água pela planta. Portanto, provavelmente o acréscimo de potássio fornecido pela adubação de cobertura, proporcionou maior concentração de água nas raízes e conseqüentemente diminuição nos teores de sólidos solúveis (Figura 9) e açúcares (Figura 11).

Em comparação a outros estudos, Salata et al. (2011) em ervilha-torta, Godoy et al. (2012) em couve-flor e Magro et al. (2015) em beterraba, não observaram efeito

significativo em função de doses de potássio nos teores de açúcares redutores, diferindo do observado neste experimento.

Também houve diferenças significativas com efeito quadrático para as doses 0 e 60 kg ha⁻¹ de K₂O em função do período de armazenamento, com os menores teores de açúcares redutores observados no 14º dia de armazenamento (0,14%) (Figura 12).

Figura 12 - Açúcares redutores na raiz de beterraba em função do período de armazenamento (5 ± 1 °C e UR 85 ± 5%) nas diferentes doses de K₂O



A redução do conteúdo de açúcares redutores e sólidos solúveis totais observados no 14º dia de armazenamento (Figura 12) provavelmente está relacionada à utilização destes compostos como substrato respiratório (EVANGELISTA et al. 2008; TAIZ; ZEIGER, 2013).

No entanto, durante a fase de senescência pode ocorrer aumento dos teores de açúcares devido a conversão de amido em açúcares juntamente com a perda de massa fresca das raízes (JIE et al., 2013), comportamento observado nos tratamentos 0 e 60 kg ha⁻¹ de K₂O a partir do 14º dia (Figura 12).

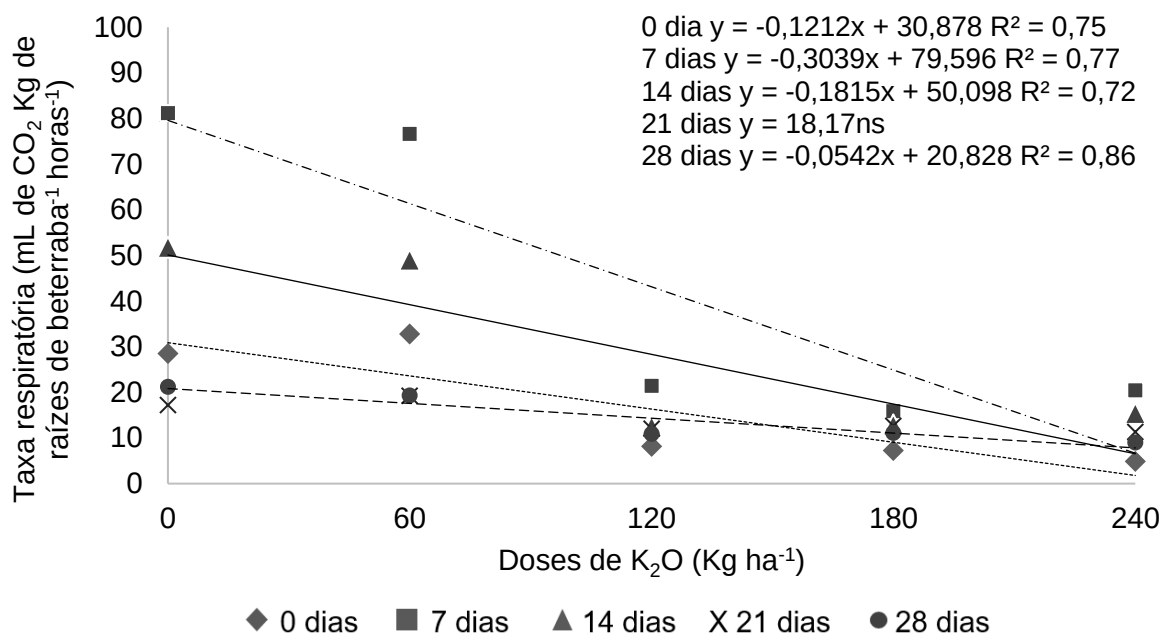
Para atividade respiratória foram observadas diferenças significativas entre o período de armazenamento em função da adubação potássica, com diminuição na atividade respiratória proporcionado pelo aumento de potássio aplicado em cobertura (Figura 13).

O potássio exerce papel fundamental na ativação de enzimas ligadas ao processo de fotossíntese e respiração das plantas, por outro lado, a deficiência deste nutriente pode interferir no funcionamento destas enzimas, que por sua vez, provoca desordens metabólicas e aumento do estresse no vegetal, resultando em aumento da taxa respiratória e diminuição da vida útil das raízes (PETTIGREW, 2008; KLUGE et al., 2006), comportamento observado no presente estudo no último dia de avaliação, onde os tratamentos 0 e 60 kg ha⁻¹ de K₂O apresentaram taxa respiratória média de 216% superior à média dos tratamentos 120, 180 e 240 kg ha⁻¹ de K₂O, (Figura 13).

De acordo com Alves et al. (2008), o adequado fornecimento de potássio melhora o estado nutricional do vegetal, aumentando a resistência da mesma às condições adversas do ambiente, como altas temperaturas, baixa umidade, incidência de doenças e pragas, resultado similar observado nos tratamentos 120, 180 e 240 kg ha⁻¹ de K₂O, que além de apresentarem menores taxas respiratórias, com média de 12,4 CO₂ kg⁻¹ h⁻¹ durante os 28 dias de avaliação, também atingiram o menor pico respiratório, proporcionando maior tempo de prateleira das raízes durante o tempo de armazenamento (Figura 13).

A capacidade do potássio em promover incrementos na produção e qualidade na cultura da beterraba é devido a diversas funções fisiológicas e bioquímicas que este nutriente apresenta. Dentre elas, translocação de carboidratos da parte aérea para as raízes, ativação de importantes enzimas envolvidas na respiração, ATPase, das sínteses de amido e de proteínas, regulação da pressão osmótica, por meio do controle da abertura e fechamento dos estômatos, além de atuar na resistência da planta a doenças, proporcionando efeitos benéficos sobre atributos de cor, firmeza, sabor, valor nutricional e vida de prateleira (ALI et al., 2018; FERNANDES et al., 2018; ZHANG et al., 2018).

Figura 13 - Taxa respiratória da raiz de beterraba em função da adubação potássica, armazenada por 28 dias (5 ± 1 °C e UR 85 ± 5 %)



Em função do período de armazenamento, verificou-se diferenças significativas entre para os tratamentos 0, 60 e 240 kg ha⁻¹ de K₂O em função do período de armazenamento, com ajuste da equação cúbica para as doses 0 e 60 kg ha⁻¹ de K₂O e quadrática para a dose 240 kg ha⁻¹ K₂O (Figura 14). Os tratamentos 0 e 60 kg ha⁻¹ de K₂O alcançaram os maiores valores no 7º dia de avaliação com taxa respiratória de 81,21 e 76,65 µg g⁻¹, respectivamente. Os tratamentos 120, 180 e 240 kg ha⁻¹ de K₂O apresentaram média abaixo de 20 µg g⁻¹ em todo período de armazenamento (Figura 14).

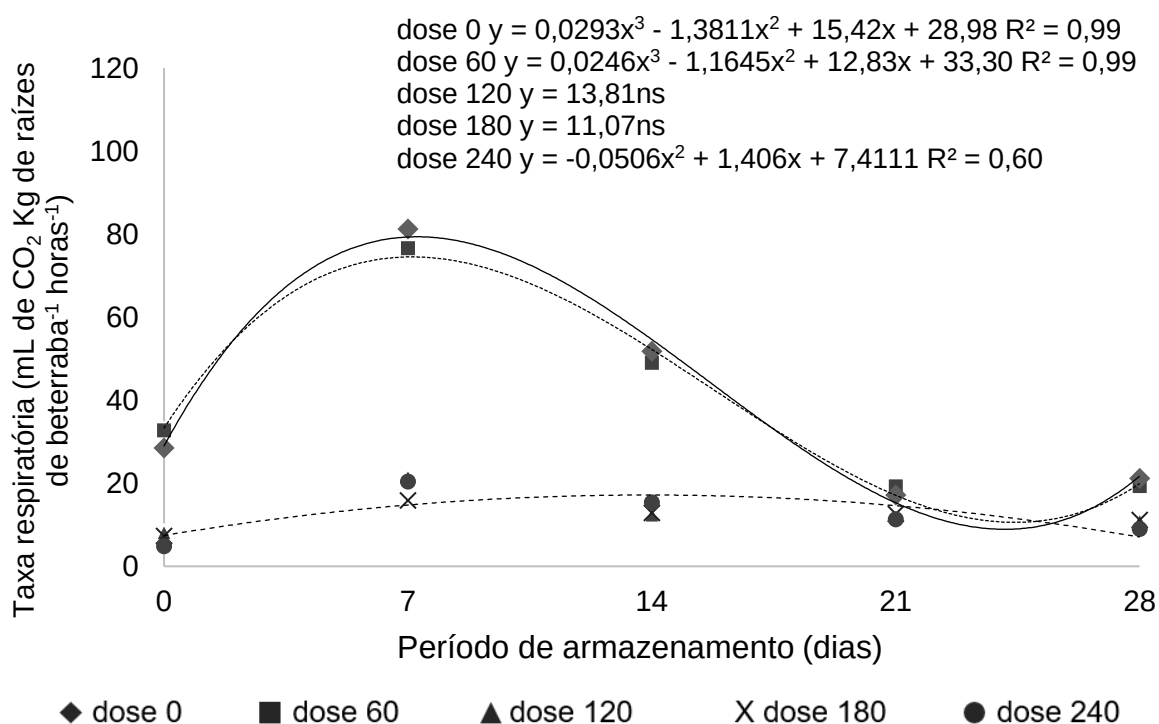
O aumento da taxa respiratória e a perda de massa são as principais alterações que ocorrem durante a senescência da beterraba e podem variar conforme as condições de armazenamento. Akan e Horzum (2022) verificaram em beterrabas armazenadas em diferentes temperaturas (0 e 4 °C) maior taxa respiratória e deterioração à temperatura de 4 °C, como consequência da elevação da temperatura de armazenamento.

Por outro lado, o armazenamento em baixa temperatura associado ao controle de umidade reduz o metabolismo do vegetal através da diminuição de sua taxa respiratória que, por sua vez, prolonga a vida útil do produto (CHITARRA; CHITARRA,

2005). No presente estudo, as raízes de beterraba foram acondicionadas em filme plástico (PVC) e armazenadas em câmara fria (5 ± 1 °C e 85 ± 5 % UR), o que proporcionou redução da taxa respiratória das raízes, justificando as condições de armazenamento empregada neste trabalho.

Sanches et al. (2017) analisaram o comportamento da beterraba armazenada durante sete dias à temperatura de 5° C e observaram que o pico respiratório das raízes ocorreu no sexto dia de avaliação atingido média de 62,13 mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹, valor inferior observado nos tratamentos 0 e 60 kg ha⁻¹ de K₂O, porém superior à média dos tratamentos acima de 120 kg ha⁻¹ de K₂O (Figura 14).

Figura 14 - Taxa respiratória da raiz de beterraba em função do período de armazenamento (5 ± 1 °C e UR 85 ± 5 %), nas diferentes doses de K₂O



A avaliação da cor é outro fator essencial levado em consideração pelo consumidor ao escolher um alimento e por isso considerado um dos mais importantes atributos usados para definir a aparência e a qualidade dos alimentos, em especial para frutas e hortaliças (RIBEIRO; SERAVALLI, 2007).

No presente estudo, não foi observado influência da adubação potássica em relação ao tempo de armazenamento na saturação da cor (chroma) e no ângulo Hue

(Tabela 2). Ramos et al. (2016) em beterraba cultivar Boro observaram menor valor de chroma (26,50) e ângulo de cor Hue (13,77) em comparação aos dados obtidos no presente estudo, conforme a tabela 2.

Tabela 2 - Valores de chroma e ângulo Hue das raízes de beterraba em função da adubação potássica e armazenadas por 28 dias ($5^{\circ}\text{C} \pm 1$ e UR 85 ± 5 %)

Doses de K ₂ O (Kg ha ⁻¹)	Dia de armazenamento					Média
	0	7	14	21	28	
Chroma						
0	40,11	37,12	43,11	44,02	40,15	40,90
60	43,51	39,01	38,74	41,54	37,38	40,03
120	42,13	40,32	42,37	43,13	41,72	41,92
180	41,74	38,71	44,73	42,45	42,21	41,95
240	40,19	38,45	43,12	41,33	41,22	40,85
Média	41,53	38,71	42,41	42,48	40,53	
Ângulo de cor (°Hue)						
0	18,01	16,13	16,52	16,44	15,86	16,59
60	17,06	17,15	15,77	16,87	16,13	16,58
120	17,88	17,34	15,48	17,41	14,69	16,56
180	15,81	15,61	17,81	16,74	16,21	16,44
240	17,02	16,82	16,47	16,35	15,17	16,37
Média	17,15	16,61	16,41	16,76	15,61	

A média do tratamento e interação não foram significativas entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

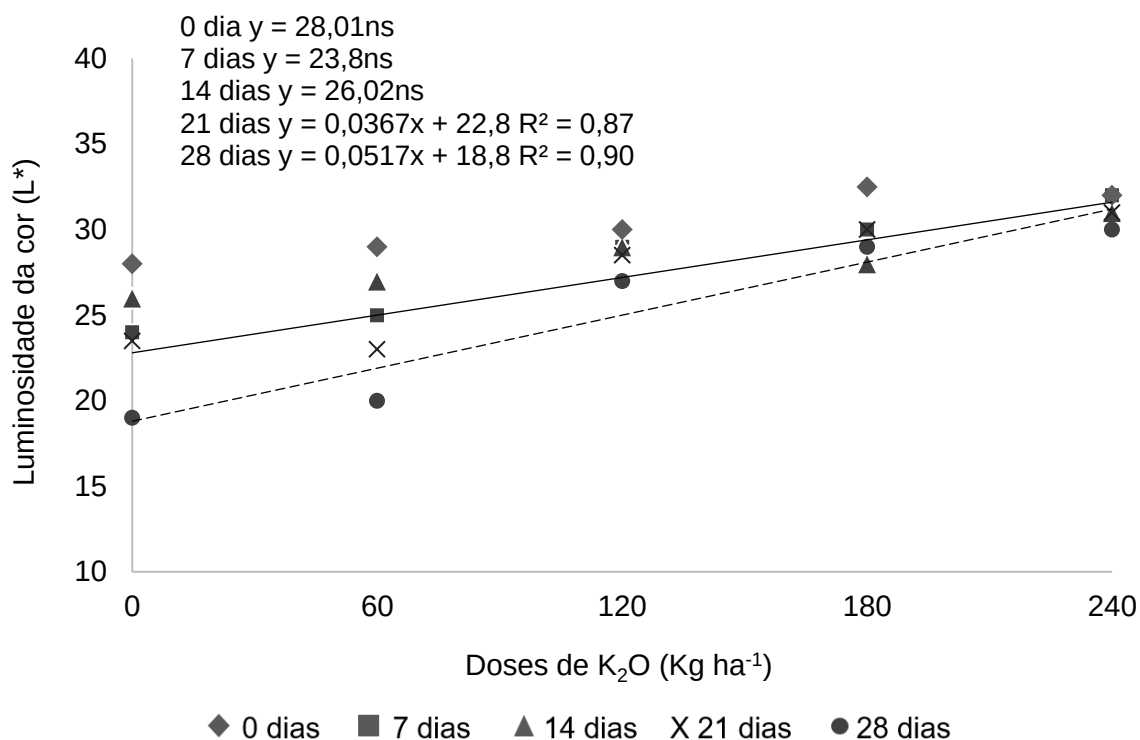
Para a Luminosidade (L^*) houve influência da interação entre a adubação potássica e o tempo de armazenamento, com ajuste linear em função da adubação potássica para o 21º e 28º dia de armazenamento (Figura 15). De modo geral, foi observado aumento na luminosidade conforme houve o aumento nas doses de potássio aplicadas. Franco et al. (2020) também verificaram aumento da luminosidade (L^*) na raiz da beterraba com o acréscimo de doses de potássio na forma de KCl, atingindo no 1º dia de avaliação valor de (L^*) igual a 15,4 quando as plantas foram adubadas com 240 mg/dm^3 de K_2O , porém, este valor foi abaixo da média alcançada no presente estudo para o mesmo período que foi de 28,01 (Figura 15).

No presente estudo, as raízes dos tratamentos 0 e 60 kg ha^{-1} de K_2O apresentaram maiores desvios nos valores de Luminosidade durante o período de armazenamento, atingindo valor médio de 24,5 no 7º dia de avaliação para 19,5 no 28º dia, ou seja, redução de 20% na Luminosidade. Este comportamento pode estar

relacionado às alterações no metabolismo do vegetal provocadas pela deficiência de potássio, comprometendo a qualidade das raízes (Figura 15). De outro modo, as raízes dos tratamentos 120, 180 e 240 kg ha⁻¹ de K₂O apresentaram poucas variações na luminosidade, e, portanto, maior estabilidade, mantendo o valor médio de 29,9 durante todo período de armazenamento.

A estabilidade na coloração é um fator importante pois está relacionada ao aspecto visual do produto. Teixeira (2013) verificou que entre os critérios na decisão de compra de diferentes hortaliças, a cor foi um dos principais, atingindo percentual de 74,4%. Esta informação corrobora com a ideia de que o potássio é essencial na manutenção da estabilidade da cor nas raízes de beterraba, o que por sua vez contribui para melhorar a qualidade e aceitação deste produto no mercado.

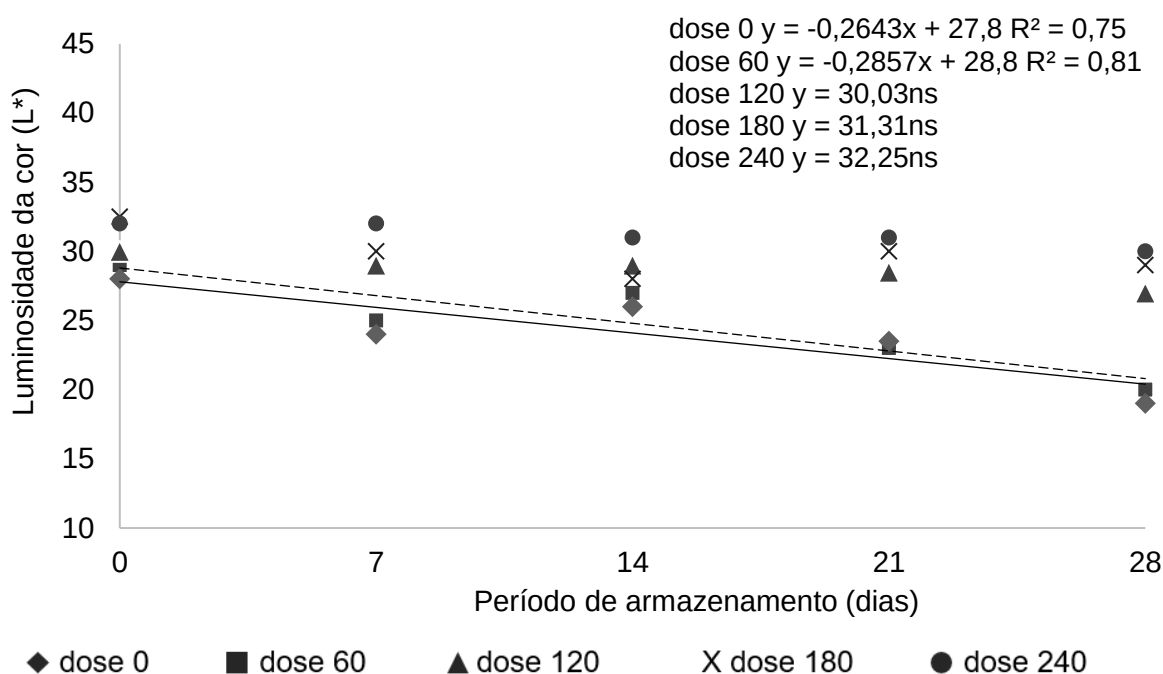
Figura 15 - Valores de luminosidade (L*) na raiz de beterraba nas diferentes doses de K₂O, armazenada por 28 dias (5 ± 1 °C e UR 85 ± 5 %)



Em função do período de armazenamento, foi observado diferença significativa para os tratamentos 0 e 60 kg ha⁻¹ de K₂O, com ajuste da equação linear e diminuição no valor de luminosidade ao longo do período de armazenamento (Figura 16).

O índice de luminosidade L^* das raízes diminuiu no decorrer dos 28 dias de armazenamento diferindo, de forma significativa ($p < 0,05$) entre as doses de potássio. Ramos et al. (2016) verificaram em raízes de beterraba cultivar Boro valor médio de 22,99 para a luminosidade, sendo menor do que a média observada nesse trabalho que foi de 27,74 (Figura 16).

Figura 16 - Valores de luminosidade (L^*) da raiz da beterraba cultivar em função do período de armazenamento ($5 \pm 1^\circ\text{C}$ e UR $85 \pm 5\%$), nas diferentes doses de K_2O



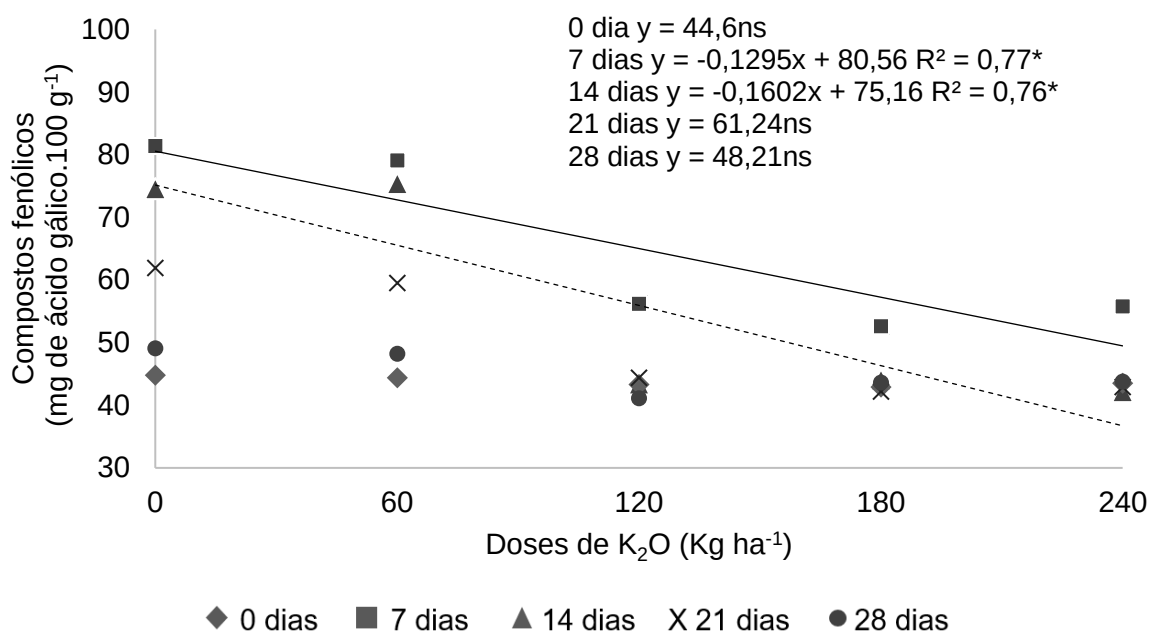
Para compostos fenólicos foi observado diferença significativa entre o período de armazenamento em função da adubação potássica, com ajuste da equação linear apenas para o 7º e 14º dias de armazenamento com diminuição nos teores de compostos fenólicos em função das doses de potássio aplicada (Figura 17).

O potássio exerce diversas funções no metabolismo e na fisiologia vegetal, dentre elas destacam-se a translocação de carboidratos da parte aérea para as raízes, ativação de importantes enzimas (ATPase, das sínteses de amido e de proteínas), também age na amenização de estresses bióticos e abióticos tais como estresse hídrico, na resistência da planta a ataque de pragas e doenças, influenciando na

síntese de compostos secundários produzidos pela planta (ALI et al., 2018; FERNANDES et al., 2018; ZHANG et al., 2018).

No entanto, a deficiência de potássio pode provocar estresse na planta resultando em aumento da síntese de metabólitos secundários e acúmulo de compostos fenólicos no interior das células (GOBBO-NETO, 2007), comportamento semelhante ao encontrado neste experimento ao comparar as concentrações médias de compostos fenólicos entre o tratamento 0 kg ha^{-1} de K_2O ($62 \text{ mg de ácido gálico.100 g}^{-1}$), que foi de 26,8% superior ao tratamento 240 kg ha^{-1} de K_2O ($48 \text{ mg de ácido gálico.100 g}^{-1}$), conforme a figura 17.

Figura 17 – Teores de compostos fenólicos na raiz de beterraba em função das doses de K_2O

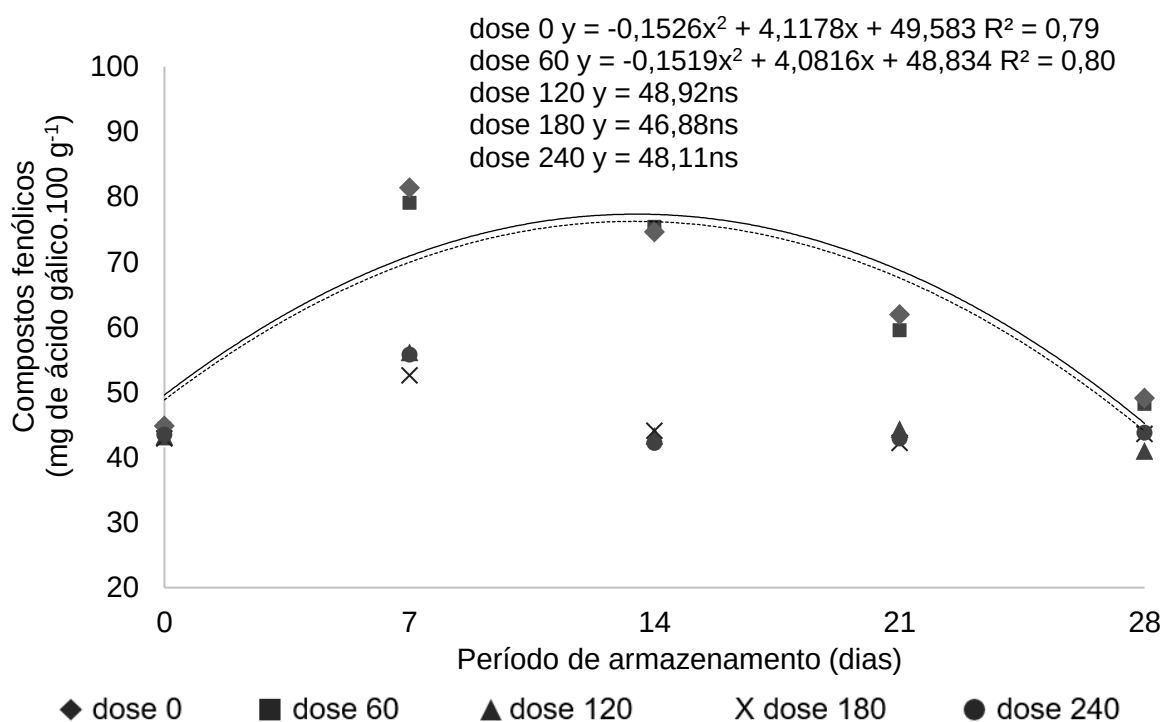


Em função do período de armazenamento, foi observado diferença significativa para os tratamentos 0 e 60 kg ha^{-1} de K_2O , com ajuste da equação quadrática. Para as respectivas doses, os maiores valores ($74,6 \text{ mg de ácido gálico } 100 \text{ g}^{-1}$ e $75,4 \text{ mg de ácido gálico } 100 \text{ g}^{-1}$) de compostos fenólicos, foram alcançados no 14º dia de armazenamento, conforme a figura 18. Para os demais tratamentos (120 , 180 e 240 kg ha^{-1} de K_2O) não foram verificadas diferenças significativas em função do período

de armazenamento, obtendo valor médio de 47,94 mg ácido gálico.100 g⁻¹ conforme demonstrado na figura 18.

A partir do 14º dia houve redução nos valores de compostos fenólicos, atingindo no 28º dia valor médio de 49,1 e 43,8 mg ácido gálico.100 g⁻¹ para os tratamentos 0 e 60 kg ha⁻¹ de K₂O, respectivamente (Figura 18). Essa redução pode ser atribuída à diversas alterações que ocorrem no vegetal durante o período de senescência como a hidrólise de glicosídeos e oxidação de fenóis na etapa de armazenamento (ROBARDS et al.,1999).

Figura 18 - Compostos fenólicos na raiz de beterraba em função do período de armazenamento (5 ± 1 °C UR 85 ± 5 %), nas diferentes doses de K₂O

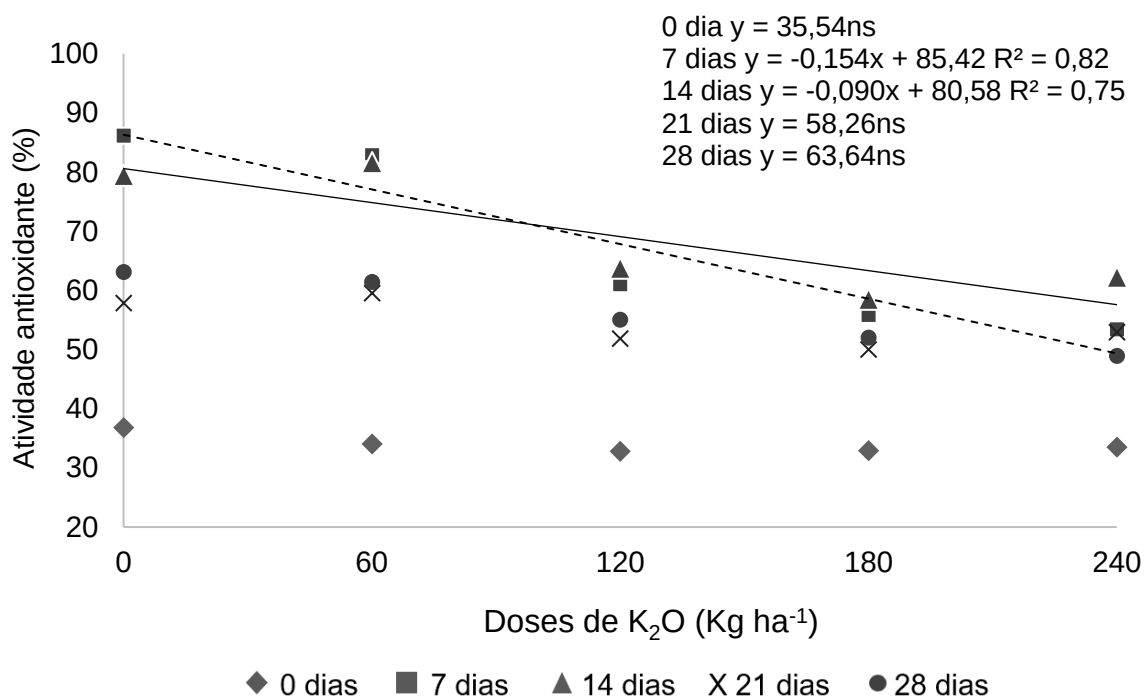


Avaliando o comportamento de diferentes espécies hortícolas, Menichini et al. (2009) também observaram perdas na concentração de compostos fenólicos ao longo do período de armazenamento. Pazinato et al. (2022) e Ramos et al. (2016) constataram que o valor médio de compostos fenólicos nas raízes da beterraba foram respectivamente de 29,97 e 25,91 mg de ácido gálico.100 g⁻¹ de beterraba, valores inferiores a média no presente estudo que foi de 52,01 mg de ácido gálico.100 g⁻¹ de beterraba, conforme a figura 18.

Avaliando o teor de compostos fenólicos em raízes de rabanete em condições de armazenamento refrigerado durante 9 dias em diferentes temperaturas (5 e 10 °C), Tsouvaltzis e Brecht (2014) relataram aumento dos teores de compostos fenólicos até o 6º dia de armazenamento, com posterior diminuição após esse período, comportamento semelhante ao encontrado neste experimento, nos tratamentos 0 e 60 kg ha⁻¹ de K₂O (Figura 18).

Para atividade oxidante foi observado, diferença significativa entre o período de armazenamento em função da adubação potássica, com ajuste da equação linear para o 7º e 14º dias de armazenamento, onde obteve-se diminuição na atividade oxidante em função das doses de potássio aplicada (Figura 19).

Figura 19 - Capacidade antioxidante na raiz de beterraba em função das doses de K₂O

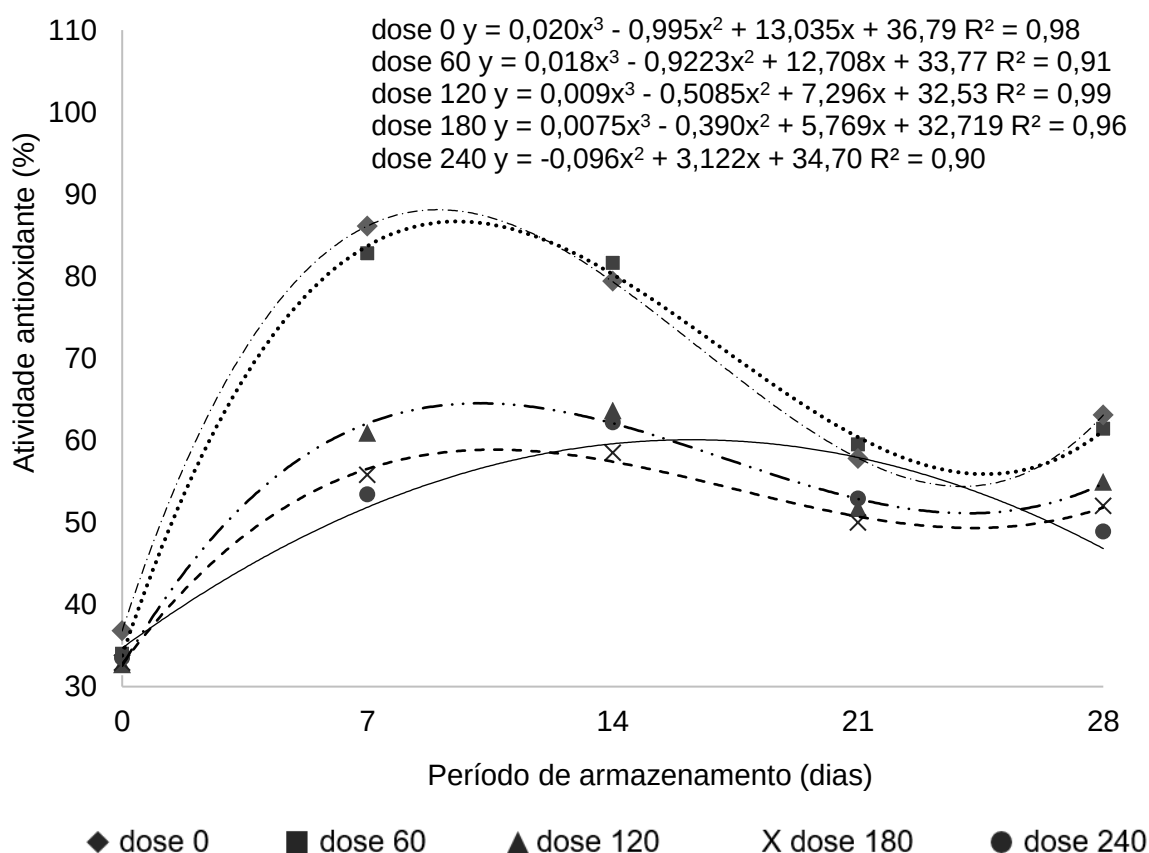


Os antioxidantes retardam a oxidação de substratos e a ação tóxica dos radicais livres (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Nos vegetais sua quantidade pode variar de acordo com os fatores genéticos, práticas agrícolas, condições ambientais e condições pós-colheita (VALLEJO et al., 2003). Também pode sofrer alteração conforme o estado nutricional da planta. No presente estudo a deficiência de potássio provavelmente provocou alteração no metabolismo da planta e consequentemente

uma condição de estresse, estimulando o aumento da síntese de compostos secundários como os antioxidantes (AMARAL et al., 2020; QUEIROZ et al., 2015; TAIZ; ZEIGER, 2013; ZHANG et al., 2018). Comportamento observado no presente estudo com o aumento da atividade antioxidante observados nos tratamentos 0 e 60 kg ha⁻¹ de K₂O no 7 e 14º dia de armazenamento, os quais alcançaram no final do período de armazenamento concentração média superior de 25% em comparação a média dos tratamentos que receberam as doses de 120, 180 e 240 kg ha⁻¹ de K₂O (Figura 19).

Em função do período de armazenamento, foi observado diferença significativa para todos os tratamentos, com ajuste da equação cúbica para os tratamentos (0, 60, 120 e 180 kg ha⁻¹ de K₂O) e ajuste da equação quadrática para o tratamento 240 kg ha⁻¹ de K₂O (Figura 20).

Figura 20 - Capacidade antioxidante na raiz de beterraba em função do período de armazenamento (5 ± 1 °C e UR 85 ± 5 %), nas diferentes doses de K₂O



Os maiores valores de atividade antioxidante (86,1% e 82,8% de DPPH) foram alcançados no 7º dia de armazenamento nos tratamentos 0 e 60 kg ha⁻¹ de K₂O, respectivamente, conforme a figura 20.

Pazinatto et al. (2022) e Ramos et al. (2016) constataram valores médios da capacidade antioxidante nas raízes da beterraba respectivamente de 43,21% e 50,19% de DPPH, quantidades acima da média no presente estudo para o 1º dia de avaliação (34,01% de DPPH) e abaixo da média dos dias posteriores (61,84 % de DPPH), conforme a figura 20.

Para os teores de betalaínas houve diferença significativa entre o período de armazenamento em função da adubação potássica, com ajuste da equação linear para o 0º e 7º dias de armazenamento, onde foi observado diminuição nos teores de betalaínas com o aumento da adubação potássica (Figura 21).

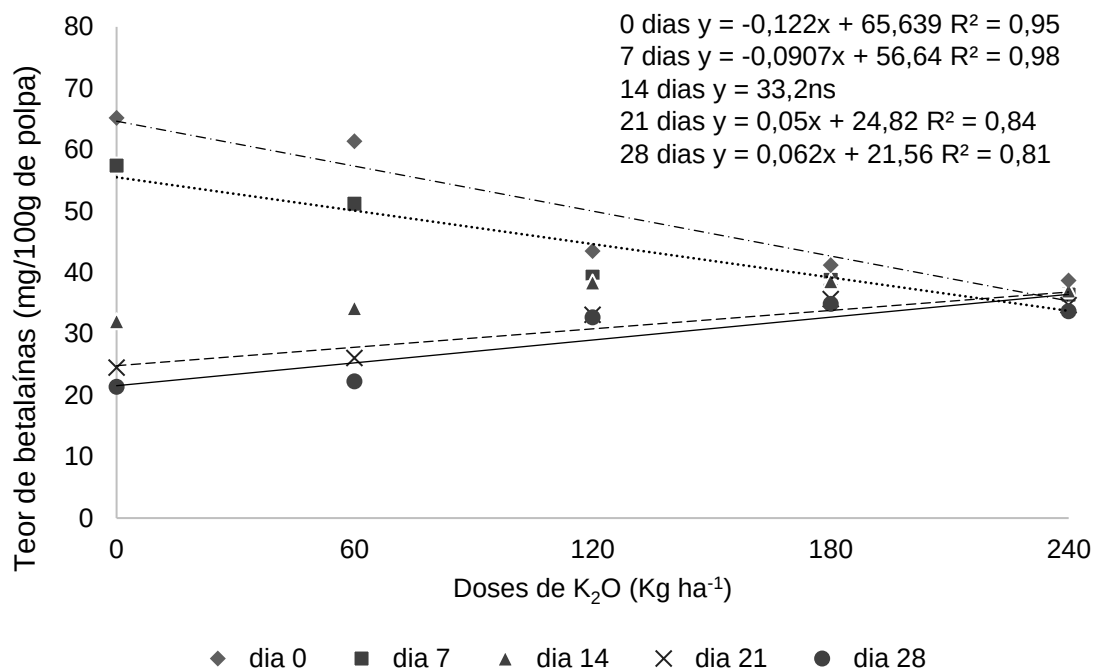
A beterraba apresenta alta capacidade antioxidante proporcionada pelas betalaínas que são pigmentos nitrogenados hidrossolúveis sintetizados pelo metabolismo secundário (KLUGE; PRECZENHAK, 2016). Estes compostos bioativos podem sofrer alterações conforme a resposta da planta contra estresses bióticos e abióticos (OCHOA-VELASCO et al., 2017).

No presente estudo, provavelmente a deficiência de potássio provocou uma condição de estresse no vegetal, aumentando a produção de compostos secundários na planta, e, conseqüentemente, aumento dos teores de betalaínas (Figura 21). Este comportamento foi observado no 1º dia de avaliação entre o tratamento 0 kg ha⁻¹ de K₂O o qual apresentou neste período, média superior de 68,5% em comparação ao tratamento que recebeu a maior dose (240 kg ha⁻¹ de K₂O), conforme a figura 21.

Estudos relataram a influência da fertilização e das condições de armazenamento nas características bioquímicas e na capacidade de armazenamento da beterraba (VISKELIS et al. 2019). Sitompul et al. (2019) verificaram que o fornecimento de nitrogênio na dosagem de 0,6 g N/planta reduziu o teor de betalaína em 25% passando de 351,5 (dose 0 N/planta) para 257,6 ml/l (dose 0,6g N/planta).

No entanto, poucos trabalhos foram realizados combinando tecnologias de armazenamento com um programa eficiente de adubação visando aumentar e preservar os compostos bioativos em raízes de beterraba. Além disso, na literatura, não foram encontrados estudos avaliando a influência da adubação potássica no teor de betalaínas.

Figura 21 - Teor de betalaínas na raiz de beterraba em função da adubação potássica



Também foi observado diferença significativa para os tratamentos 0 e 60 $kg\ ha^{-1}$ de K_2O em função do período de armazenamento, com ajuste da equação linear, com diminuição nos teores de betalaínas ao longo do período de armazenamento (Figura 21).

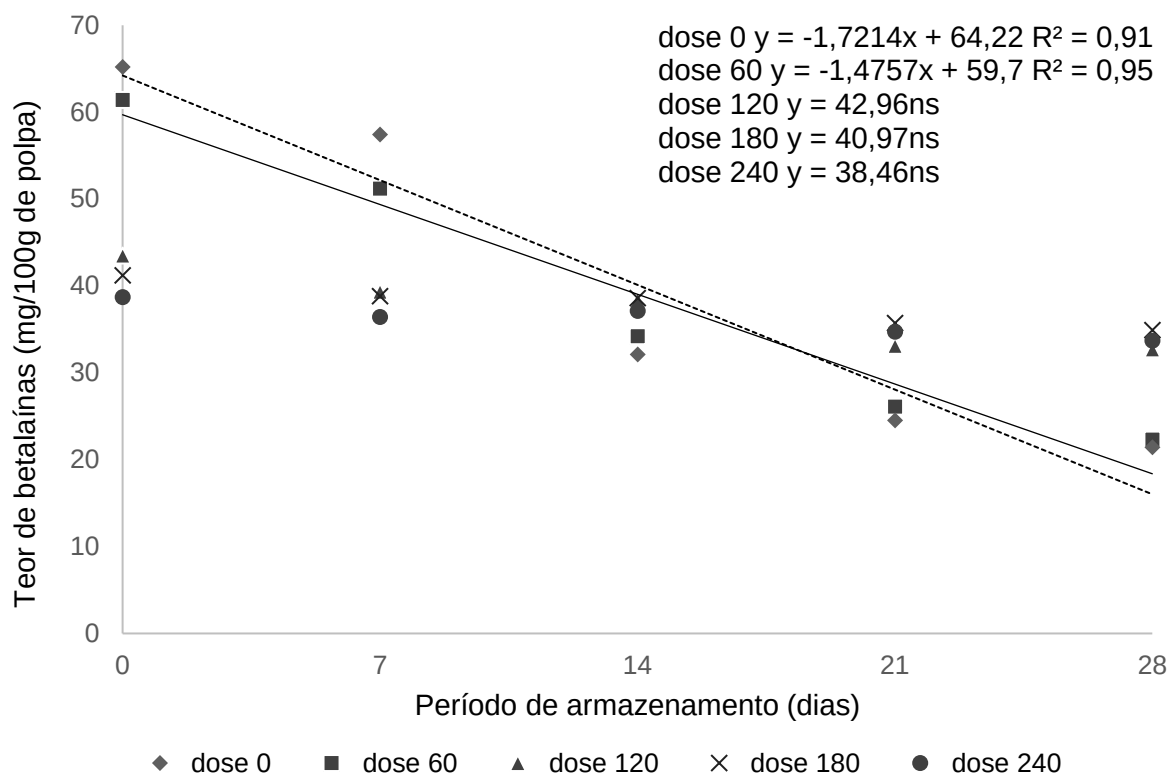
Akan e Horzum (2022), trabalhando com raízes de beterraba armazenadas durante 30 dias a 4 °C, verificaram que a média obtida de teores de betalaínas foi de 72,26 mg/100g, resultado superior ao máximo obtido neste experimento que foi de 65,2 mg/100g (Figura 22).

Os teores de betalaínas podem diminuir durante o processo de armazenamento devido à degradação destes pigmentos em função da produção de espécies reativas de oxigênio (ROS), presença de enzimas oxidativas e alteração na taxa respiração (RAVICHANDRAN et al., 2012).

Picoli et al. (2010) verificaram perdas de 50% de betalaínas em raízes de beterraba após 10 dias de armazenamento sob temperatura de 5°C. Também Akan e Horzum (2022) constataram redução de 28% de betalaínas em raízes de beterraba após 30 dias de armazenamento a 4°C. No presente estudo, o mesmo comportamento

foi observado nos tratamentos 0 e 60 kg ha⁻¹ de K₂O, com redução dos teores de betalaínas ao longo do tempo de armazenamento (Figura 22).

Figura 22 - Teor de betalaínas da raiz da beterraba em função do período de armazenamento (5 ± 1 °C e UR 85 ± 5 %), nas diferentes doses de K₂O



No entanto, foi observado no presente estudo que a adubação potássica contribuiu para manter a estabilidade dos teores de betalaínas durante os 28 dias de armazenamento (Figura 22). Isso ocorre porque o potássio exerce papel essencial na ativação de diversas enzimas relevantes para o bom funcionamento biológico das plantas, na síntese de proteínas, bem como no transporte de assimilados para as raízes (SINGH; PATHAK, 2018). Portanto, nas condições em que foram realizado este estudo, o potássio exerceu efeito positivo na conservação dos teores de betalaínas nas raízes de beterraba durante o tempo de armazenamento.

2.4 CONCLUSÕES

Nas condições em que este trabalho foi realizado, pode-se concluir que:

- A adubação potássica em cobertura promoveu maior firmeza e acidez titulável das raízes de beterraba.
- Redução na atividade respiratória e na porcentagem de perda de massa fresca durante o armazenamento, resultando em uma maior vida útil das raízes de beterraba.
- Maior estabilidade nos valores de luminosidade e nos teores de betalaínas ao longo do tempo de armazenamento, preservando os compostos bioativos essenciais presentes na beterraba.
- A máxima produtividade associada a maior vida útil das raízes foi alcançada na dose de 240 kg ha⁻¹ de potássio em cobertura.
- Os maiores valores de açúcares redutores e teores de betalaínas foram obtidos com as doses 0 e 60 kg ha⁻¹ de potássio em cobertura, no 0º dia de armazenamento.
- Os maiores valores de compostos fenólicos e antioxidantes foram alcançados nas doses 0 e 60 kg ha⁻¹ de potássio em cobertura no 7º dia de armazenamento.

REFERÊNCIAS

- ALI, A.; KHAN, I. U.; JAN, M.; KHAN, H. A.; HUSSAIN, S.; NISAR, M.; YUN, D. J. (2018). The high-affinity potassium transporter EpHKT1; 2 from the extremophile *Eutrema parvula* mediates salt tolerance. **Frontiers in plant science**, v. 9, p. 1108, 2018.
- ALVES, A. U.; PRADO, R. M.; GONDIM, A. R. O.; FONSECA, I. M.; CECÍLIO, A. B. Desenvolvimento e estado nutricional da beterraba em função da omissão de nutrientes. **Horticultura Brasileira**, v. 26, p. 292-295, 2008.
- AKAN, S.; HORZUM, Ö. Preharvest Nitrogen and Boron Application Preserve Quality Characteristics of Red Beet Under Storage Conditions. **Gesunde Pflanzen**, v. 75, p. 127-138, 2023.
- AKHIYAROV, B. G.; ISMAGILOV, R. R.; ISLAMGULOV, D. R.; KUZNETSOV, I. Y.; AKHIYAROVA, L. M.; ABDULVALEEV, R. R.; SERGEEV, V. S. Yield and quality of table beet depending on cultivation technology elements. **Journal of engineering and applied sciences**, v. 13, n. 11, p. 8752-8759, 2018.
- AKSU, G.; ALTAY, H. The effects of potassium applications on drought stress in sugar beet. **Sugar Tech**, v. 22, n. 6, p. 1092-1102, 2020.
- AMARAL, C. L.; SANTOS, J.; PORTUGAL, C. R. S.; BRAGA, A. F.; ALVES, P. L. C. A. Growth of *Vernonia ferruginea* Seedlings Submitted to Thermal Stress. **Planta Daninha**, v. 38, 2020.
- AMORIM, D. J.; DE SOUSA FERREIRA, L.; DE SOUSA, J. R.; ALMEIDA, E. I. B.; ARAÚJO, J. B.; TÉLLEZ, H. O.; SILVA SOUSA, W. Aspectos da comercialização e perdas pós-colheita de beterraba em diferentes segmentos varejistas. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 10, 2020.
- AMNAH, M. Nutritional, sensory and biological study of biscuits fortified with red beet roots. **Life Science Journal**, v. 10, n. 3, p. 1579-1584, 2013.
- AOAC - **Official methods of analysis chemists**. 18. ed. Washington: Association of official analytical chemists international, 2005.
- ARAÚJO, H. S.; CARDOSO, A. I. I.; EVANGELISTA, R. M.; TAKATA, W. H. S.; SILVA, E. G. Característica físico-químicas de frutos de abobrinha-de-moita em função das doses de potássio em cobertura. **Revista Colombiana de Ciências Hortícolas**, Bogotá, v. 8, n. 2, p. 242-249, 2014.
- ARAÚJO, H. S. **Doses de potássio em cobertura na produção e qualidade de frutos de abobrinha-de-moita**. 2011. 92 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Horticultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2011. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/93558>. Acesso em: 4 abr. 2022.

ARRUDA, M.; BLAT, S. F.; OJEDA, R. M.; CALIXTO, M. C.; TESSARIOLI NETO, J. Conservação de raízes de beterraba cv. Early Wonder sob atmosfera modificada. **Revista Brasileira Agrociência**, v. 10, p. 255-257, 2004.

AYDIN, S.; MODOGAN, N.; YAGMUR, B.; GURPINAR, A.; KUÇUK, S. A. Effects of K₂SO₄ applications on fruit yield and some quality parameters in melon. In: **International Conference On Sustainable Land Use And Management/2002-Canakkale, Turquia**. <http://www.toprak.org.tr>. 2002.

BARBOSA, R. B.; SILVA, M. M. A.; WILLADINO, L.; ULISES, C.; CAMARA, T. R. Plant generation and enzymatic detoxification of reactive oxygen species. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.44, n.3, p.453-460, mar, 2014.

BANGAR, S. P.; SHARMA, N.; SANWAL, N.; LORENZO, M. L.; SAHU, J. K. Bioactive potential of beetroot (*Beta vulgaris*). **Food Research International**, v. 158, 2022.

BARRETO, H. B. F. **Produtividade e qualidade da cebola sob níveis de irrigação por gotejamento e doses de potássio**. 2015. 77p. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2015. Disponível em: http://repositorio.ufla.br/jspui/bitstream/1/10487/2/TESE_Produtividade%20e%20qualidade%20da%20cebola%20sob%20n%20%C3%A9veis%20de%20irriga%C3%A7%C3%A3o%20por%20gotejamento%20e%20doses%20de%20pot%C3%A1ssio.pdf. Acesso em: 4 abr. 2022.

BORGES, L.; AMORIM, V. Secondary plant metabolites. **Revista Agrotecnologia - Agrotec**. V. 11, p. 54-67, 2020.

BRASIL – MINISTÉRIO DA SAÚDE. Instituto Adolfo Lutz. **Métodos físicos e químicos para análise de alimentos**. 4. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, p. 1020, 2005.

CAMARGOS, J. A. A.; GONÇALEZ, J. C. A colorimetria aplicada como instrumento na elaboração de uma tabela de cores de madeira. **Brasil Florestal**, n. 71, p. 30-41, 2001.

CARDOSO, A. I. I.; MAGRO, F. O.; OLIVEIRA JÚNIOR, M. X. O.; ABRAHÃO, C.; TAVARES, A. E. B.; FERNANDES, D. M. Accumulation of macronutrients in beetroot plant. **Horticultura Brasileira**, v. 35, p. 328-334, 2017.

CAROCHO, M.; MORALES, P.; FERREIRA, I. C. F. R. Natural food additives: **Trends in Food Science e Technology**, v. 45, n. 2, p. 284-295, 2015.

CELLI, G. B.; BROOKS, M. S. L. Impact of extraction and processing conditions on betalains and comparison of properties with anthocyanins. A current review. **Food Research International**, v. 100, p. 501-509, 2017.

CHALKER-SCOTT, L.; FUCHIGAMI, L. H. The role of phenolic compounds in plant stress responses. In: Low temperature stress physiology in crops. CRC Press, 2018. p. 67-80.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças**. 2. ed. Lavras: ESAL, 783 p. 2005.

CORRÊA, C. V.; GOUVEIA, A. M. D. S.; LANNA, N. D. B. L.; TAVARES, A. E. B.; MENDONÇA, V. Z.; CAMPOS, F. G.; EVANGELISTA, R. M. The split application of potassium influence the production, nutrients extraction, and quality of sweet potatoes. **Journal of Plant Nutrition**, v. 41, n. 16, p. 2048-2056, 2018.

DRAKE, S. R.; MIELKE, E. A.; ELFVING, D. C. Maturity and Storage Quality Of Concorde Pears. **HortTechnology**, v. 14, n. 2, p. 250-256, 2004.

DURIGAN, J. F.; MATTIUZ, B.; MORGADO, C. M. A. Pós-colheita e processamento mínimo de goiabas. In: DURIGAN, J. F. et al. (Ed). Cultura da goiabeira do plantio a comercialização. Jaboticabal: FCAV, v. 2, p. 429-459, 2009.

EVANGELISTA, R. M.; GODOY, A. R.; CARDOSO, A. I. I.; VIEITES, R. L. Qualidade de pimentão Rúbia minimamente processado e armazenado sob refrigeração. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 55, n. 4, p. 338-343, 2008.

FAQUIN, V.; ANDRADE, A. T. **Nutrição mineral e diagnose do estado nutricional das hortaliças**. 2004.

FERREIRA, D. F. Sisvar: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FERNANDES, M. S.; DE SOUZA, S. R.; SANTOS, L. Nutrição Mineral de Plantas. 2. Ed. Viçosa, MG. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 670 p, 2018.

FILHO, J. S. de M.; SILVA, T. I. da.; LEAL, Y. H.; BASILIO, A. G. S.; VÉRAS, M. L. M.; DIAS, T. J. Effect of Preharvest Application of Silicon and Saline Water on Postharvest Quality of Beet (*Beta vulgaris* L.). **Journal of Experimental Agriculture International**, v. 32, n. 6, p. 1-9, 2019.

FINGER, F. L.; VIEIRA, G. **Controle da perda pós-colheita de água em produtos hortícolas**. Viçosa: UFV. 29 p, 1997.

FONTES, P. C. R.; SAMPAIO, R. A.; FINGER, F. L. Fruit size, mineral composition and quality of trickle-irrigated tomatoes as affected by potassium rates. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 1, p. 21-25, 2000.

FRANCO, M. F. S.; AQUINO, L. A.; MACEDO, W. R.; MENDES, F. Q.; ARCEDA, E. U. Quality of table beets (*Beta vulgaris*) as a function of potassium sources and doses. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 13, p. e333101321294, 2021.

FURLANETO, A.; LIMA, P. F. F. de S.; DAIUTO, E. R.; JOB, A. L. G.; MENDONÇA, V. Z. de; VIEITES, R. L. CARVALHO, L. R. de. Qualidade de batata cv. Ágata influenciada por diferentes concentrações de adubação potássica. **Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha**, v. 15, n. 2, p. 187-192, 2014.

GENGATHARAN, A.; DYKES, G. A.; CHOO, W. S. Betalains: Natural plant pigments with potential application in functional foods. **LWT - Food Science and Technology**, v. 64, n. 645-649, 2015.

GOBBO-NETO, L.; LOPES, N. P. MEDICINAL PLANTS: Factors of influence on the content of secondary metabolites. **Química Nova**, v. 30, n. 2, p. 374-381, 2007.

GOUVEIA, A. M. S. Adubação potássica na produção e qualidade pós-colheita do rabanete. 2016. 88 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Horticultura) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2016. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/136239>. Acesso em: 4 abr. 2022.

GODOY, A. R.; SALATA, A. C.; CARDOSO, A. I. I.; EVANGELISTA, R. M.; KANO, C.; HIGUTI, A. R. O. Produção e qualidade pós-colheita de couve-flor em função de doses de potássio em cobertura. **Scientia Agraria Paranaensis**, Marechal Cândido Rondon, v. 11, n. 2, p. 33-42, 2012.

GRANGEIRO L. C.; NEGREIROS, M. Z.; SOUZA, B. S.; AZEVÊDO, P. E.; OLIVEIRA, S. L.; MEDEIROS, M. P. Acúmulo e exportação de nutrientes em beterraba. **Ciência Agrotec**. v. 31, n. 2, 2007.

HARTZ, T. K.; GIANNINI, C.; MIYAO, G.; VALENCIA, J.; CAHN, M.; MULLEN, R.; BRITTAN, K. Soil cation balance affects tomato fruit color disorders. **Acta Horticulturae**, The Hague, n. 487, p. 49-55, 1999.

HERNANDES, N. K. Aplicação de baixas doses de radiação gama para extensão da vida útil de beterraba vermelha (*Beta vulgaris* ssp. *vulgaris* L.), cv. Early Wonder, minimamente processada. 2006. 90 f. Tese (Doutorado Instituto de Agronomia) Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/43/056/43056330.pdf. Acesso em: 4 abr. 2022.

IMAS, P. Instituto Internacional do Potássio (IPI), 2013. Disponível em: https://www.ipipotash.org/uploads/udocs/419kquality_booklet_portuegese_web.pdf. Acesso em: 14 abr. 2022.

JIE, D.; XIE, L.; FU, X.; RAO, X.; YING, Y. Variable selection for partial least squares analysis of soluble solids content in watermelon using near-infrared diffuse transmission technique. **Journal of Food Engineering**, v. 118, p. 387-392, 2013.

JONES H. G. **Plants and microclimate**. 2 ed. Cambridge: University Press. 428 p. 1992.

KAUR, C.; KAPOOR, H. C. Anti-oxidant activity and total phenolic content of some Asian vegetables. **Internacional Journal of Food Science and Technology**, Cachan, v.37, p.153-161, 2002.

KLUGE, R. A. Armazenamento refrigerado de beterraba minimamente processada em diferentes tipos de corte. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 1, p. 263-270, 2006.

KLUGE, R.; PRECZENHAK, A. Betalaínas em beterraba minimamente processada: Perdas e formas de preservação. **Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha**. v. 17, n. 2, 2016.

LACHMAN, J. et al. The influence of flesh colour and growing locality on polyphenolic content and antioxidant activity in potatoes. **Scientia Horticulturae**, v. 117, n. 2, p. 109–114, 2008.

LIMA, G. S.; PINHEIRO, F. W.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A.; SILVA, S. D. Crescimento e qualidade pós-colheita de frutos de aceroleira irrigada com águas salinas e adubação potássica. **Revista Caatinga**, v. 33, n. 3, p. 775-784, 2020.

MAGRO, F. O.; SILVA, E. G.; TAKATA, W. H. S.; CARDOSO, A. I. I. FERNANDES, D. M.; EVANGELISTA, R. M. Organic compost and potassium top dressing fertilization on production and quality of beetroot. **Australian Journal of Crop Science**. v.10, p. 962-967, 2015.

MARQUES, L. F.; MEDEIROS, D. C.; COUTINHO, O. D. M.; MARQUES, L. F.; MEDEIROS, C. B.; VALE, L. S. Produção e qualidade da beterraba em função da adubação com esterco bovino. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Porto Alegre, v. 5, n. 1, p. 24-31, 2010.

GODOY, A. R.; SALATA, A. C.; CARDOSO, A. I. I.; EVANGELISTA, R. M.; KANO, C.; HIGUTI, A. R. O. Produção e qualidade pós-colheita de couve-flor em função de doses de potássio em cobertura. **Scientia Agraria Paranaensis**, Marechal Cândido Rondon, v. 11, n. 2, p. 33-42, 2012.

MAIA, V. M. et al. Physical and metabolic alterations in 'Prata Anã' banana induced by mechanical damage at room temperature. **Scientia Agricola**, v. 68, n. 1, p. 31-36, 2011.

MALAVOLTA, E. Manual de nutrição mineral de plantas. São Paulo: Ceres, 2006. 638p.

MENDONÇA, R. D.; FERREIRA, K. S.; SOUZA, L. M. D.; MARINHO, C. S.; TEIXEIRA, S. L. Características físicas e químicas de goiabas' Cortibel armazenadas em condições ambientais. **Bragantia**, v. 66, n. 4, p. 685-692, 2007.

MENICHINI, F.; TUNDISA, R.; BONESI, M.; LOIZZO, M. R.; FILOMENA CONFORTI, F.; STATTI, G.; CINDIO, B.; HOUGHTON, P. J.; MENICHINI, F. The influence of fruit ripening on the phytochemical content and biological activity of *Capsicum chinense* Jacq. Cv. Habanero. **Food Chemistry**, Washington, v.114, n. 2, p. 553-560, 2009.

MENSOR, L. L. Screening of Brazilian plant extracts for antioxidant activity by the use of DPPH free radical method, **Phytotherapy Research**, Chichester, v. 15, n. 2, p. 127-130, 2001.

MINOLTA, K. **Comunicação precisa da cor**: controle de qualidade da percepção à instrumentação. p. 59, 1998.

MORGAN, L. **Tomate fruit flavor and quality evaluation**. Part I. Disponível em: <www.fertcut.com/seach.cfm 2012>. Acesso em: 10 jun. 2022.

MOURA, M. A. The wrapping and storage effect at zero degree during the persimmon fruit *Diospyros kaki* L. Taubaté ripening. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Rio de Janeiro, v. 32, n. 2, p. 1105-1109, 1997.

MUBARAK, M. U.; ZAHIR, M.; AHMAD, S.; e WAKEEL, A. Sugar beet yield and industrial sugar contents improved by potassium fertilization under scarce and adequate moisture conditions. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 15, n. 11, p. 2620-2626, 2016.

NANNETTI, D. C. **Nitrogênio e potássio aplicados via fertirrigação na produção, nutrição e pós-colheita de pimentão**. 2001. 184 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001. Disponível em: <http://repositorio.ufla.br/jspui/handle/1/35092>. Acesso em: 15 de jan. 2022.

NELSON, N. A. A photometric adaptation of Somogy method for the determination of Glucose. **Journal Biological Chemistry**, Bethesda, v. 153, p. 375-380, 1944.

ORTEGA, A. M. M., CAMPOS, M. R. S. Bioactive compounds as therapeutic alternatives. **Bioactive Compounds**. Woodhead Publishing, p. 247–264, 2019.

ORTIZ, T. A.; TAKAHASHI, L. S. A. Physical and chemical characteristics of pitaya fruits at physiological maturity. **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v. 14, n. 4, p. 14422-14439, 2015.

PATEIRO, M.; DOMÍNGUEZ, R.; MUNEKATA, P. E. S.; NIETO, G.; BANGAR, S. P.; DHAMA, K.; LORENZO, J. M. Bioactive Compounds from Leaf Vegetables as Preservatives. **Foods**, v. 12, p. 637, 2023.

PAZINATTO, B. C.; TEIXEIRA, M. D.; de LIMA, C. P. Avaliação da atividade antioxidante e compostos bioativos presentes em extratos de beterraba: Determinação de fenólicos de extratos de beterraba. **Cadernos Da Escola De Saúde**, v. 21, n. 1, 2022.

PEREIRA F. A. D. L, MEDEIROS J. F. D, GHEYI H. R, DIAS N. D. S, PRESTON W, VASCONCELOS C. B. Tolerance of melon cultivars to irrigation water salinity. **Brazilian Journal of Agricultural and Environmental Engineering**. v. 21, p. 846-851, 2017.

POLTURAK, G.; AHARONI, A. “La Vie en Rose”: Biosynthesis, Sources, and Applications of Betalain Pigments. **Molecular Plant Cell Press**, v. 11, p. 7-22, 2018.

QUEIROZ, C. R. A. dos A.; MORAES, C. M. dos S.; ANDRADE, R. R. de; PAVANI, L. C. Crescimento inicial e composição química de *Pereskia aculeata* Miller cultivada em diferentes luminosidades. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v. 7, n. 4, p. 93-104, 2015.

NASSUR, R. C. M. R. **Qualidade pós-colheita de tomates tipo italiano produzido em sistema orgânico**. Lavras, 2009. 116 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras-UFLA, 2009. Disponível em: http://repositorio.ufla.br/jspui/bitstream/1/3339/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O_Qualidade%20p%C3%B3scolheita%20de%20tomates%20tipo%20Italiano%20produzidos%20em%20sistema%20org%C3%A2nico.pdf. Acesso em: 12 fev. 2022.

OCHOA-VELASCO, C. E.; ÁVILA-SOSA, R.; NAVARRO-CRUZ, A.R.; LÓPEZ-MALO, A.; e PALOU, E. Biotic and Abiotic Factors to Increase Bioactive Compounds in Fruits and Vegetables. **Food Bioconversion**. v. 2, p. 317-349, 2017.

OLIVEIRA, A. P.; SILVA, J. E. L.; PEREIRA, W. E. P.; BARBOSA, L. J. N.; BRUNO, G. B. Produção da batata-doce em função de doses de P_2O_5 em dois sistemas de plantio. **Horticultura Brasileira**, v. 23, n. 3, p. 768-772, 2005.

PEREIRA F. A. D. L.; MEDEIROS J. F. D.; GHEYI H. R, Dias N. D. S.; PRESTON W.; VASCONCELOS C. B. Tolerance of melon cultivars to irrigation water salinity. **Brazilian Journal of Agricultural and Environmental Engineering**. V. 21, p. 846-851, 2017.

PETTIGREW, W. T. Potassium influences on yield and quality production for maize, wheat, soybean and cotton. **Physiologia plantarum**, v. 133, n. 4, p. 670-681, 2008.

PICOLI, A. A.; FARIA, D. B.; JOMORI, M. L. L.; KLUGE, R. A. Biorreguladores e o processamento mínimo de beterrabas. **Revista Bragantia**, v. 69, p. 983-988, 2010.

PRADO, R. D. M.; ROZANE, D. E. Leaf analysis as diagnostic tool for balanced fertilization in tropical fruits. In *Fruit Crops Diagnosis and Management of Nutrient Constraints*; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands. p. 131-143. 2020.

PRECIADO-RANGEL, P.; SALAS-PÉREZ, L.; GALLEGOS-ROBLES, M. Á.; RUIZ-ESPINOZA, F. H.; AYALA-GARAY, A. V.; FORTIS-HERNÁNDEZ, M.; MURILLO-AMADOR, B. Increasing doses of potassium increases yield and quality of muskmelon fruits under greenhouse. **Horticultura Brasileira**, v. 36, n. 2, p. 184-188, 2018.

RAMOS, J. A.; VIEITES, R. L.; DAIUTO, ÉRICA R.; FURLANETO, K. A.; MENDONÇA, V. Z. de. Modificação da composição físico-química de beterrabas submetidas a diferentes tipos de corte e métodos de cocção. **Revista energia na agricultura**, v. 31, n. 1, p. 108-120, 2016.

RAVICHANDRAN, K.; AHMED, A. R.; KNORR, D.; SMETANSKA, I. The effect of different processing methods on phenolic acid content and antioxidant activity of red beet. **Food Research International**, v. 48, n. 1, p. 16-20, 2012.

RIBEIRO, E. P.; SERAVALLI, E. A. G. **Química de alimentos**. 2ªed. São Paulo. Editora Edgard Blücher Ltda, p. 196, 2007.

ROBARDS, K.; PRENZLER, P. D.; TUCKER, G.; SWATSITANG, P.; GLOVER, W. Phenolic corn pounds and their role in oxidative processes in fruits. **Food Chemistry, Oxford**, v. 66, n. 4, p. 401-436, 1999.

SALATA, A. C.; GODOY, A. R.; KANO, C.; HIGUTI, A. R. O.; CARDOSO, A. I. I.; EVANGELISTA, R. M. Produção e qualidade de frutos de ervilha torta submetidas a diferentes níveis de adubação potássica. **Nucleus**, Ituverava, v. 8, n. 2, p. 127-134, 2011.

SANCHES, A. G.; SILVA, M. B.; MOREIRA, E. G. S.; COSTA, J. M.; CORDEIRO, C. A. M. Atividade respiratória e qualidade de beterraba inteira e minimamente processada. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 16, n. 1, p. 55-61, 2017.

SAWICKI, T.; WICZKOWSKI, W. The effects of boiling and fermentation on betalain profiles and antioxidant capacities of red beetroot products. **Food Chemistry**, v. 259, p. 292-303, 2018.

SILVA CURVÊLO, C. R.; DINIZ, L. H. B.; DE AZEVEDO PEREIRA, A. I.; FERREIRA, L. L. Influence of fertilizer type on beet production and post-harvest quality characteristic. **Agricultural Sciences**, v. 9, n. 5, p. 557, 2018.

SILVA, M. A.; VARGAS, P. H. B.; SILVA MARTINS, A. L.; NASCIMENTO, K. D. O. Avaliação do controle de qualidade das frutas e hortaliças comercializadas na feira livre de Valença/RJ. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 11, 2020.

SINGH, A. K.; PATHAK, S. K. Potassium in tea *Camellia sinensis* (L) O. Kuntze cultivation from soil to cup quality - **Agricultural Reviews**, v. 39, n. 1, p. 40-47, 2018.

SINGLETON, V. L.; ORTHOFER, R.; LAMUELA, R. M. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteau reagent, **Methods of Enzymology**, New York, v. 299, p. 152-178, 1999.

SITOMPUL, S. M.; ROVIQ, M.; RIEDO, E. Growth and Betacyanin Content of Beetroots (*Beta vulgaris* L.) Under Water Deficit in A Tropical Condition. **AGRIVITA, Journal of Agricultural Science**, v. 41, n. 3, p. 491-503, 2019.

SONNTAG, F.; BUNZEL, D.; KULLING, S.; PORATH, I.; PACH, F.; PAWELZIK, E.; NAUMANN, M. Effect of potassium fertilization on the concentration of antioxidants in two cocktail tomato cultivars. **Journal of Applied Botany and Food Quality**, v. 93, n. 34, 2020.

SOUZA S. P.; MESQUITA, N. L.; ALMEIDA, J. R.; COUTRIM, R. L.; CAIRO, P. A.; SILVA, L. D. Crescimento, qualidade de raízes e atividade da redutase do nitrato em plantas de rabanete submetidas a doses de potássio e fontes de nitrogênio. **Scientia Plena**, v. 16, n. 6, 2020.

STINTZING, F. C.; TRICHTERBORN, J.; CARLE, R. Characterisation of anthocyanin–betalain mixtures for food colouring by chromatic and HPLC-DAD-MS analyses. **Food chemistry**, v. 94, n. 2, p. 296-309, 2006.

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

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5. ed. Porto Alegre, Artmed, 918 p, 2013.
TEIXEIRA, B. A. Caracterização dos fatores de escolha e compra de Frutas e Hortaliças pela população adulta do Distrito Federal. Brasília, 2013, 146 f.
Dissertação (Mestrado) - Curso de Nutrição, Ciências da Saúde, Universidade de Brasília. disponível em: <https://repositorio.unb.br/handle/10482/14659>. Acesso em 15 de jun. 2022.

TRANI, P. E.; CANTARELLA, H.; TIVELLI, S. W. Produtividade de beterraba em função de doses de sulfato de amônio em cobertura. **Horticultura Brasileira**, v. 23, n. 3, p. 726-730, 2005.

TRANI, P. E.; et al. Hortaliças: recomendações de calagem e adubação para o Estado de São Paulo. Campinas, CATI. p. 88 (Boletim Técnico, 251), 2018.

THOKAR, N.; KATTEL, D.; SUBEDI, S. Effect of pre-harvest factors on postharvest quality of horticultural products. **Food and Agri Economics Review**. v. 2, p. 92-95, 2022.

TSOUVALTZIS, P.; BRECHT, J. K. Changes in Quality and Antioxidant Enzyme Activities of Bunched and Topped Radish (*Raphanus sativus* L.) Plants during Storage at 5 or 10C. **Journal of food quality**, v. 37, n. 3, p. 157-167, 2014.

TSUNECHIRO, A.; UENO, L. H.; PONTARELLI, C. T. Avaliação econômica das perdas de hortaliças e frutas no mercado varejista da cidade de São Paulo, 1991/92. **Agricultura em São Paulo**, São Paulo, v. 41, n. 2, p. 1-15, 1994.

VALLEJO, F.; TOMAS-BARBERAN, F. A.; GARCIA-VIGUERA, C. Efeito das condições climáticas de fertilização e de enxofre, em compostos fenólicos e vitamina C nas inflorescências de oito cultivares de brócolis. **EUR. Food Res. Technol.**, v. 216, p. 395- 401, 2003.

VIEIRA, A. P. de A. Aditivos na redução de oxidação enzimática em beterraba minimamente processada / Allan Patrick de Abreu Vieira. Piracicaba, 2018. 91 p.
Dissertação (Mestrado) - USP / Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11144/tde-29072019-143512/publico/Allan_Patrick_de_Abreu_Vieira.pdf. Acesso em: 21 ago. 2021.

VIŠKELIS, J.; NEVIDOMSKIS, S.; BOBINAS, C.; URBONAVICIENE, D.; BOBINAITĖ, R.; KARKLELIENĖ, R.; VISKELIS, P. Evaluation of beetroot quality during various storage conditions. **Baltic Conference on Food Science and Technology: Conference proceedings**. p. 170-175, 2019.

VITTI, M. C. D.; YAMAMOTTO L. K.; SASAKI, F. F.; SAVEDRA, DEL AGUILA J.; KLUGE R. A.; JACOMINO, A. P. Quality of minimally processed beet roots in different

temperatures. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 48, p. 503-510, 2005.

WU, L. C.; H. S. U, H. W.; CHEN, Y. C.; CHIU, C. C.; LIN, Y. I.; HO, J. A. A. Antioxidant and antiproliferative activities of red pitaya. **Food Chemistry**. v. 95, p. 319-327, 2006.

WU, W.; HU, C.; WANG, J.; GUO, J.; SUN, X.; TAN, Q.; ZHAO, X.; WU, S. Comparative effects of different potassium sources on soluble sugars and organic acids in tomato, **Scientia Horticulturae**, v. 308, 2023.

ZHANG, W.; LIU, X.; WANG, Q.; ZHANG, H.; LI, M.; SONG, B.; ZHAO, Z. Effects of potassium fertilization on potato starch physicochemical properties. **International journal of biological macromolecules**, v. 117, p. 467-472, 2018.

ZHANG, X.; WU, H. CHEN, L.; LIU, L.; WAN, X. Maintenance of mesophyll potassium and regulation of plasma membrane H⁺-ATPase are associated with physiological responses of tea plants to drought and subsequent rehydration. **The Crop Journal**, v. 6, n. 6, p. 611-620, 2018.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A comparação entre as doses de potássio aplicadas na cultura da beterraba deve levar em consideração a viabilidade econômica e o interesse do mercado. No presente estudo, a dose de 240 kg ha⁻¹ de K₂O em cobertura, embora acima da recomendação oficial de Trani (2018) que é de 90 kg ha⁻¹ de K₂O, demonstrou uma relação custo-benefício mais favorável, com benefícios significativos em termos de produtividade e preservação dos compostos bioativos durante o armazenamento. Essa dose mostrou-se mais viável economicamente, já que o aumento na produtividade e na qualidade do produto final pode compensar o investimento adicional em adubação.

Por outro lado, as doses mais baixas de potássio (0 e 60 kg ha⁻¹ de K₂O) em cobertura, podem representar uma opção para reduzir custos iniciais de adubação. No entanto, os resultados deste estudo indicam que as raízes adubadas com doses baixas de potássio apresentaram maiores perdas de compostos bioativos e menor vida útil durante o armazenamento, o que afeta a qualidade do produto e o interesse do mercado.

Assim, a dose de 240 kg ha⁻¹ de K₂O em cobertura se destacou por oferecer um equilíbrio entre custo e benefício, garantindo uma produção mais eficiente e um produto final com maior valor nutricional. Neste sentido, a recomendação da adubação para a cultura da beterraba deve considerar não apenas o custo, mas também a viabilidade econômica através da maximização da produção, prolongação da vida útil das raízes durante o armazenamento e conservação dos compostos benéficos à saúde que atendam às demandas do mercado consumidor.

Como sugestão para futuros estudos, sugere-se realizar novas pesquisas avaliando a influência de diferentes fontes de potássio bem como a interação deste elemento com outros nutrientes, envolvendo a eficiência produtiva e a qualidade pós-colheita deste vegetal. Tais pesquisas juntamente com este trabalho, têm o potencial de agregar maior valor à beterraba no mercado, além de incentivar a busca por alimentos mais saudáveis e nutritivos por parte da sociedade.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, J. R. T.; COSTA, F. B.; PEREIRA, E. M.; ROCHA, T. C.; LINS, H. A. Qualidade Pós-Colheita da Cebola Roxa Produzida no Sertão Paraibano. *Revista Verde*. v. 8, p. 17-21, 2013.
- ALI, A., KHAN, I. U., JAN, M., KHAN, H. A., HUSSAIN, S., NISAR, M., YUN, D. J. The high-affinity potassium transporter EpHKT1; 2 from the extremophile *Eutrema parvula* mediates salt tolerance. **Frontiers in plant science**, v. 9, p. 1108, 2018.
- ALVES, A. U.; PRADO, R. M.; GONDIM, A. R. O.; FONSECA, I. M.; CECÍLIO, A. B. Desenvolvimento e estado nutricional da beterraba em função da omissão de nutrientes. **Horticultura Brasileira**, v. 26, p. 292-295, 2008.
- AMORIM, D. J.; DE SOUSA FERREIRA, L.; DE SOUSA, J. R.; ALMEIDA, E. I. B.; ARAÚJO, J. B.; TÉLLEZ, H. O.; SILVA SOUSA, W. Aspectos da comercialização e perdas pós-colheita de beterraba em diferentes segmentos varejistas. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 10, 2020.
- AKHIYAROV, B. G.; ISMAGILOV, R. R.; ISLAMGULOV, D. R., KUZNETSOV, I. Y.; AKHIYAROVA, L. M.; ABDULVALEEV, R. R.; SERGEEV, V. S. Yield and quality of table beet depending on cultivation technology elements. **Journal of engineering and applied sciences**, v. 13, n. 11, p. 8752-8759, 2018.
- BANGAR, S. P.; SHARMA, N.; SANWAL, N.; LORENZO, M. L.; SAHU, J. K. Bioactive potential of beetroot (*Beta vulgaris*). **Food Research International**, v. 158, 2022.
- CARDOSO, A. I. I.; MAGRO, F. O.; OLIVEIRA JÚNIOR, M. X. O.; ABRAHÃO, C.; TAVARES, A. E. B.; FERNANDES, D. M. Accumulation of macronutrients in beetroot plant. **Horticultura Brasileira**, v. 35, p. 328-334, 2017.
- CHÁVEZ-DULANTO, P. N., THIRY, A. A., GLORIO-PAULET, P., VÖGLER, O., CARVALHO, F. P. Increasing the impact of science and technology to provide more people with healthier and safer food. **Food and Energy Security**, v. 10, n. 1, p. e259, 2021.
- DURIGAN, J. F.; MATTIUZ, B.; MORGADO, C. M. A. Pós-colheita e processamento mínimo de goiabas. In: DURIGAN, J. F. et al. (Ed). Cultura da goiabeira do plantio a comercialização. **Jaboticabal: FCAV**, v. 2, p. 429-459, 2009.
- FAQUIN, V.; ANDRADE, A. T. **Nutrição mineral e diagnose do estado nutricional das hortaliças**, 2004.
- FERNANDES, M. S.; DE SOUZA, S. R.; SANTOS, L. Nutrição Mineral de Plantas. 2. Ed. Viçosa, MG. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 670 p, 2018.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

IMAS, P. Instituto Internacional do Potássio (IPI), 2013. Disponível em: https://www.ipipotash.org/uploads/udocs/419kquality_booklet_portuegese_web.pdf.

MALAVOLTA, E. Manual de nutrição mineral de plantas. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638 p.

RAJAPAKSHA, L., GUNATHILAKE, D. M. C. C., PATHIRANA, S. M., FERNANDO, T. Reducing post-harvest losses in fruits and vegetables for ensuring food security- Case of Sri Lanka. **MOJ Food Process Technols**, v. 9, n. 1, p. 7-16, 2021.

SILVA CURVÊLO, C. R.; DINIZ, L. H. B.; DE AZEVEDO PEREIRA, A. I.; FERREIRA, L. L. Influence of fertilizer type on beet production and post-harvest quality characteristic. **Agricultural Sciences**, v. 9, n. 5, p.557, 2018.

SILVA, M. A.; VARGAS, P. H. B.; SILVA MARTINS, A. L.; NASCIMENTO, K. D. O. Avaliação do controle de qualidade das frutas e hortaliças comercializadas na feira livre de Valença/RJ. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 11, 2020.

TESSARIOLI NETO, J.; KLUGE, R.A.; JACOMINO, A.P. et al. Conservação de raízes de beterraba ‘Early Wonder’ em diferentes tipos de embalagens. **Horticultura Brasileira**, v.16, n.1, p.7-10, 1998.

TRANI, P. E.; et al. Hortaliças: recomendações de calagem e adubação para o Estado de São Paulo. Campinas, CATI. p. 88 (Boletim Técnico, 251), 2018.

ZHANG, W.; LIU, X. WANG, Q.; ZHANG, H.; LI, M.; SONG, B.; ZHAO, Z. Effects of potassium fertilization on potato starch physicochemical properties. **International journal of biological macromolecules**, v. 117, p. 467-472, 2018.